بسم الله الرحمن الرحيم

دانـــشگاه یـــزد
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی صنایع

پایان نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی صنایع

بهینه‌سازی استوار برای طراحی شبکه زنجیره‌تامین حلقه بسته چند محصولی تحت شرایط عدم قطعیت

استادراهنما: دکتر محمدباقر فخرزاد

استادمشاور: دکتر حسن حسینی نسب

پژوهش و نگارش: مریم صمدی دارافشانی

مهر ماه ۱۳۹۲

کلیه ی حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه / رساله متعلق به دانشگاه یزد است و هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی از این پایان‌نامه / رساله برای تولید دانش فنی، ثبت اختراع، ثبت اثر بدیع هنری، همچنین چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس و ارائه مقاله در سمینارها و مجلات علمی از این پایان‌نامه / رساله منوط به موافقت کتبی دانشگاه یزد است.

تقدیم به پدر و مادرم
که از نگاهشان صلابت، از رفتارشان محبت و از صبرشان ایستادگی را آموختم

تقدیم به همسرم
که اسطوره زندگیم، پناه خستگیم ، امید بودنم و آرامش وجودم بوده و هست

تقدیم به خواهرهای عزیزم:
که وجودشان شادی بخش و صفایشان مایه آرامش من است

و در نهایت تقدیم به همه مهربان فرشتگانی که:
لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست

چکیده

با توجه به افزایش نگرانی‌های زیست محیطی، قوانین دولتی و آگاهی جهان از محدودیت منابع طبیعی، زنجیره‌تامین حلقه بسته توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده است. شبکه زنجیره‌تامین حلقه بسته بازار به بازار مربوطه در این پایان‌نامه یک شبکه چند سطحی شامل مشتریان در بازارهای اول و دوم، مراکز جمع‌آوری/بازرسی، بهبود، اسقاط و توزیع با ظرفیتی محدود است. یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح-مختلط برای طراحی شبکه زنجیره‌تامین حلقه بسته پیشنهاد شده است که هزینه کل را مینیمم می‌کند و قادر است از هر دو ساختار شبکه حلقه بسته و حلقه باز بطور همزمان پشتیبانی کند. این پایان‌نامه یک مدل بهینه‌سازی استوار برای بررسی عدم قطعیت ذاتی داده‌های ورودی در یک مساله طراحی شبکه زنجیره‌تامین حلقه بسته پیشنهاد نموده است. همتای استوار مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح-مختلط پیشنهادی به منظور مقابله با عدم قطعیت در محصولات بازگشتی، تقاضا برای محصولات (محصولات تولیدی یا بهبود یافته) و هزینه‌های حمل و نقل توسعه یافته است. بدین منظور، ابتدا یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح-مختلط برای طراحی شبکه زنجیره‌تامین حلقه بسته گسترش داده شده است. سپس، نقطه مقابل استوار مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح-مختلط، با استفاده از تعمیم‌ها و توسعه‌های اخیری که در تئوری بهینه‌سازی استوار ارائه شده، پیشنهاد شده است. به منظور ارزیابی استواری راه‌حل‌های بدست آمده از این مدل بهینه‌سازی استوار، آنها با راه‌حل‌های بدست آمده از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح-مختلط قطعی متناظرشان در چندین تحقق تصادفی تحت مسائل آزمایشی مختلف مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. آزمایش‌های عددی صورت گرفته در این پژوهش، قدرت مدل استوار پیشنهادی را در رسیدگی به عدم قطعیت موجود در پارامترها و تولید راه‌حل‌های بهینه استوار نشان می‌دهند. سپس تجزیه تحلیل حساسیت به منظور بررسی اعتبار بهره‌وری و اثربخشی مدل و درجه تاثیر پارامترهای بکارگرفته شده است. مدل برای در نظر گرفتن فاکتورهای زیست محیطی توسعه یافته است و یک تابع هدف زیست محیطی نیز در نظر گرفته شده است. بدین منظور، یک فرمول برنامه ریزی ریاضی دو هدفه توسعه داده شده است که هزینه های کلی را کم میکند و تابع هدف زیست محیطی را ماکزیمم می‌کند. برای حل مدل، یک روش حل ترکیبی جدید با ترکیب رویکرد بهینه سازی پایدار و برنامه ریزی چند هدفه فازی توسعه یافته است. در این زمینه نیز دو تجزیه تحلیل حساسیت انجام شده است. بنابراین، هدف این پایان‌نامه معرفی یک مدل دو هدفه جدید برای طراحی یک شبکه استوار از تسهیلات در زنجیره‌تامین حلقه بسته تحت عدم قطعیت است.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی چند هدفه فازی، بهینه‌سازی استوار، شبکه زنجیره‌تامین حلقه بسته

