طراحی زنجیره تأمین سبز حلقه بسته در شرایط رقابتی بودن تقاضا و قیمت گذاری محصولات به صورت همزمان با استفاده از الگوریتم جهش قورباغه

مجتبی رمضانی[1*]، رسول نصرالهی سعیدلو[2]

۱. گروه مدیریت. واحد بناب. دانشگاه آزاد اسلامی. بناب. ایران.
۲. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت. دانشگاه تبریز. تبریز. ایران.
نویسنده مسئول مکاتبات: dmramazani@gmail.com

چکیده

در این پژوهش پس از بررسی دقیق و تفصیلی تحقیقات گذشته در حوزه زنجیره تأمین، شکاف تحقیق و نوآوری آن مشخص شد. نوآوری تحقیق شامل در نظر گرفتن رفتار تقاضا به عنوان تابعی از قیمت محصولات در شرایط رقابتی بوده و بر اساس آن هدف توسعه یک مدل ریاضی جهت طراحی یک زنجیره تأمین حلقه بسته در شرایط رقابتی بوده است. در چنین زنجیره‌ای قیمت یک عامل اساسی است که می‌تواند مقدار تقاضا را تعیین کند و به تبع آن ساختار زنجیره را تغییر دهد. به همین منظور ابتدا یک تابع بین مقدار تقاضا و نیز قیمت محصولات ارائه شد. سپس با تکمیل مفروضات تحقیق، مدل ریاضی دوهدفه تحقیق ارائه شد. هدف اول کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد زنجیره است. به عبارت دیگر هدف اول به دنبال بیشینه سازی سود زنجیره تأمین است. در هدف دوم تمرکز بر روی سهم بازار است و با افزایش مطلوبیت مراکز فروش، به دنبال بیشینه سازی سهم بازار هستیم.

با ارائه چنین مدلی لازم است تکنیک‌های دستیابی به چند هدف برای آن ارائه شود. در همین راستا الگوریتم SFLA جهت حل این مدل ریاضی تشریح گردید. این روش یک الگوریتم فراابتکاری جدید می‌باشد که بر اساس رفتار قورباغه‌ها عمل می‌کند.

برای این منظور ابتدا با حل مدل به صورت تک هدفه، اعتبارسنجی مدل و اثبات درست و منطقی و قابل اعتماد بودن نتایج انجام گردید. سپس با توجه به نبود دیتای مقایسه‌ای که دقیقاً مطابق مدل این تحقیق باشد، مثال‌های نمونه از توزیع‌های آماری تولید گردیده است.

کلمات کلیدی: الگوریتم فرا ابتکاری، چند هدف، اعتبارسنجی.

۱. مقدمه

امروزه، هیچ شرکتی نمی‌تواند از مدیریت زنجیره تأمین (SCM[1]) چشم‌پوشی کند و انتظار بقا داشته باشد. اکنون اندیشه زنجیره تأمین به یک اندیشه رایج در همه شرکت‌های عمده در سراسر جهان تبدیل شده است و اگر تا همین چند سال پیش دسترسی به بازارهای جهانی فقط در اختیار بزرگ‌ترین و موفق‌ترین شرکت‌ها بود، امروزه به برکت وجود اینترنت حتی کوچک‌ترین شرکت‌ها نیز می‌توانند به بازارها و نمایشگاه‌های اینترنتی وارد شده و کالای خود را با بهترین قیمت‌ها و شرایط عرضه کنند.

هر چه بیشتر رقابتی شدن بازارهای جهانی در صنایع گوناگون از یک سو و نقش روزافزون برآورده ساختن الزامات مشتریان در ایجاد مزایای رقابتی برای تولیدکنندگان محصولات و عرضه‌کنندگان خدمات، از سوی دیگر، عزم مدیران صنایع و خدمات را بیش از پیش در جهت مشتری مداری جزم نموده است. در این راستا، طی دو دهه اخیر، فضای صنعتی و تولیدی در صنایع مختلف گام‌های بلندی را در جهت معنادارتر کردن نقش مشتریان و خواسته‌های آنها در فرآیند آماده‌سازی و ارائه محصولات و خدمات برداشته است. ورود مؤثر مشتریان به فرآیند آماده‌سازی محصولات، از ابتدا تا انتهای زنجیره تأمین محصول، منجر به شکل‌گیری سیستم‌های تولیدی‌ای شد که در آنها فرآیند آماده‌سازی و تولید، بدون حضور یک سفارش مشخص، شامل الزامات، ویژگی‌ها و نیازمندی‌های مشخص و تعیین شده توسط

[1] Supply Chain Management

مشتری، آغاز نمی‌گردد. این تغییر در فضای برنامه‌ریزی تولید را می‌توان انقلابی در تفکر حاکم بر این عرصه دانست (Soman, Van Donk, & Gaalman, 2004; Yingdong, 2001).

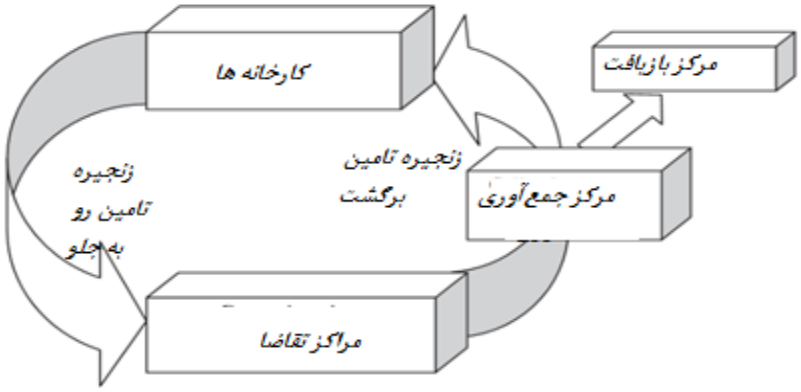
۱-۱ بیان مساله

یک زنجیره‌ی تأمین را می‌توان به صورت یک شبکه درنظر گرفت که در آن جریان‌های مواد اولیه، محصولات نیمه‌ساخته و محصولات نهایی روبه جلو به سمت مصرف‌کننده، جریان‌های نقدی رو به عقب و جریان‌های اطلاعاتی در هر دو جهت حرکت دارند. پیچیدگی‌های موجود در ساختار و مدیریت این شبکه‌ها در ادبیات موضوع مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مدیریت زنجیره‌ی تأمین را هم‌معنی با منبع‌یابی شبکه، مدیریت خط تأمین، مدیریت زنجیره‌ی ارزش و مدیریت جریان ارزش دانسته‌اند (Gen, Altiparmak, & Lin, 2006).

تعاریف متفاوتی از مدیریت زنجیره‌ی تأمین در ادبیات آمده است. دلیل این تفاوت‌ها، تفاوت در نگرش افرادی است که مدیریت زنجیره تأمین را تعریف نموده‌اند. عده‌ای مدیریت زنجیره‌ی تأمین را مدیریت فعالیت‌های کسب‌وکار، مدیریت روابط داخلی سازمان، مدیریت روابط با تأمین‌کنندگان ضروری، مدیریت روابط با تأمین‌کنندگان رده‌ی اول و دوم و مشتریان در طول زنجیره و مدیریت روابط با کل زنجیره می‌دانند (Govindan, Soleimani, & Kannan, 2015; Wei, Govindan, Li, & Zhao, 2015). ٤و٥ عده‌ای هم مدیریت زنجیره‌ی تأمین را به‌عنوان مدیریت زنجیره‌ای معرفی می‌کنند که ارتباط دهنده‌ی همه‌ی فرآیندهای ساخت و تأمین از مواد خام تا مشتری نهایی است و چندین سازمان را در بر می‌گیرد (New & Payne, 1995).

لجستیک معکوس به فعالیت‌هایی چون مدیریت و هدایت فعالیت‌های مرتبط با تجهیزات، محصولات، اجزاء، مواد و یا کل سیستم‌هایی که مجدداً احیا می‌شوند، می‌پردازد. به‌دست آوردن مجدد مواد و محصولات و یا استفاده از بخشی از تجهیزات، از قدیمی‌ترین فعالیت‌ها در این زمینه به شمار می‌رود. همچنین رقابت‌پذیری، تلاش برای کسب سهم بیشتری از بازار و مبادلات استراتژیک نیز، شرکت‌ها را وادار به اجرای سیاست‌های بازگشتی متعددی نموده تا بدین ترتیب محصولات بازگشتی نیز همانند محصولات تازه‌ی تولید شده، در بازارهایی مشابه از طریق شرکت‌های تجاری مجدداً توزیع گردند (New & Payne, 1995).

امروزه با توجه به دو مقوله‌ی تجارت الکترونیک و قوانین زیست‌محیطی، موضوع لجستیک معکوس مورد توجه فراوان قرار گرفته است. در گذشته لجستیک معکوس به‌عنوان فعالیت در ارتباط با بخش خدمات پس از فروش مشتریان، در نظر گرفته می‌شد، که در آن مشتریان محصولات معیوب یا دارای گارانتی را برای تأمین‌کنندگان بازپس می‌فرستاده‌اند. درحال‌حاضر لجستیک معکوس به‌عنوان یکی از حوزه‌های رقابتی مورد توجه قرار گرفته است. لجستیک معکوس نه تنها به جهت مسائل زیست‌محیطی، بلکه به خاطر مسائل اقتصادی و به‌عنوان یک کسب‌وکار مناسب، مورد توجه بیشتر قرار گرفته است. در ارتباط با لجستیک معکوس تعاریف متعددی موجود است که در ادامه به برخی از این تعاریف براساس سال ارائه‌ی آن‌ها اشاره شده است. در شکل ۱، تصویری مرتبط با فعالیت‌های لجستیک رفت و لجستیک معکوس ارائه شده است.



شکل ١: نمایی از زنجیره تأمین حلقه بسته (Amin & Zhang, 2012)

امروزه در محیط‌های رقابتی، سازمان‌ها می‌توانند با مکانیابی درست مراکز سرویس‌دهی سهم بیشتری از بازار رقابت را در اختیار داشته باشند. ارائه‌ی سرویس از مراکز خدماتی جدید چندین مزیت دارد:

١- یک بازار جدید برای متقاضیان به وجود می‌آید که شاید دسترسی را برای این متقاضیان آسان‌تر کند.

٢- باعث تغییراتی در جهت بهبود کارایی سیستم توزیع، انبارداری یا هزینه‌های توزیع می‌شود.

٣- کارائی تبلیغات را بالا می‌برد.

یکی از شاخه‌های این دسته از مسائل، مکان‌یابی رقابتی گسسته است. مکان‌یابی رقابتی گسسته دسته‌ای از مسائل مکانیابی- تخصیص است که در آن رقابت بر سر متقاضیان را با استفاده از مکان‌یابی بهینه و تخصیص متقاضیان به این مراکز انجام می‌دهند. در بهینه‌سازی رقابتی مسائل مکانیابی همواره بیش از یک رقیب در ناحیه‌ی رقابت وجود دارد. تصمیم‌گیری برای مکانیابی از طرف یک سازمان نه تنها روی سهم این سازمان از بازار، بلکه روی سهم و فعالیت سایر سازمان‌ها نیز تأثیر مستقیم می‌گذارد. کاربرد اصلی این مسئله در خصوص محصولاتی است که برای مشتریان دسترسی سریع و آسان به مراکز فروش آن از اهمیت زیادی برخوردار باشد. در این شرایط اگر یک رقیب به درستی مکان تسهیلات خود را تعیین نکند سهم بازار خود را از دست خواهد داد (Amin & Zhang, 2012). از جمله جدیدترین تحقیقات این حوزه می‌توان به پژوهش وی و همکاران[2] (٢٠١٥) اشاره کرد که مسئله مورد نظر را با رویکرد تئوری بازی‌ها مورد بررسی قرار دادند. در این رویکرد نیاز است تا اطلاعات ماتریس تصمیمات متقابل در رویکرد تئوری بازی‌ها تشکیل شود. این ماتریس بیانگر آن است که در قبال هر تصمیم از یک رقیب سایر رقیبان چه تصمیماتی را خواهند گرفت. بدیهی است جمع‌آوری چنین اطلاعاتی در شرایط واقعی بسیار سخت و گاهی نشدنی است. همچنین تحقیقاتی همچون کایا و یورک[3] (٢٠١٦) و نیز زهل و سلیمانی[4] (٢٠١٦) زنجیره تأمین حلقه بسته را با اهداف و فرضیات خود بررسی کرده‌اند اما تأثیر رقابت و قیمت رقابتی را در طراحی زنجیره خود لحاظ نکرده‌اند. بر این اساس می‌توان مهم‌ترین نقص تحقیقات گذشته در این حوزه را بررسی همزمان طراحی زنجیره تأمین حلقه بسته در شرایط رقابتی با در نظر گرفتن شاخص قیمت بر اساس مدل‌های ریاضی بهینه‌سازی بیان نمود.

در این تحقیق به طراحی یک زنجیره تأمین حلقه بسته سبز در شرایط رقابتی پرداخته می‌شود یکی از کلیدی‌ترین موارد در این زنجیره تعیین قیمت فروش محصولات در شرایط رقابتی می‌باشد تعیین قیمت پایین در شرایط رقابتی باعث کاهش نسبی سودآوری زنجیره می‌شود. از طرفی تعیین قیمت بالا در شرایط رقابتی منجر به از دست دادن سهم بازار خواهد شد. لذا در هنگام طراحی این زنجیره، تعیین قیمت مناسب فروش محصولات نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در این تحقیق به نیز مورد بررسی و تحلیل آن

[2] Wei, J., et al
[3] Kaya, O. and B. Urek
[4] Zohal, M. and H. Soleimani

پرداخته خواهد شد. بر همین اساس لازم است یک مدل ریاضی تعریف کرده و به کمک الگوریتم جهش قورباغه که یکی از جدیدترین الگوریتم‌های بهینه سازی می‌باشد، راه حل‌های بهینه آن را مشخص نمود.

اهداف تحقیق

هدف اصلی: طراحی یک زنجیره تأمین سبز حلقه بسته در شرایط رقابتی به همراه تعیین بهترین قیمت فروش محصولات.