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول:.مقدمه ۱

۱-۱مقدمه ۲

۱-۲زنجیره‌تامین حلقه بسته ۳

۱-۳ طراحی شبکه زنجیره‌تامین ۴

۱-۴ اهمیت بررسی عدم قطعیت ۵

۱-۴-۱- رویکردهای مختلف مقابله با عدم قطعیت ۶

۱-۵ اهمیت بهینه‌سازی استوار در طراحی شبکه ۷

۱-۶ اهمیت بررسی توابع چند هدفه در شبکه‌های زنجیره‌تامین حلقه بسته ۹

۱-۶-۱- رویکردهای مختلف حل مسائل چند هدفه ۹

۱-۶-۲- اهمیت برنامه‌ریزی فازی ۱۰

۱-۷ هدف تحقیق ۱۱

۱-۸ نوآوری‌های تحقیق ۱۱

۱-۹ ساختار تحقیق ۱۲

۱-۱۰ جمع‌بندی ۱۳

فصل دوم: مروری بر ادبیات موضوع ۱۵

۲-۱ طراحی شبکه زنجیره‌تامین معکوس ۱۶

۲-۲ زنجیره‌تامین حلقه بسته و مساله طراحی شبکه ۱۷

۲-۳ اهمیت در نظر گرفتن عدم قطعیت در برنامه‌ریزی ریاضی ۱۹

۲-۴ رویکردهای کلاسیک مقابله با عدم قطعیت ۲۰

۲-۵ علت اهمیت بهینه‌سازی استوار و سیر تاریخی مقالات در این زمینه ۲۵

۲-۶ بهینه‌سازی یک هدفه و چند هدفه ۳۱

۲-۶-۱ انواع دسته‌بندی روش‌های حل مسائل بهینه‌سازی چند هدفه ۳۱

روش‌های حل بدون بیان اولویت [۵۸] ۳۴

روش‌های حل با بیان قبلی اطلاعات اولویت ۳۵

روش‌های حل با بیان پیشرونده اولویت اطلاعات ۳۵
روش‌های حل با بیان دیرتر اطلاعات اولویت ۳۷
۲-۶-۲ مقایسه روش‌های حل مسائل چند هدفه ۳۸
۲-۷ رویکرد حل پیشنهادی ۴۰
۲-۷-۱ روش منطق فازی ۴۰
۲-۷-۲ سیر تاریخی رویکردهای حل فازی چند هدفه ۴۲
۲-۸ خلاصه کارهای اخیر در زمینه زنجیره‌تامین حلقه بسته تحت عدم قطعیت ۴۳
۲-۹ جمع‌بندی ۴۸
فصل سوم: تعریف مساله و ارائه مدل ریاضی و حل مساله تک هدفه ۴۹
۳-۱ انتخاب مدل مبنا ۵۰
۳-۲ ابتکارات اصلی این پایان‌نامه ۵۰
۳-۳ تعریف مساله ۵۱
۳-۳-۱ فرضیات پیکربندی شبکه ۵۲
۳-۳-۲ اهداف ۵۳
۳-۴ فرموله کردن مدل ۵۳
۳-۴-۱ اندیس‌ها ۵۳
۳-۴-۲ پارامترها ۵۳
۳-۴-۳ هزینه‌ها ۵۴
۳-۴-۴ متغیرها ۵۴
۳-۴-۵ مدل‌سازی ریاضی ۵۵
۳-۵ راه حل پیشنهادی- ارائه همتای استوار مدل ۵۷
۳-۵-۱ مدل ریاضی همتای استوار–عدم قطعیت جعبه‌ای ۵۹
۳-۶- آزمایش‌های محاسباتی ۶۶
۳-۷ مقایسه روش‌های قطعی و استوار با استفاده از نمایش جواب‌ها به صورت شکل ۷۶
۳-۸ تحلیل حساسیت ۷۹
۳-۸-۱ میانگین هزینه های حمل و نقل ۷۹
۳-۸-۲ میانگین هزینه‌های تقاضاهای برآورده نشده مشتریان ۸۰

۳-۹ جمع‌بندی ۸۴
فصل چهارم: توسعه مدل به چند هدفه ۸۵
۴-۱- مقدمه ۸۶
۴-۲ توسعه به چند هدفه ۸۷
۴-۳ رویکرد حل پیشنهادی ۸۸
۴-۴ تحلیل حساسیت ۹۱
۴-۴-۱ تحلیل حساسیت نسبت به ضرائب اهمیت توابع هدف ۹۱
۴-۴-۲ تحلیل حساسیت نسبت به میانگین میزان استفاده مراکز جمع آوری از تکنولـوژی پاک نسبت به تابع هدف زیست محیطی ۹۳
۴-۵ نمایش حل مساله شماره ۲ ..... ۹۸
۴-۶ جمع‌بندی ۹۹
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ۱۰۱
۵-۱ خلاصه پایان‌نامه ۱۰۲
۵-۲ نتایج حاصل از پژوهش ۱۰۳
۵-۳ پیشنهادها برای تحقیقات آتی ۱۰۴
منابع و مراجع ۱۰۵

فصل اول

مقدمه

۱-۱مقدمه

یک زنجیره‌تامین موثر، کارآمد و استوار، برای کشورها و شرکت‌ها مزیت رقابتی پایدار ایجاد می‌کند و کمک می‌کند تا با مشکلات و مسائل زیست‌محیطی در حال افزایش و فشارهای رقابتی شدید به مقابله بپردازند. زنجیره‌تامین سنتی شبکه‌ای از تامین کننده، تولیدکننده، مراکز توزیع و کانال‌های سازمان‌دهی بین آنها برای به دست آوردن مواد خام، تبدیل آنها به محصولات نهایی و توزیع محصولات نهایی در یک روش کارآمد به مشتریان است [۱].