اهداف فرعی:

- ارائه یک مدل ریاضی جدید به منظور طراحی زنجیره تأمین سبز حلقه بسته با هدف افزایش سود زنجیره
- بهینه سازی مدل ریاضی ارائه به کمک الگوریتم فراابتکاری جهش قورباغه

نوآوری تحقیق

با توجه به بررسی تحقیقات انجام شده و شکاف تحقیق می‌توان نوآوری این تحقیق را در قالب موارد زیر تعیین نمود

- در نظر گرفتن موضوع طراحی زنجیره تأمین سبز حلقه بسته در شرایط رقابتی
- در نظر گرفتن قیمت فروش محصولات به عنوان یک متغیر تصمیم کلیدی در طراحی زنجیره سبز حلقه بسته
- بهینه سازی سود زنجیره زنجیره تأمین در شرایط متغیر بودن درآمد زنجیره
- اعتبار سنجی مدل ریاضی ارائه شده و سپس حل مدل به کمک روش الگوریتم جهش قورباغه

سؤالات پژوهشی

پرسش اصلی: چگونه می‌توان در شرایط رقابتی، یک زنجیره تأمین سبز حلقه بسته به همراه تعیین قیمت رقابتی طراحی نمود؟

پرسش‌های فرعی:

- چگونه یک مدل ریاضی به منظور طراحی زنجیره تأمین سبز حلقه بسته با هدف افزایش سود زنجیره و نیز افزایش سهم می‌توان ارائه داد؟
- به کمک روش الگوریتم جهش قورباغه چگونه می‌توان به بهینه‌سازی مدل ریاضی ارائه شده در خصوص طراحی زنجیره تأمین شامل مکانیابی تسهیلات و جریان مواد در زنجیره و همچنین تعیین بهترین مقدار برای قیمت فروش محصولات پرداخت؟

۲. روش تحقیق

الف) روش تحقیق بر حسب هدف، نوع داده‌ها و نحوه اجراء

در ابتدا به بررسی دقیق ادبیات موضوع پرداخته می‌شود. سپس بر اساس تجارب دریافت شده از تحقیقات گذشته و نیز نوآوری مد نظر به ارائه یک مدل ریاضی در زمینه طراحی زنجیره تأمین سبز حلقه بسته پرداخته می‌شود. تابع هدف بیشینه سازی سود زنجیره در شرای متغیر بودن درآمد زنجیره می‌باشد. در آمد زنجیره وابسته به قیمت فروش محصولات است و هدف تعیین قیمت فروش به عنوان یک عامل تأثیر گذار می‌باشد. متغیرهای تصمیم کلیدی این مدل شامل مکان یابی تسهیلات و میزان و نوع جریان مواد و نیز قیمت فروش محصولات خواهد بود.

پس ارائه مدل ریاضی به بهینه سازی آن پردخته می‌شود. برای این منظور یک الگوریتم جهش قورباغه در محیط MATLAB طراحی شده و به کمک آن به بهینه سازی زنجیره مورد بررسی پرداخته خواهد شد.

ب) روش گردآوری اطلاعات

روش گردآوری اطلاعات به صورت کتابخانه‌ای و با استفاده از جدیدترین تحقیقات و کارهای انجام شده در این حوزه خواهد بود.

ج) ابزار گردآوری اطلاعات

در این تحقیق، ابزار گردآوری اطلاعات بانک‌های اطلاعاتی و شبکه‌های کامپیوتری است.

د) روش‌ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها

اطلاعات مورد نظر در قالب پارامترهای مدل ریاضی به نرم افزار MATLAB شده و براساس مکانیزم الگوریتم جهش قورباغه سعی در یافتن بهترین راه حل آن می‌شود. راه حل بهینه شامل نحوه طراحی زنجیره سبز حلقه بسته و نیز قیمت فروش محصولات می‌باشد. سپس الگوریتم مورد بررسی از نظر سرعت و دقت در جواب‌های حاصله مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌گیرد.

۳. پیشینه تحقیق

تقی پور و صدری اصفهانی (۱۳۹٤) مقاله‌ای در خصوص زنجیره تأمین سبز رقابتی ارائه نمودند. در این مقاله یک مدل دو سطحی برای طراحی ساختار شبکه زنجیره تأمین رقابتی ارائه شده است که با پیش‌بینی قیمت‌ها و سطح خدمات وکیفیت که وابسته به شرایط موجود و رقبای خارجی است سطح عملیاتی و تصمیمات کوتاه مدت زنجیره بوسیله فرمول تقاضا و تعیین قیمت تعادلی بررسی شده است و در ادامه به تحلیل حساسیت تأثیر پارامترهای مدل بر یکدیگر اقدام شده است. ساختار شبکه زنجیره تأمین برای وارد شوندگان جدید به گونه‌ای طراحی شده است که با توجه به محدود بودن ظرفیت‌های تولید، سود قابل کسب را در بازارهای رقابتی به حداکثر برساند.

جن و همکاران[5] (۲۰۰٦) یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح آمیخته را برای طراحی شبکه لجستیک مستقیم در یک زنجیره سطحی با هدف حداقل‌سازی هزینه ارائه نمودند. در این مقاله برای حل مسأله از روش کدگذاری اولویت- محور استفاده شد.

کو و ایوانز[6] (۲۰۰۷) یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح آمیخته را برای طراحی شبکه لجستیک یکپارچه مستقیم و معکوس برای فراهم آورندگان خدمات لجستیک ارائه دادند. برای غلبه بر عدم قطعیت موجود شرایط، مشخصه‌های مسأله برای هر دوره تعیین شدند و در دوره بعد مدل مجدداً برای مشخصه‌های جدید حل شد. آنها الگوریتم ژنتیک را برای حل مدل توسعه دادند.

دولائرت و همکاران (۲۰۰۷) مروری کلی بر طراحی مدل‌های زنجیره تأمین نمودند و از این طریق، امکان دستیابی به مدل‌های کامل‌تر که توانایی درنظر گرفتن تمامی هزینه‌های لجستیکی را دارا باشند، فراهم کردند.

آراس و همکاران[7] (۲۰۰۸) یک مدل غیر خطی از شبکه لجستیک را ارائه دادند و با کمک الگوریتم جستجوی ممنوع به حل آن پرداختند. آنها از این طریق، موقعیت مکانی مراکز جمع‌آوری و قیمت خرید بهینه محصولات را محاسبه نمودند. هدف آنها بیشینه کردن سود در یک شبکه لجستیک معکوس بود.

دو و ایوانز[8] (۲۰۰۸) یک شبکه لجستیک حلقه بسته را در نظر گرفتند که توسط فراهم آورندگان لجستیک طرف سوم اداره می‌شد. آنها هدف خود را کمینه کردن دیرکرد و هزینه کل تصمیمات مربوط به جایابی و ظرفیت تسهیلات قرار دادند و برای حل مدل خود نیز از روش ترکیبی جستجوی پراکنده استفاده کردند.

پیشوایی و همکاران[9] (۲۰۱۰) برای طراحی یکپارچه شبکه لجستیک مستقیم و معکوس از یک مدل خطی عدد صحیح آمیخته استفاده کردند. آنها برای کمینه کردن هزینه‌ها و بیشینه کردن پاسخگویی، مدل را با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک مجهز به جستجوی همسایگی حل کردند.

کانان و همکاران[10] (۲۰۱۰) بازیافت باتری‌ها را تحت قالب یک زنجیره تأمین سبز حلقه بسته مورد بررسی قرار دادند. هدف اساسی این تحقیق طراحی یک زنجیره چند سطحی و تصمیم‌گیری در خصوص نحوه تولید و توزیع کالای مورد نظر، لحاظ کردن شرایط زیست‌محیطی است. این مسئله توسط الگوریتم فراابتکاری ژنتیک حل و نتایج مورد تحلیل قرار گرفته است.

---

[5] Gen, M., et al.
[6] KO, H.J. and G.W. Evans, A.
[7] Aras, N., et al.
[8] Du, F. and G.W. Evans.
[9] Pishvaee, M.S., et al.
[10] Kannan, G., et al.

زرندی و همکاران[11] (۲۰۱۱) به طراحی یک زنجیره تأمین حلقه بسته در شرایط فازی پرداخته‌اند. آنها از ابزار کلیدی برنامه‌ریزی آرمانی به منظور بهینه‌سازی همزمان مدل چندهدفه خود پرداخته‌اند. در این تحقیق اهداف مورد بررسی، کاهش هزینه‌های زنجیره رفت و کاهش هزینه‌های زنجیره برگشت بوده است. به منظور اعتبارسنجی این مدل از حل مثال‌های نمونه استفاده شده است.

امین و ژانگ[12] (۲۰۱۲) یک مدل ریاضی چندهدفه برای طراحی زنجیره تأمین سبز حلقه بسته ارائه کرده‌اند. ساختار زنجیره مورد بررسی شامل کارخانه‌های تولیدی، مراکز مونتاژ، مراکز جمع‌آوری و مراکز بازیافت است. اهداف مورد بررسی، کاهش هزینه‌ها و کاهش نرخ آسیب‌رسانی به زنجیره تأمین است. این محققین مسئله ارائه شده را با مثال‌های عددی مختلف حل و نتایج را تحلیل کرده‌اند.

امین و ژانگ[13] (۲۰۱۳) یک شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته که شامل چند تولیدکننده، مراکز جمع‌آوری، بازار تقاضا و محصولات است را مورد بررسی قرار دادند، که برای این منظور یک مدل چندهدفه را پیشنهاد کردند که هدف آن حداقل نمودن کل هزینه است و مدل را به منظور در نظر گرفتن فاکتورهای محیطی توسعه دادند. آنها برای حل مدل از روش‌های حل دقیق کمک گرفتند و این پژوهش را به عنوان اولین پژوهش که مدل چندهدفه را در شرایط عدم‌قطعیت در شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته در نظر می‌گیرد معرفی نمودند.

گاویندان و همکاران[14] (۲۰۱۵) به مرور مباحث مرتبط با زنجیره تأمین حلقه بسته پرداخته‌اند. در این مقاله، تعدادی از تحقیقات ارائه شده در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ از نظر نگاه به مسئله و متدولوژی آنها مرور شده است. در این مقاله تلفیق مباحث زنجیره تأمین سبز با مباحث زنجیره تأمین حلقه بسته و استفاده از روش‌های کمی برای طراحی زنجیره آن، به عنوان یکی از جذاب‌ترین مباحث جدید در این حوزه معرفی شده است.

رضاپور و همکاران (۲۰۱۵) به طراحی یک شبکه لجستیک معکوس در شرایط رقابتی پرداخته‌اند. آنها قیمت را در شرایط رقابتی بر اساس تقاضای محصول برای هر یک از رقبا در نظر گرفته‌اند. این محققین به منظور طراحی شبکه خود از تکنیک برنامه‌ریزی دو سطحی استفاده کرده‌اند. در سطح اول تصمیمات استراتژیک شامل مکانیابی مراکز و انبارها انجام شده و در سطح دوم تصمیمات تکنیکال شامل تعیین میزان توزیع و مسیرهای توزیع بین اعضای زنجیره تأمین انجام شده است.

وی و همکاران (۲۰۱۵) یک زنجیره تأمین حلقه بسته با تقارن اطلاعاتی را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق به منظور بررسی قیمت فروش محصولات از رویکرد تئوری بازی‌ها استفاده شده است. در این تحقیق به تعیین قیمت عمده‌فروشی و خرده‌فروشی و نیز میزان نگهداری در هر یک از انبارها در شرایط تقارن اطلاعاتی پرداخته شده است.

طلایی و همکاران[15] (۲۰۱۶) به طراحی یک زنجیره تأمین چند سطحی در صنعت الکترونیک به صورت حلقه بسته سبز پرداخته‌اند. در این تحقیق هدف ارائه زنجیره‌ای است که کمترین میزان کربن تولیدی را داشته باشد و همچنین کم‌ترین هزینه را به کل زنجیره تحمیل کند. به منظور طراحی زنجیره تأمین مورد نظر، مکانیابی مراکز تولیدی و مراکز انباشت و مراکز بازیافت، تصمیم‌گیری می‌شود. این مسئله در شرایط عدم قطعیت فازی پیاده‌سازی شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

کایا و یورک (۲۰۱۶) یک مدل غیر خطی عدد صحیح به منظور مکانیابی و تعیین موجودی و نیز قیمت فروش در یک زنجیره حلقه بسته ارائه کردند. در این تحقیق میزان تقاضا به صورت یک رابطه نمایی از میزان قیمت تعیین شده ارائه شده است. به منظور حل این مدل یک روش ابتکاری مبتنی بر سیستم سفارش موجودی و نیز دوره سفارش‌دهی طراحی و پیاده‌سازی شده است.

[11] Zarandi, M.H.F., et al.
[12] Amin, S.H .and G. Zhang.
[13] Amin, S.H. and G. Zhang.
[14] Govindan, K., et al.
[15] Talaei, M., et al.

زهل و سلیمانی (۲۰۱٦) به ترکیب لجستیک رفت و لجستیک معکوس به منظور طراحی یک زنجیره تأمین حلقه بسته پرداخته‌اند. برای این منظور علاوه بر کمینه‌سازی هزینه‌های کل زنجیره، کاهش تولید گازهای CO_2 به عنوان یک هدف سبز نیز معرفی شده است. برای حل این مدل یک الگوریتم کلونی مورچگان توسعه داده شده است.

دای و لی[16] (۲۰۱۷) یک مدل دو هدفه عدد صحیح فازی جهت ماکزیمم کردن سود کل و حداقل کردن ضایعات تسهیلات توسعه دادند و جهت نزدیک شدن به دنیای واقعی، عدم قطعیت در ظرفیت، تقاضا و قیمت را در مدل در نظر گرفتند. همچنین آنها برای حل مدل از روش ترکیبی[17] استفاده نمودند.

کوی و همکاران[18] (۲۰۱۷) یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح با هدف کاهش کل هزینه در شرایط عدم قطعیت در تقاضا و مقدار محصولات بازگشتی را در نظر گرفتند و به منظور حل مدل از رویکرد الگوریتم ژنتیک و کلونی زنبور عسل[19] استفاده نمودند.

مسعودی‌پور و همکاران (۲۰۱۷) یک مدل غیر خطی عدد صحیح در زنجیره تأمین حلقه بسته با در نظر گرفتن کیفیت محصولات و نرخ بازگشت به منظور حداکثرسازی کل سود بدست آمده از تولیدکننده‌ها همچنین حداکثرسازی سود کل توزیع‌کننده‌ها/جمع‌آوری-کننده‌ها ارائه نمودند و مطالعه موردی را در صنعت تولید پارچه انجام دادند. آنها این مدل را به منظور تعیین استراتژی ضایعات صفر در صنعت پارچه ارائه نمودند. همچنین مدل را به وسیله اطلاعات فراهم شده از شرکت تست کردند.

پس از بررسی ادبیات موضوع می‌توان موارد زیر را به صورت توامان به عنوان شکاف تحقیق‌های موجود بیان نمود:

- طراحی زنجیره تأمین سبز حلقه بسته در شرایط رقابتی.
- در نظر گرفتن تأثیر قیمت فروش بر روی زنجیره تأمین طراحی شده.
- استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری نوین همچون الگوریتم جهش قورباغه

براساس شکاف‌های تحقیقاتی یافت شده تمرکز این تحقیق بر ارائه یک مدل ریاضی به منظور طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز حلقه بسته در شرایط رقابتی با تعیین قیمت فروش محصولات می‌باشد. همچنین به منظور حل این مدل ریاضی از الگوریتم جهش قورباغه استفاده می‌شود.