به‌عبارت دیگر در گذشته بخش عمده فعالیت‌های مدیریت زنجیره‌تامین به عملیات تولید و توزیع معطوف بوده است و جریان مستقیم زنجیره متشکل از تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، خرده‌فروشان و مشتریان بوده است [۲]. در دهه‌های اخیر توجه به مسائل زیست‌محیطی، الزامات قانونی و نیز منافع اقتصادی ناشی از فعالیت‌های بهبود و بازسازی محصول، سبب شده است بسیاری از شرکت‌های مهم بر اجرای فعالیت‌هایی چون جمع‌آوری، بهبود، بازسازی و یا بازیافت محصولاتی که در انتهای زنجیره‌تامین سنتی و در پایان عمر مفید خود قرار دارند، تمرکز نموده و در این زمینه موفقیت‌های قابل توجهی به دست آورند [۳,۴]. بهبود محصول نیاز به مواد دسته اول، مصرف انرژی و فضای لازم برای دفع محصولات را کاهش می‌دهد. بنابراین از دیدگاه تجاری، این سیستم‌ها سهم قابل توجهی در افزایش سودآوری سازمان دارند [۵]. این مجموعه مسائل موجب توجه به جریان معکوس در زنجیره و توسعه‌ی محدوده‌ی فعالیت‌های مدیریت زنجیره‌تامین شده‌اند. به‌عبارتی امروزه باور مشترک یک زنجیره‌تامین که داشتن یک ساختار ساده و هموار[1] مرتبط با حرکات محصولات از نقطه مبدا به نقطه مصرف است، با توجه به روابط استواری در حال تغییر به زنجیره بسته است. طراحی استوار زنجیره‌تامین نیاز به درک بین رشته‌ای برای ترکیب اهداف اقتصادی، اهداف پایداری و محیط‌زیست زنجیره‌تامین دارد [۶]. مدیران زنجیره‌تامین، بازیافت و لجستیک‌ها در حالی که برای حفظ عملکرد مناسب زیست‌محیطی تلاش می‌کنند، به دنبال ابزاری برای اندازه‌گیری تلاش‌هایشان برای کاهش هزینه‌ها و نوآوری

[1] plainer

هستند.تلاش آن‌ها در زمینه فعالیت‌های بازیافت و تدارکات باعث شده شرکت ها برای بستن حلقه زنجیره‌تامین و تدابیر زنجیره‌تامین حلقه بسته[۲] تمرکز کنند. به همین دلیل،زنجیره‌تامین حلقه بسته که شامل هر دو منبع زنجیره‌تامین رو به جلو و زنجیره‌تامین معکوس می‌باشد، نقش گستردهای را در بیش از دو دهه گذشته ایفا کرده است[۷].

با توجه به اهمیت بررسی زنجیره‌تامین به صورت حلقه بسته، در این پایان‌نامه سعی شده شبکه زنجیره‌تامین مورد بررسی به صورت حلقه بسته در نظر گرفته شود که در بخش ۱-۲ این نوع زنجیره‌تامین و اهمیت آن بیشتر توضیح داده شده است.

۱-۲زنجیره‌تامین حلقه بسته

امروزه مدیریت زنجیره‌تامین[۳] توجه زیادی را به خود جلب کرده است. دو نوع زنجیره‌تامین وجود دارد: زنجیره‌تامین روبه‌جلو و معکوس. زنجیره‌تامین روبه‌جلو[۴] شامل مجموعه‌ی فعالیت‌های تبدیل مواد خام به محصولات نهایی است. مدیران سعی در بهبود عملکرد زنجیره عرضه رو به جلو در زمینه‌هایی از قبیل مدیریت تقاضا، تدارکات واجرای سفارش دارند. زنجیره‌تامین معکوس[۵] به‌عنوان فعالیت‌های جمع‌آوری و بهبود محصولات بازگشتی در مدیریت زنجیره‌تامین تعریف شده‌است. یکپارچه‌سازی زنجیره‌تامین روبه‌جلو و زنجیره‌تامین معکوس، یک زنجیره‌تامین حلقه بسته را نتیجه می‌دهد. به‌عبارت دیگر، هر دو کانال روبه‌جلو و معکوس در شبکه‌های زنجیره‌تامین حلقه بسته وجود دارند [۸]. در شرایط اولیه، زنجیره‌تامین روبه‌جلو جنبش و حرکت مواد و محصولات از تامین کنندگان بالادست به مشتریان پایین‌دست را درنظر می‌گیرد، درحالی‌که زنجیره‌تامین معکوس جنبش و حرکت مواد و محصولات استفاده شده یا فروخته نشده بالادست را از مشتریان درنظر می‌گیرد و به منظور امکان بازیا فت و استفاده مجدد به پایین زنجیره‌تامین برمی‌گرداند. پیکربندی مجدد شبکه‌های زنجیره‌تامین روبه‌جلو و معکوس، اثر شدیدی بر عملکرد یکدیگرمی-

[2]Closed Loop Supply Chain
[3]SCM
[4]FSC
[5]RSC

گذارند. ازاین‌رو، برای اطمینان از بهینگی طراحی شبکه‌های جلو و عقب، و همچنین به‌منظور جلوگیری از دلایل زیربهینگی ناشی از طراحی جدا، ساختار این دو نوع از شبکه‌ها باید به‌صورت هم‌زمان مورد توجه قرارگیرد. توسعه یک زنجیره‌تامین حلقه بسته می‌تواند در بهبود عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی شرکت‌ها قابل استفاده و سودمند باشد [۷].

بهینه نمودن عملکرد این زنجیره‌تامین توسعه یافته، مستلزم ایجاد زیر ساخت‌های کارا و اثربخش از طریق طراحی شبکه بهینه است. به همین دلیل، طراحی شبکه برای بهبود محصول در دهه گذشته توجه محققان بسیاری را به خود جلب نموده است [۲].

۱-۳ طراحی شبکه زنجیره‌تامین

طراحی شبکه از جمله تصمیمات استراتژیک مهم در زنجیره‌تامین است. به طور کلی، تصمیمات طراحی شبکه لجستیک شامل تعیین تعداد، مکان و ظرفیت تسهیلات و میزان جریان بین این تسهیلات است[۱].

در دهه‌های اخیر، بسیاری از شرکت‌ها مانند کداک، زیراکس و اچ‌پی بر بازسازی و بهبود فعالیت‌ها تمرکز کرده‌اند و موفقیت‌های قابل توجهی در این زمینه به‌دست‌آورده‌اند [۹]. معاده و همکاران [۱۰] نیروهایی را که منجر به افزایش علاقه و سرمایه‌گذاری در زنجیره‌تامین معکوس می‌شوند را به دو گروه طبقه‌بندی کردند: عوامل محیطی و عوامل کسب‌وکار. گروه اول شامل محیط‌زیست و اثرات روانی استفاده از محصولات، قوانین زیست‌محیطی و رشد آگاهی‌های زیست‌محیطی مشتریان است. عوامل کسب‌وکار به منافع اقتصادی استفاده از محصولات بازگشت‌پذیر و سیاست‌های بازگشت لیبرال (جالب‌توجه) برای به‌دست‌آوردن رضایت مشتری بازمی‌گردد.

طراحی شبکه زنجیره‌تامین معکوس؛ تعیین تعداد، مکان و ظرفیت‌های مراکز جمع‌آوری، بهبود و دفع، موجودی‌های بافر (انباشته) در هر مکان و مقدار جریان بین هر جفت از تسهیلات را شامل می‌شود. طراحی و ایجاد شبکه‌های زنجیره‌تامین یک تصمیم استراتژیک است که برای چندین سال اثرخواهدداشت، که در طی آن پارامترهایی از محیط کسب‌وکار (به‌عنوان مثال تقاضای

مشتریان) ممکن است تغییرکنند [۱۱]. بنابراین، برخی از پارامترهای بحرانی ازجمله خواسته‌های مشتری، کاملا نامشخص هستند. از سوی دیگر، از آن‌جا که باز و بسته شدن تسهیلات بسیار گران است و زمان قابل توجهی طول می‌کشد، ایجاد تغییرات در تصمیم‌گیری محل تسهیلات با توجه به نوسانات پارامترها دریک زمان کوتاه غیرممکن است. بنابراین، زنجیره‌تامین باید با توجه به پارامترهای نامشخص استوار طراحی شده‌باشد. در غیر این‌صورت، تاثیر نوسانات پارامترها در طول زمان بزرگ‌تر از حد تصور خواهدبود [۱۲]. از طرفی تمام فعالیت‌ها و رخدادها در زنجیره‌های‌تامین حلقه بسته در معرض عدم قطعیت قابل توجهی هستند. این موضوع در جریان معکوس محصولات با توجه به طبیعت آن‌ها بیش از آن‌چه در جریان مستقیم زنجیره‌تامین نقش داشته باشد دارای اهمیت است. با توجه به مسائل ذکرشده، بررسی عدم قطعیت در زنجیره‌تامین حلقه بسته و بخصوص جهت طراحی شبکه این زنجیره‌تامین اهمیت زیادی دارد. بر این اساس بررسی عدم قطعیت و طراحی استوار دو مقوله‌ی مهم در طراحی شبکه‌های زنجیره‌تامین‌ها و بخصوص زنجیره‌تامین‌های حلقه بسته هستند که در بخش‌های بعد به بررسی آن‌ها پرداخته شده است [۷].