۳-۱ مدل ریاضی تحقیق

در این بخش به توسعه مدل ریاضی تحقیق پرداخته می‌شود. مدل پایه در نظر گرفته شده بر اساس تحقیق کایا و یورک در سال ۲۰۱٦ (کایا و یورک، ۲۰۱٦) بوده است و در این تحقیق به توسعه آن پرداخته شده است. همچنین در خصوص فرموله کردن سهم بازار بر اساس مکان تسهیلات فروش و نیز مطلوبیت از نظر مشتریان، از تحقیق‌های گلاره و همکاران (۲۰۱۰) و نیز درزنر و درزنر (۱۹۹۷) و درزنر و درزنر (۲۰۰٤) بهره برده شده است. بر این اساس ابتدا مفروضات مدل ریاضی بیان شده و سپس اجرای مدل ریاضی ارائه می‌شود.

مفروضات:

- تعداد مشتریان ثابت و قطعی است.
- هر یک از مراکز فروش در زنجیره، برای مشتریان مطلوبیت مشخصی دارد.
- هر یک از مشتریان قدرت خرید مشخصی دارند.
- میزان تقاضای مشتریان وابسته به مطلوبیت زنجیره در برابر سایر رقبا و نیز قدرت خرید آن‌ها تعیین می‌شود.
- زنجیره حلقه بسته شامل تولید کننده‌ها، مراکز فروش، مراکز جمع‌آوری و مراکز بازیافت است.

---

[16] Dai, Z. and Li, Z.
[17] Hybrid Method
[18] Cui, Y. Y.
[19] Genetic Artificial Bee Colony Algorithm

- مکان تولیدکننده‌ها در ابتدای برنامه‌ریزی مشخص است.
- مکان بهینه مراکز فروش، مراکز جمع‌آوری و مراکز بازیافت بایستی تعیین شود.
- هزینه‌های تولید و ارسال و موجودی محصولات ثابت و قطعی است.
- در فضای رقابتی امکان ورود هر رقیب دیگری نیز وجود دارد.
- زنجیره از نظر تولید و انبارش دارای محدودیت است.
- تولید محصول منجر به ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی مشخصی می‌شود که برای زنجیره هزینه‌های اضافی ایجاد می‌کند
- مواد برگشتی به زنجیره دارای آلودگی‌های زیست محیطی می‌باشد که برای زنجیره هزینه‌های اضافه ایجاد می‌کند
- هدف اول افزایش سود زنجیره می‌باشد که در آن هزینه‌های ارسال و بازیافت و آلودگی‌های زیست محیطی لحاظ شده است.
- هدف دوم افزایش سهم بازار است. که جنبه رقابتی بودن زنجیره تأمین را نشان می‌دهد.

اندیس‌ها

i اندیس نقاط مراکز تولید

j اندیس مکان مشتریان

k اندیس نقاط بالقوه برای مراکز جمع‌آوری کالاها

l اندیس نقاط بالقوه مراکز بازیافت کالاها

n اندیس مراکز بالقوه فروش محصولات

پارامترها

fc_k هزینه ثابت راه‌اندازی مرکز جمع‌آوری کالا k ام

fb_n هزینه ثابت راه‌اندازی مرکز فروش کالا n ام

fr_l هزینه ثابت راه‌اندازی مرکز بازیافت l ام

cp_{in} هزینه انتقال ۱ واحد کالا از مرکز تولید i ام به مرکز فروش n ام

cc_{jk} هزینه انتقال ۱ واحد کالا از مشتری j به مرکز جمع‌آوری k

cr_{kl} هزینه انتقال ۱ واحد کالا از مرکز جمع‌آوری k به مرکز بازیافت l

cw_{li} هزینه انتقال ۱ واحد کالا از مرکز بازیافت l به مرکز تولید i

pr_i هزینه تولید ۱ واحد کالا در مرکز تولید i ام

gpr_i هزینه آلودگی‌های زیست محیطی مرتبط با تولید ۱ واحد کالا در مرکز تولید i ام

dis_{jn} فاصله بین مشتری j تا مرکز فروش بالقوه n

D_j تقاضای کل مشتری j ام

bc_k هزینه جمع‌آوری و تفکیک به ازای ۱ واحد کالا در مرکز جمع‌آوری k ام

br_l هزینه بازیافت ۱ واحد کالا در مرکز بازیافت l ام

gr_l هزینه مرتبط با آلودگی‌های زیست محیطی برای بازیافت یک واحد محصول در مرکز بازیافت l ام

ω_j میزان کالای برگشت داده شده به مراکز جمع‌آوری از مشتری j ام

π_i ظرفیت تولیدی مرکز تولید i ام

η_k ظرفیت مرکز جمع‌آوری k ام

δ_l ظرفیت مرکز بازیافت l ام

C' هزینه حمل و نقل به ازای هر واحد طی شده

متغیرهای تصمیم

u_{in} میزان انتقال از مرکز تولید i به مرکز فروش n ام

s_{jk} میزان انتقال از مشتری j به مرکز جمع‌آوری k

v_{kl} میزان انتقال از مرکز جمع‌آوری k به مرکز بازیافت l

w_{li} میزان انتقال از مرکز بازیافت l به مرکز تولید i

yb_n متغیر باینری که برابر ۱ خواهد بود اگر و تنها اگر مرکز فروش کالای n ام احداث شود

yc_k متغیر باینری که برابر ۱ خواهد بود اگر و تنها اگر مرکز جمع‌آوری k ام احداث شود

yr_l متغیر باینری که برابر ۱ خواهد بود اگر و تنها اگر مرکز بازیافت l ام احداث شود

P_n قیمت فروش محصول در مرکز فروش n ام

d_{jn} تقاضای ایجاد شده برای مشتری j ام از مرکز فروش n ام

UL_{jn} میزان مطلوبیت مرکز فروش n ام توسط مشتری j ام

مدل ریاضی

$$MAX \quad Z_1 = \sum_n \sum_j P_n d_{jn} -$$
$$(\sum_k fc_k yc_k + \sum_l fr_l yr_l + \sum_n fb_n ybn$$
$$+\sum_i \sum_n (pr_i + cp_{in})u_{in} + \sum_j \sum_k (bc_k + cc_{jk})s_{jk} + \sum_k \sum_l (br_l + cr_{kl})v_{kl}$$
$$+\sum_i \sum_l cw_{li} w_{li})$$
$$+\sum_i \sum_n (gpr_i)u_{in} + \sum_k \sum_l (gr_l)v_{kl}$$

$$MAX \quad Z_2 = \sum_j \sum_n UL_{jn}$$

subject to

$$\sum_i u_{in} \geq d_{jn} \qquad \forall j, n$$

$$\sum_k s_{jk} \geq \omega_j \qquad \forall j$$

$$\sum_j s_{jk} = \sum_l v_{kl} \qquad \forall k$$

$$\sum_n u_{in} \leq \pi_i \qquad \forall i$$

$$\sum_j s_{jk} \leq \eta_k yc_k \qquad \forall k$$

$$\sum_k v_{kl} \leq \delta_l yr_l \qquad \forall l$$

$$UL_{jn} = (-P_n - C' dis_{jn})yb_n$$

$$d_{jn} = D_j e^{UL_{jn}} yb_n \quad \forall j, n$$

$$\sum_k s_{jk} \le \sum_n d_{jn} \quad \forall j$$
$$\sum_k v_{kl} = \sum_i w_{li} \quad \forall l$$
$$\sum_l w_{li} \le \pi_i \quad \forall i$$
$$yc_k, yr_l, yb_n \in \{0,1\}$$
$$u_{in}, s_{jk}, v_{kl}, w_{li}, P_n, d_{jn} \ge 0$$

رابطه‌های فوق بیشینه‌سازی سود زنجیره است. این سود از اختلاف درآمد ایجاد شده و کل هزینه‌های زنجیره است. مجموع هزینه‌های زنجیره شامل هزینه‌های تولید، هزینه‌های پردازش در مراکز جمع‌آوری و بازیافت و نیز هزینه‌های انتقال و در پایان هزینه‌های زیست محیطی تولید و بازیافت در زنجیره تأمین است.

حداکثرسازی کل مطلوبیت زنجیره را بیان می‌کند. این رابطه بیانگر حداکثر سهم بازار نیز است. زیرا هرچقدر مقادیر مطلوبیت مراکز فروش از دید مشتریان بیشتر باشد، به معنای تمایل بیشتر آن‌ها برای خرید از این رقیب در بازار بوده و در نتیجه بیشترین مقدار سهم بازار به دست می‌آید.

بیان می‌کند که کل میزان کالای تحویلی به هر مرکز فروش باید از تقاضای ایجاد شده برای آن مرکز بیشتر باشد.

بیان می‌کند کل میزان کالایی که به مراکز جمع‌آوری داده می‌شود باید بزرگتر- مساوی میزان دورریز هر مشتری باشد. در واقع در این محدودیت، تاکید می‌شود که محصولات معیوب و دور ریز شده توسط مشتریان، تماماً به دست مراکز جمع‌آوری می‌رسد.

توازن جریان در زنجیره را نشان می‌دهد. به گونه‌ای که میزان کالای جمع شده در مرکز جمع‌آوری باید برابر میزان کالای ارسالی از همان مرکز به مراکز بازیافت باشد.

بیان می‌کند که کل میزان ارسالی از هر تولیدکننده حداکثر به‌اندازه ظرفیت آن خواهد بود.

بیان می‌کند که اگر مرکز جمع‌آوری k احداث شود می‌توان کالای مشتریان را حداکثر به‌اندازه ظرفیت مرکز جمع‌آوری k، به آن‌ها فرستاد.

بیان می‌کند که مرکز بازیافت l احداث شود می‌توان کالاها را از مراکز جمع‌آوری حداکثر به اندازه ظرفیت مرکز بازیافت l، به آن ارسال نمود.

میزان مطلوبیت ایجاد شده را بر حسب قیمت فروش و نیز فاصله تا مراکز فروش مختلف محاسبه می‌کند.

جدول ۱: نمونه‌های تصادفی

پارامترها	مقادیر
fc_k	Uniform (۱۰۰,۲۰۰)
fb_n	Uniform (۱۰۰,۲۰۰)
fr_l	Uniform (۱۰۰,۲۰۰)
cp_{in}	Uniform (۳,٤)
cc_{jk}	Uniform (۳,٤)

پارامترها	مقادیر
cr_{kl}	Uniform (٣,٤)
cw_{li}	Uniform (٣,٤)
pr_i	Uniform (١٠,١٥)
gpr_i	Uniform (١,٢)
dis_{jn}	Uniform (٥٠٠,٧٠٠)
D_j	Uniform (٥,٨)
bc_k	Uniform (١٢,١٤)
br_l	Uniform (١١,١٤)
gr_l	Uniform (٢,٣)
ω_j	Uniform (٣,٥)
π_i	Uniform (١٠٠,٢٠٠)
η_k	Uniform (١٠٠,٢٠٠)
δ_l	Uniform (١٠٠,٢٠٠)

همانطور که از جدول ١ بر می‌آید، مقادیر پارامترهای مرتبط به صورت توزیع یکنواخت و تصادفی تولید می‌گردد. لازم به ذکر است پارامتر C' که معرف ضریب تبدیل فاصله به هزینه است برابر ١ در نظر گرفته شده است.

حال پس از تولید نمونه‌های تصادفی در ابعاد مختلف مسائل از نرم‌افزار GAMS 23.6 و حل‌کننده BARON برای حل آن‌ها استفاده شده است.

به منظور اعتبارسنجی مدل ریاضی، از حل مدل ریاضی در محیط نرم‌افزاری و ارائه مقدار بهینه کلی آن استفاده شده است. لازم به ذکر است از آنجایی که ساختار مدل ریاضی در هیچ مقاله مشابهی دیده نشده است، لذا نمی‌توان نتایج حاصل از حل مدل را به کمک مقالات دیگر اعتبارسنجی نمود. از طرفی مطابق شکل ٢، با توجه به غیر خطی بودن مدل، نرم افزار GAMS توانسته است مقدار بهینه مدل ریاضی را بدون هیچ خطایی ارائه کند. لذا می‌توان نتایج حاصل از این نرم‌افزار بهینه‌ساز را مورد اعتماد دانست و از آن در اعتبارسنجی مدل ریاضی استفاده نمود.

```
Best solution:    8.289874e+010    (16 nodes, 1.375 seconds)

Best possible:    8.289874e+010    (only reliable for convex models)
Absolute gap:     0.000000e+000    (absolute tolerance optca: 0)
Relative gap:     0.000000e+000    (relative tolerance optcr: 0)
--- Restarting execution
--- f1.gms(154) 2 Mb
--- Reading solution for model asd
--- Executing after solve: elapsed 0:00:01.535
--- f1.gms(155) 3 Mb
*** Status: Normal completion
```

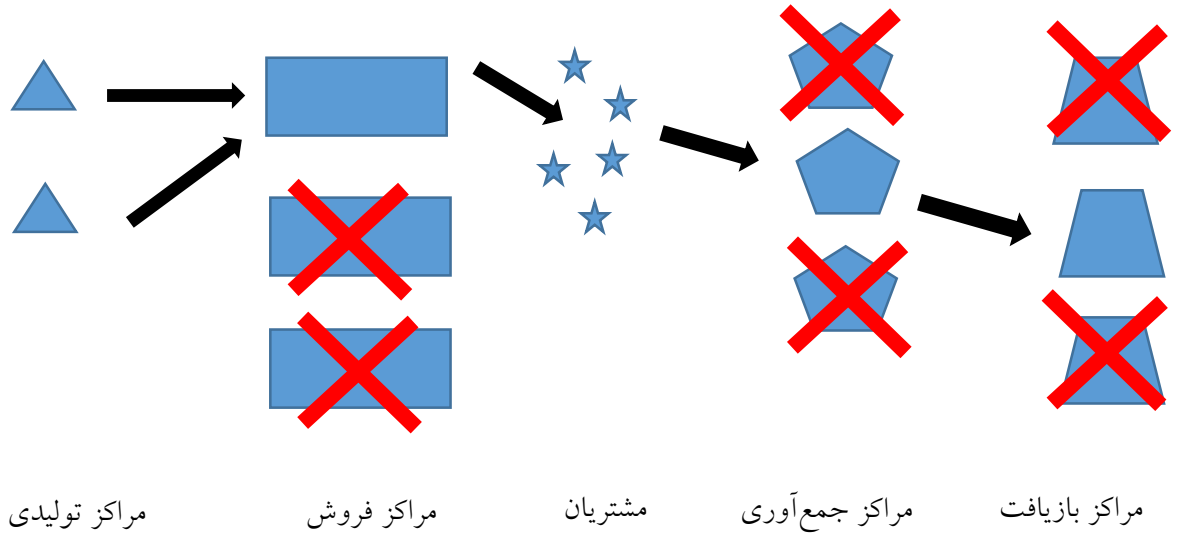
شکل ٢: خروجی نرم افزار گمز برای اعتبارسجی مدل ریاضی

برای اعتبارسنجی مدل پیشنهادی نمونه اول مسأله اول را یکبار با هدف اول و یکبار با هدف دوم اجرا کرده و نتایج بدست آمده در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که محدودیت زمانی اجرای ۳۶۰۰ ثانیه برای حل مسائل لحاظ می‌شود.