۱-۴ اهمیت بررسی عدم قطعیت

در دنیای واقعی مسائل بهینه‌سازی، بسیاری از داده‌های ورودی یا پارامترها از جمله تقاضا، منابع و هزینه همانند تابع هدف به صورت غیرقطعی فرض می‌شوند. این عدم قطعیت می‌تواند ناشی از در دسترس نبودن اطلاعات، کافی نبودن آن‌ها و یا اشتباه و خطا در تخمین پارامترها باشد [۱۳]. واضح است که تمام فعالیت‌ها و رخدادها در زنجیره‌های تامین حلقه بسته در معرض عدم قطعیت قابل توجهی هستند. عدم قطعیت درگیر در این زنجیره‌تامین‌ها را می‌توان به دو گروه اصلی طبقه-بندی کرد: (۱) محیطی و (۲) سیستمی. عدم قطعیت محیطی به عملکرد هر یک از اعضای زنجیره‌تامین شامل تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان، و غیره نسبت داده‌می‌شود. عدم قطعیت‌های سیستمی به فرآیندهای معمول در زنجیره‌تامین نسبت داده می‌شوند ازجمله: تولید، توزیع و غیره. عدم قطعیت فوق‌الذکر به‌صورت منفی بر کیفیت تصمیمات گرفته‌شده در سطوح استراتژیک،

تکنیکی و عملیاتی زنجیره‌تامین تاثیر می‌گذارد. با توجه به نکات اشاره شده و لزوم درنظرگرفتن عدم قطعیت در اتخاذ تصمیمات مختلف در شبکه زنجیره‌تامین، محققان، در طراحی شبکه‌های معکوس و حلقه بسته تلاش می‌کنند تا این دو جنبه عدم قطعیت را درنظر بگیرند و آن‌ها را با هم و با طراحی هماهنگ کنند تا بهتر ویژگی‌های عملی مشکلات دنیای واقعی را نشان دهند. که برای این‌منظور روش بهینه‌سازی پیشرفته مطلوب است [۷].

رویکردهای مختلف مقابله با عدم قطعیت:

شاخه تصمیم‌گیری تحت عدم قطعیت در دهه ۱۹۵۰ توسط دانتزیک معرفی شد [۱۴]. عدم قطعیت‌ها در یک مساله باید به شیوه‌ای نشان داده شوند که اثراتشان بر تصمیمات فعلی به صورت درستی به حساب آورده شوند، که این مساله خود موضوعی جالب و چالش برانگیز است [۱۵].رویکردهای مختلفی برای مقابله با عدم قطعیت در مسائل به کار رفته است. این رویکردها را می‌توان در چهار دسته طبقه‌بندی نمود. ساهینیدیس در مقاله خود به سه رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی (وی در زیر مجموعه‌های این رویکرد، برنامه‌ریزی تصادفی استوار را نیز معرفی نمود)، برنامه‌ریزی فازی و برنامه‌ریزی پویای تصادفی اشاره کرد. در برنامه‌ریزی تصادفی، پارامترهای مدل به عنوان متغیرهای تصادفی با تابع توزیع مشخص در نظر گرفته می‌شوند. در رویکرد برنامه‌ریزی فازی بعضی از اجزاء مدل به صورت اعداد فازی در نظر گرفته می‌شوند. در واقع در مورد اطلاعات مبهم، تئوری مجموعه‌های فازی و برنامه‌ریزی ریاضی فازی را می‌توان برای مقابله با بخش بزرگی از عدم قطعیت‌ها در موقعیت‌های واقعی زندگی به‌کار برد. برنامه‌ریزی پویای تصادفی نیز در واقع کاربرد متغیرهای تصادفی در برنامه‌ریزی پویاست [۱۶,۶].

چهارمین رویکرد و رویکردی که اخیرا در این زمینه مورد توجه محققان قرارگرفته است، بهینه‌سازی استوار است، که از مهم‌ترین ویژگی‌های این رویکرد عدم نیاز به دانستن تابع توزیع پارامترهای غیر قطعی است [۱۷].

۱-۵ اهمیت بهینه‌سازی استوار در طراحی شبکه

طراحی استوار زنجیره‌تامین نیاز بـه درک بـین رشـته‌ای بـرای ترکیـب اهـداف اقتصـادی، اهـداف پایداری و محیط‌زیست زنجیره‌تامین دارد. زنجیـره‌تـامین اسـتوار در یـک محـیط پویـا متشـکل از مجموعه اهداف زنجیره‌تامین، یک استراتژی کلی زنجیره‌تامین (که باید با تغییرات بـازار هماهنـگ شود) و یک سیستم ارزیابی عملکرد عمل می کند [۱۸]. بنابراین، این مسائل طراحی گاهی اوقـات بدلیل تناقضات، غیر قابل بیان بودن، پیچیدگی، نفوذ کردن و در بر داشتن اهداف چندگانه‌ی گنگ و سنجش ناپذیر سخت می‌شوند. با توجه به گسترده شدن محیط تصـمیم‌گیـری و هـزاران عنصـر مشخص یا نامشخص تصمیم‌گیری، مساله نسبت به قبل سخت‌تر شده است.

طراحی شبکه زنجیره‌تامین حلقه بسته شامل استقرار سیستم کارآمد و موثر برای جریان تمام مواد در زنجیره‌تامین با توجه به نگرانی‌های زیست‌محیطی و اجتماعی می‌باشد. بسته بودن زنجیره‌تامین را می توان از نظر بهره‌وری انرژی، طراحی‌ها بـا قابلیـت اسـتفاده مجـدد و قابلیـت بازیافـت بـرای محصولات بادوام و مواد کم‌اثر درنظر گرفت. در روش زیست محیطی، بسته بودن زنجیره‌تامین مـی تواند بوسیله بررسی میزان ضایعات اندازه گیری شود که شامل ترغیب و تشویق به استفاده از مـواد قابل بازیافت در طراحی محصولات، جعبه ها و طبقات قابل استفاده مجدد، و سوخت کارآمد بـرای حمل‌ونقل گزینه‌های جایگزین است.

مطالعات طراحی شبکه زنجیره‌تامین حلقه بسته به طور کلی به بررسی بهترین مجموعه موجـودی، حمل و نقل و تصمیمات تولید می‌پردازد درحالی‌که به دنبال راه‌های کاهش مقدار منابع مورد نیـاز برای تولید، مصرف و دفع است. بنابراین پیچیدگی مساله محیط‌زیست زمانی بیشـتر مـی‌شـود کـه تعادل بین عناصر سود و پایداری در نظر گرفته می شود. در این زمینه گروهـی از محققـان تاکیـد کردند که زنجیره‌های تامین حلقه بسته طراحی شده‌اند که مسئولیت رسیدگی به فرآیندهای مورد نیاز برای بازگشت محصول، علاوه بر فرآیندهای سنتی روبه‌جلو را بر عهده گیرند. بنابراین CLSC یک چارچوب یکپارچه شامل هر دو زنجیره‌تامین معکوس و روبه‌جلو می‌باشد و دانستن ایـن نکتـه که چه چیز موجب طراحی استوار زنجیره‌تامین حلقه بسته خواهد شد، ضروری است.

در زندگی واقعی، شرکت کنندگان در یک زنجیره‌تامین فعالیت خود را در یک محیط نامطمئن اجرا می‌کنند. زنجیره‌های تامین عموما در شرایط مختلف پیش آمده توسط انواع مختلفی از عدم اطمینان در انواع مختلفی از منابع و روابط پیچیده میان سازمان‌های مختلف در زنجیره‌تامین، عمل می‌کنند. در نگاه استراتژیک نیاز به بررسی عدم قطعیت در زنجیره‌تامین برای طراحی مدل شبکه زنجیره‌تامین، ضروری است. قبل از هر چیز در نظر گرفتن ترکیب عدم قطعیت‌ها در مدلسازی و بهینه‌سازی زنجیره‌تامین، تعیین نمایش (جایگزین) مناسبی از پارامترهای عدم قطعیت است [۶].

امروزه برنامه‌ریزی تصادفی به عنوان یک ابزار مدلسازی قدرتمند، زمانی که توصیف احتمالی صحیحی از متغیرهای تصادفی در دست باشد، شناخته شده است. با این حال در بسیاری از برنامه‌های کاربردی در جهان واقعی، تصمیم‌گیرنده چنین اطلاعاتی را در دست ندارد [۱۷]. هنگامی که داده‌های ناشناخته به‌صورت تصادفی درنظر گرفته شوند، ممکن است مشخص کردن توزیع داده‌های قابل اعتماد، به‌خصوص در مورد مقیاس‌های بزرگ، دشوار باشد. درواقع، این واقعیت است که داده‌های تصادفی کمک نمی‌کنند مگر این‌که ما دانش توزیع زیرین آن‌ها را داشته باشیم [۱۲]. برای مثال وقتی تصمیم‌گیرنده به ارزیابی تقاضای مشتری برای یک محصول می‌پردازد (کمبود داده‌های تاریخی برای موارد جدید از چالش‌های آشکار برای برآورد احتمالات است، اما حتی خطوط تولیدی که به خوبی برآورد شده باشند، می‌توانند به علت ورود یک رقیب یا تبلیغات منفی در بازار با تغییرات ناگهانی در تقاضا مواجه شوند.). بهینه‌سازی استوار نتیجه تلاشی است که محققان در دهه‌های اخیر برای رفع این مشکل برنامه‌ریزی تصادفی انجام داده‌اند. در واقع یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های بهینه‌سازی استوار عدم نیاز این رویکرد به دانستن تابع توزیع پارامترهای غیرقطعی است [۱۷].

از این رو بهینه‌سازی استوار زمانی که توزیع داده‌ها در دست نباشد نسبت به روش‌های تصادفی برتری دارد. از طرفی نتایج نشان داده است که استراتژی استوار در مسائل بزرگ و همچنین زمانی

که عدم قطعیت‌ها بزرگ باشند، عملکرد بهتری دارد [۱۲].