جدول ۲: نتایج حاصل از حل نمونه اول مسأله اول

مسأله ۱	مقدار تابع هدف اول	مقدار تابع هدف دوم	متوسط زمان حل (ثانیه)	تعداد مرکز فروش احداث شده	تعداد مرکز جمع‌آوری احداث شده	تعداد مرکز بازیافت احداث شده
حل به ازای هدف اول	8.28987E+10	-1026.785	22.923	1	1	1
حل به ازای هدف دوم	-1.01864E+9	-45483.172	123.40	1	1	1

برای ایجاد درک بهتری از فضای مسأله به تشریح شماتیک نمونه اول مسأله اول به ازای حل با هدف اول در شکل ۳ می‌پردازیم.



شکل ۳: نمای شماتیک شبکه زنجیره تأمین مسأله اول

همانطور که از شکل مشخص است، خروجی مسأله به صورت تأسیس ۱ واحد از هر کدام از تسهیلات است که به صورت تأسیس مرکز فروش اول، تأسیس مرکز جمع‌آوری دوم و مرکز بازیافت دوم بوده است. حال در بخش بعدی جهت مواجهه با مسأله چندهدفه و تبدیل آن به یک مسأله دوهدفه با درنظرگرفتن اهداف با استفاده از روش الگوریتم *SFLA* به حل مسأله می‌پردازیم.

۴. نتایج تحقیق

در این پژوهش پس از بررسی دقیق و تفصیلی تحقیقات گذشته در حوزه زنجیره تأمین، شکاف تحقیق و نوآوری آن مشخص شد. نوآوری تحقیق شامل در نظر گرفتن رفتار تقاضا به عنوان تابعی از قیمت محصولات در شرایط رقابتی بوده و بر اساس آن هدف توسعه یک مدل ریاضی جهت طراحی یک زنجیره تأمین حلقه بسته در شرایط رقابتی بوده است. در چنین زنجیره‌ای قیمت یک عامل اساسی است که می‌تواند مقدار تقاضا را تعیین کند و به تبع آن ساختار زنجیره را تغییر دهد. به همین منظور در فصل سوم ابتدا یک تابع بین مقدار تقاضا و نیز قیمت محصولات ارائه شد. سپس با تکمیل مفروضات تحقیق، مدل ریاضی دوهدفه تحقیق ارائه شد. هدف اول کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد زنجیره است. به عبارت دیگر هدف اول به دنبال بیشینه‌سازی سود زنجیره تأمین است. در هدف دوم تمرکز بر روی سهم بازار است و با افزایش مطلوبیت مراکز فروش، به دنبال بیشینه‌سازی سهم بازار هستیم.

با ارائه چنین مدلی لازم است تکنیک‌های دستیابی به چند هدف برای آن ارائه شود. در همین راستا الگوریتم SFLA جهت حل این مدل ریاضی تشریح گردید. این روش یک الگوریتم فراابتکاری جدید می‌باشد که بر اساس رفتار قورباغه‌ها عمل می‌کند.

پس از توسعه مدل و تشریح روش‌های حل در فصل چهارم به بررسی و تحلیل نتایج عددی حاصل از حل مدل ریاضی پرداخته شد. برای این منظور ابتدا با حل مدل به صورت تک‌هدفه، اعتبارسنجی مدل و اثبات درست و منطقی و قابل اعتماد بودن نتایج انجام گردید. سپس با توجه به نبود دیتای مقایسه‌ای که دقیقاً مطابق مدل این تحقیق باشد، مثال‌های نمونه از توزیع‌های آماری تولید گردیده است. مثال‌های تولید شده در ۵ گروه و هر گروه ۲ مثال نمونه و جمعاً ۱۰ مثال برای بررسی و مقایسه روش‌های حل ارائه شده است.

سپس با کدنویسی روش SFLA در محیط متلب و نیز حل بهینه آن در محیط GAMS، به بررسی و مقایسه نتایج این دو روش پرداخته شده است. نتایج عددی نشان می‌دهد که روش SFLA با کمترین خطای ممکن در یک زمان کوتاه و منطقی جواب نزدیک به بهینه را برای مسائل مختلف می‌تواند ارائه کند.

سپس تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای کلیدی مدل ریاضی انجام شد. با توجه به نوسانات پارامتر تقاضا و نیز ظرفیت‌های تولید در شرایط واقعی و با توجه به اینکه در مدل ریاضی این پارامترها به صورت قطعی فرض شده است، تحلیل حساسیت این پارامترها ضروری به نظر می‌رسد.

نتایج حاصل شده نشان می‌دهد تغییرات تقاضا می‌تواند تاثیرات ناگهانی بر روی تابع هدف اول مسئله داشته باشد اما تغییرات ظرفیت‌های تولیدی، تأثیر کمتری بر روی هدف اول مسئله دارد. همچنین در خصوص تابع هدف دوم نیز این شرایط برقرار است.

به همین دلیل نتایج حاکی از آن است که مدیران زنجیره تأمین بایستی تمرکز بالایی بر روی مقدار تقاضا و رصد بازار داشته باشند و بتوانند تغییرات این پارامتر تاثیرگذار به روی ساختار کلی زنجیره را به خوبی مدیریت کنند. همچنین با توجه به ساختار چندهدفه بودن مدل و درنظر گرفتن عوامل مختلف همچون شرایط رقابتی و مطلوبیت زنجیره برای مشتریان، می‌توان از این تحقیق به عنوان یک ابزار کارامد در مدیریت زنجیره تأمین حلقه بسته در شرایط رقابتی یاد نمود.

٤-١ محدودیت‌های تحقیق

پس از انجام مراحل تحقیق، بایستی خاطر نشان کرد که این پژوهش همچون سایر پژوهش‌ها با محدودیت‌ها و چالش‌هایی نیز همراه است. در ذیل چند نمونه از محدودیت‌های تحقیق ارائه شده است.

- اندازه‌گیری مطلوبیت مراکز توزیع در بسیاری از موارد تابع دقیق و مشخصی ندارد و لذا نمی‌توان در همه شرایط بر اساس یک تابع مطلوبیت، میزان مطلوبیت مشتریان را سنجید.
- پارامترهای هزینه‌ای نیز همچون تقاضا با توجه به شاخص‌های تورمی دچار نوسان و تغییر است و در نظر گرفتن آنها به صورت قطعی تنها در شرایط ثبات اقتصادی کاربرد خواهد داشت.
- چنانچه ابعاد مسئله بسیار بزرگ باشد ممکن است محیط‌های نرم‌افزاری قادر به حل بهینه مسئله طراحی شده نباشند لذا لازم است در این خصوص تدابیری نیز اندیشیده شود.