۱-۶ اهمیت بررسی توابع چند هدفه در شبکه‌های زنجیره‌تامین حلقه بسته:

مدل برنامه‌ریزی خطی کلاسیک، یک تابع هدف خطی را با محدودیت‌های خطی در نظر میگرد. در عمل، بسیاری از مدل‌ها با محدودیت‌های خطی، ممکن است بیش از یک تابع هدف آن هم با ماهیت‌های متناقض را شامل شوند. چنین مسائلی به عنوان مسائل برنامه‌ریزی‌خطی‌چندهدفه[۶] شناخته شده‌اند [۱۹]. در واقع عملی‌ترین مسائل تصمیم‌گیری شامل اهداف چندگانه‌ای هستند که ، عملکرد فنی و اقتصادی و نیازمندی‌های اجتماعی را نشان می دهند. این اهداف اغلب در زندگی واقعی متناقض، گنگ و مبهم هستند. علاوه بر این، به دست آوردن داده‌های دقیق برای پارامترهای مدل ممکن است همیشه در اکثر موارد ممکن نباشد. مسائل طراحی شبکه زنجیره‌تامین حلقه بسته غالبا چند هدفه، با پیچیدگی بالا و جزء مسائل NP-hard هستند. با توجه به وجود اهداف متناقض، این مسائل به رویکردهای چند هدفه بیش از رویکردهای تک هدفه نیازمندند [۶].

هدف اصلی یک مساله برنامه‌ریزی خطی چند هدفه بهینه کردن k تابع هدف خطی مختلف با توجه به یک مجموعه از محدودیت‌های خطی است ($k \geq 2$). در مساله برنامه‌ریزی خطی چند هدفه، به خاطر ماهیت متناقض توابع هدف، در این مسائل مفهوم بهینگی جای خود را به مفهوم کارایی داده است [۱۹].

۱-۶-۱- رویکردهای مختلف حل مسائل چند هدفه

همانطور که قبلا گفته شد در مسائل طراحی واقعی معمولا اهداف متناقضی وجود دارند. بنابراین طبیعی است که این نوع مسائل را به عنوان مسائل بهینه‌سازی چند هدفه[۷] به حساب آوریم. به خاطر وجود مسائل بهینه‌سازی بسیاری که طبیعت چند هدفه دارند، روش‌های در دسترس

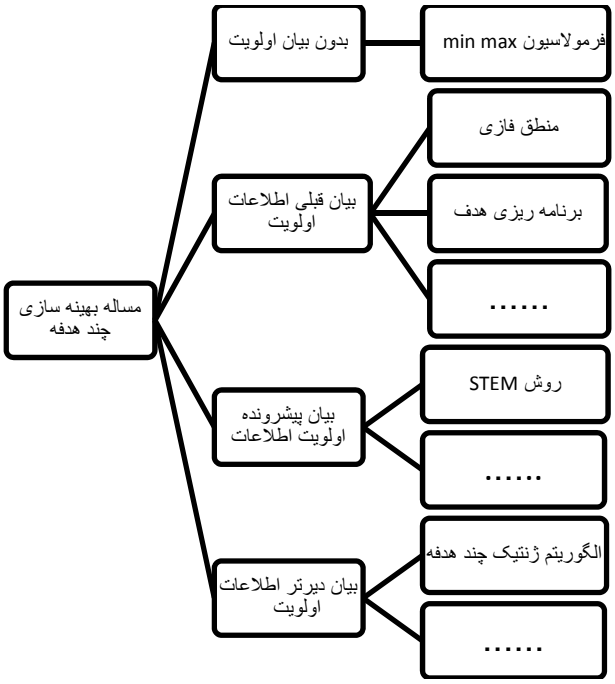
[6] Multi Objective Linear Programming (MOLP)
[7] Multi Objective Optimization Problem = MOOP

بسیاری برای حل این مسائل وجود دارد. به طور کلی چهار راه مختلف برای حل این مسائل وجـود دارد که برگزیدن آن‌ها وابسته به این است که تصمیم‌گیرنده اولویت‌هایش نسبت به اهداف مختلف را چه زمانی در مقایسه با بکارگیری روش بهینه‌سازی اتخاذ کند، از جمله مشخص کـردن اولویـت اهداف، هرگز، قبل، در طی و یا بعد از روش بهینه‌سازی. این احتمالات مختلف در شکل ۱-۱ آمده است. رایج‌ترین روش انجام بهینه‌سازی چنـد هدفـه، اسـتفاده از نظـرات تصـمیم‌گیرنـده در مـورد اطلاعات اولویت قبل از بهینه‌سازی است. این بدین معنی است که قبل از بهینه‌سازی واقعی، توافق می‌شود که چگونه اهداف مختلف به صورت شایسته‌ای به یک شکل واحد تبدیل شوند. این کـار را به روش‌های مختلفی می‌توان انجام داد، که برخی از آن‌ها را در طبقه دوم از شـکل ۱-۱ مشـاهده می‌کنید. از جمله منطق فازی که در این پایان‌نامه برای حل مساله چند هدفه از آن استفاده شـده است [۱۹].