٤-٢ پیشنهادات آتی

به منظور توسعه این تحقیق و ارائه تحقیقات جدیدتر می‌توان موارد زیر را پیشنهاد نمود:

- استفاده از الگوریتم فراابتکاری NSGA II برای حل چندهدفه مدل ریاضی این تحقیق و نیز مقایسه با روش‌های ارائه شده در این پژوهش.
- پیاده سازی الگوریتم فراابتکاری MOPSO برای حل چند هدفه مدل ریاضی این تحقیق و نیز مقایسه با روش‌های ارائه شده در این پژوهش.
- مقایسه روش محدودیت اپسیلون با روش‌های استفاده شده در این پژوهش در حل مدل ریاضی این تحقیق.
- مقایسه نتایج این تحقیق با رویکرد سنتی در قیمت‌گذاری کالا در زنجیره تأمین.
- استفاده از روش‌های شاخه و کران و برنامه‌ریزی پویا برای حل مدل ریاضی ارائه شده.

- حل مسئله به صورت دو مرحله‌ای که در مرحله اول طراحی زنجیره و در مرحله دوم قیمت‌گذاری انجام شود.
- در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی به عنوان یک هدف جدید در مدل ریاضی و بهینه‌سازی آن در شرایط سه هدفه.
- توسعه مدل ریاضی این تحقیق در شرایط عدم قطعیت تقاضا.
- توسعه مدل ریاضی این تحقیق با در نظر گرفتن مسیریابی بین اعضای زنجیره تأمین.
- افزایش سطح‌های زنجیره تأمین به ٤ سطح و بهینه‌سازی آن در شرایط رقابتی.

منابع

- Amin, S. H., & Zhang, G. (2012). An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: Multi-objective approach. *Expert Systems with Applications, 39*(8), 6782-6791 .
- Amin, S. H., & Zhang, G. (2013). A multi-objective facility location model for closed-loop supply chain network under uncertain demand and return. *Applied Mathematical Modelling, 37*(6), 4165-4176 .
- Aras, N., Aksen, D., & Tanuğur, A. G. (2008). Locating collection centers for incentive-dependent returns under a pick-up policy with capacitated vehicles. *European journal of operational research, 191*(3), 1223-1240 .
- Du, F., & Evans, G. W. (2008). A bi-objective reverse logistics network analysis for post-sale service. *Computers & Operations Research, 35*(8), 2617-2 .۶۳۴
- Dullaert, W., Bräysy, O., Goetschalckx, M., Raa, B., & Center, A. (2007). Supply chain (re) design: Support for managerial and policy decisions. *European Journal of Transport and Infrastructure Research, 7*(2), 73-92 .
- Gen, M., Altiparmak, F., & Lin ,L. (2006). A genetic algorithm for two-stage transportation problem using priority-based encoding. *OR spectrum, 28*(3), 337-354 .
- Govindan, K., Soleimani, H., & Kannan, D. (2015). Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future. *European journal of operational research, 240*(3), 603-626 .
- Kannan, G., Sasikumar, P., & Devika, K. (2010). A genetic algorithm approach for solving a closed loop supply chain model: A case of battery recycling. *Applied Mathematical Modelling, 34*(3), 655-670 .
- Kaya, O., & Urek, B. (2016). A mixed integer nonlinear programming model and heuristic solutions for location, inventory and pricing decisions in a closed loop supply chain. *Computers & Operations Research, 65*, 93-103 .
- Ko, H. J & ,.Evans, G. W. (2007). A genetic algorithm-based heuristic for the dynamic integrated forward/reverse logistics network for 3PLs. *Computers & Operations Research, 34*(2), 346-366 .
- New, S. J., & Payne, P. (1995). Research frameworks in logistics: three models, seven dinners and a survey. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 25*(10), 60-77 .
- Pishvaee, M. S., Farahani, R. Z., & Dullaert, W. (2010). A memetic algorithm for bi-objective integrated forward/reverse logistics network design. *Computers & Operations Research, 37*(6), 1100-1112 .
- Rezapour, S., Farahani, R. Z., Fahimnia, B., Govindan, K., & Mansouri, Y. (2015). Competitive closed-loop supply chain network design with price-dependent demands. *Journal of Cleaner Production, 93*, 251-272 .
- Soman, C. A., Van Donk, D. P., & Gaalman, G. (2004). Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system. *International Journal of Production Economics, 90*(2), 223-235 .
- Talaei, M., Moghaddam, B. F., Pishvaee, M. S., Bozorgi-Amiri, A., & Gholamnejad, S. (2016). A robust fuzzy optimization model for carbon-efficient closed-loop supply chain network design problem: a numerical illustration in electronics industry. *Journal of Cleaner Production, 113*, 662-673 .
- Wei, J., Govindan, K., Li, Y., & Zhao, J. (2015). Pricing and collecting decisions in a closed-loop supply chain with symmetric and asymmetric information. *Computers & Operations Research, 54*, 257-265 .
- Yingdong, M. (2001). *Design of hybrid make-to-stock (MTS)–make-to-order (MTO) manufacturing system 2001*. MSc thesis, The University of Minnesota .
- Zarandi, M. H. F., Sisakht, A. H., & Davari, S. (2011). Design of a closed-loop supply chain (CLSC) model using an interactive fuzzy goal programming. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 56*(5-8), 809-821 .

- Zohal, M., & Soleimani, H. (2016). Developing an Ant Colony Approach for Green Closed-Loop Supply Chain Network Design: A Case Study in Gold Industry. *Journal of Cleaner Production* .
- تیپور, ر., صدری, ع. (١٣٩٤). طراحی شبکه زنجیره تامین سبز رقابتی با در نظر گرفتن پارامترهای قیمت، کیفیت و سطح خدمات. اولین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، مدیریت و حسابداری, ایران.

Designing a Closed-loop Green Supply Chain in the Face of Competitive Demand and Product Pricing Simultaneously Using the Frog Jump Algorithm

Ramazani, M[1*]., Nasrollahi Saeedlo, R[2]

1. Management department, Bonab Branch, Islamic Azad University, Bonab, Iran.
2. PhD student, Management department, Tabriz University, Tabriz, Iran.
*Corresponding author's email: dmramazani@gmail.com

Abstract

In this study, after a detailed and detailed review of past research in the field of supply chain, the research gap and its innovation were identified. The research innovation involved considering demand behavior as a function of product prices in competitive conditions and based on that, the aim was to develop a mathematical model to design a closed loop supply chain in competitive conditions. In such a price chain, it is a fundamental factor that can determine the amount of demand and consequently change the structure of the chain. For this purpose, in the third chapter, first a function between the amount of demand and the price of products was presented. Then, by completing the research assumptions, a two-objective mathematical model of the research was presented. The first goal is to reduce costs and increase chain revenue. In other words, the first goal is to maximize supply chain profits. The second goal is to focus on market share, and by increasing the desirability of sales centers, we seek to maximize market share.
By presenting such a model, it is necessary to provide techniques for achieving several goals. In this regard, the SFLA algorithm to solve this mathematical model was described. This method is a new meta-heuristic algorithm based on the behavior of frogs.
For this purpose, first, by solving the model as a one-objective, the model was validated and the results were proved to be correct, logical and reliable.

Keywords: Ultra-innovative algorithm, multi-objective, validation.