۱-۶-۲- اهمیت برنامه‌ریزی فازی

در بالا انواع رویکردهای مختلف حل مدل های برنامه ریزی خطی چند هدفه پیشنهاد شد. پیش از این متذکر شدیم که رایج‌ترین روش‌ها، روش‌هایی هستند که اطلاعات تصـمیم‌گیرنـده را پـیش از انجام بهینه‌سازی اخذ می‌کنند. روش‌هـای زیـادی در ایـن گـروه قـرار مـی‌گیرنـد، در میـان آنهـا رویکردهای برنامه ریزی فازی[۸] به طور گسترده ای اسـتفاده مـی شـوند. ایـن اسـتفاده گسـترده از FPA ها، به خصوص در سال های اخیر با توجـه بـه ایـن واقعیـت اسـت کـه FPA هـا قـادر بـه اندازه‌گیری مستقیم سطح هر تابع هدف هستند [۷]. بنابراین در این پـژوهش بـرای تبـدیل مـدل چند هدفه به یک هدفه و بنابراین حل مساله از برنامه‌ریزی فازی استفاده می‌شود.

[8] FPAs



شکل۱- ۱- طبقه‌بندی برخی روش‌ها برای بهینه‌سازی چند هدفه

۱-۷ هدف تحقیق

در این پژوهش یک زنجیره‌تامین حلقه بسته دو هدفه چند سطحی- چند محصولی با عدم قطعیت در هزینه‌ها، تقاضا و بازگشتی‌ها در نظر گرفته شده است. هدف از پژوهش حاضر ارائه یک جواب بهینه استوار برای مساله طراحی چنین زنجیره‌تامینی می‌باشد. به عبارتی پاسخ به این سوال‌ها که: چندتا و کدام کارخانه‌ها و مراکز جمع‌آوری و مراکز توزیع مجدد باید باز باشند؟ کدام محصولات و چه مقدار از آنها باید در کارخانه ها یا مراکز جمع‌آوری یا مراکز توزیع مجدد ذخیره شوند؟

۱-۸ نوآوری‌های تحقیق

برخی از نویسندگان مدل‌های محل تسهیلات یا به عبارتی طراحی شبکه را برای شبکه‌های زنجیره‌تامین حلقه بسته مورد بررسی قرار داده‌اند [۷, ۸, ۱۲]. هدف از این مدل‌ها تعیین متغیرهای تصمیم هر دو کانال رو به جلو و معکوس است. در این مدل‌ها به حداقل رساندن هزینه کل به عنوان تابع هدف اصلی در نظر گرفته شده است. اما تنها اقلیتی از نویسندگان علاوه برهزینه کل، هدف یا اهداف دیگری را در نظر گرفته‌اند (مانند [۷]). از طرفی یکی از اهداف در نظر گرفتن

زنجیره‌تامین حلقه بسته، رعایت قوانین زیست محیطی است که از سوی دولت و مشتری‌ها به سازمان‌ها تحمیل می‌شود. به همین جهت در نظر گرفتن یک تابع هدف زیست محیطی امری ضروری به نظر می‌رسد و این در حالی است که تعداد بسیار کمی از محققان این موضوع را در تحقیقاتشان لحاظ کرده‌اند (مانند[۷]). بنابراین در این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی دو هدفه با یک تابع هدف مینیمم هزینه کل و یک تابع هدف زیست محیطی توسعه داده شده است.

به طور کلی نوآوری‌های اصلی این پژوهش به شرح زیر است:

طراحی و مدلسازی یک شبکه قابل اعتماد جدید برای محل تسهیلات برای یکپارچه‌سازی هر دو تصمیمات استراتژیک و تاکتیکی در CLSC.

ارائه مدل استواری که منابع مختلف موثر بر عدم قطعیت زنجیره‌تامین حلقه بسته را به‌طور مشترک با توجه به در دسترس نبودن و یا ناقص بودن و طبیعت مبهم داده‌ها بکار می‌گیرد، از جمله در نظر گرفتن بازگشتی‌ها، تقاضا و هزینه‌ها بصورت عدم قطعیت.

ارائه یک روش حل ترکیبی کارآمد با ترکیب تعدادی از رویکردهای حل کارآمد از ادبیات اخیر، یعنی رویکرد بهینه‌سازی استوار و برنامه‌ریزی چند هدفه فازی، برای حل مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح-مختلط دو هدفه پیشنهادی.

پیشنهاد ساختار جدید جامع که شامل درنظر گرفتن همزمان همه فعالیت‌های روبه‌جلو و معکوس لجستیک‌ها که برای صنایع مختلف قابل اجرا هستند.

در نظر گرفتن یک تابع هدف زیست‌محیطی در مساله طراحی زنجیره‌تامین حلقه بسته

۱-۹ ساختار تحقیق

این پایان‌نامه در قالب پنج فصل تنظیم شده است که ساختار ادامه آن بصورت زیر خواهد بود:

در فصل دوم سیر تاریخی مساله و موضوعات مرتبط برای توسعه یا حل مساله و کارهای مهم صورت گرفته و خصوصا کارهای اخیر در این زمینه‌ها ذکر و در پایان خلاصه‌ای از کارهای صورت گرفته در مجموع زمینه‌های مذکور ارائه شده است.در این فصل ابتدا به موضوع طراحی شبکه