

اللهم اغفر لي ولوالدي ولجميع المسلمين
اللهم اغفر لي ولوالدي ولجميع المسلمين
اللهم اغفر لي ولوالدي ولجميع المسلمين



دانشگاه شاهد

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی صنایع گرایش صنایع

طراحی و بهینه‌سازی چند هدفه شبکه زنجیره تأمین سبز تحت شرایط عدم قطعیت

استاد راهنما:

دکتر راشد صحرائیان

نام دانشجو

علی احمدی

زمستان ۱۳۹۲

صفحه صور تجلسه



اظهار نامه دانشجو

شماره:

تاریخ:

اینجناب علی احمدی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع دانشکده فنی مهندسی دانشگاه شاهد، گواهی می دهد که پایان نامه تدوین شده حاضر با عنوان؛ "طراحی و بهینه سازی چند هدفه شبکه زنجیره تأمین سبز تحت شرایط عدم قطعیت" به راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر راشد صحرائیان، توسط شخص اینجناب انجام و صحت و اصالت مطالب تدوین شده در آن، مورد تأیید است و چنان چه هر زمان، دانشگاه کسب اطلاع کند که گزارش پایان نامه حاضر صحت و اصالت لازم را نداشته، دانشگاه حق دارد، مدرک تحصیلی اینجناب را مسترد و ابطال نماید هم چنین اعلام می دارد در صورت بهره گیری از منابع مختلف شامل؛ گزارش های تحقیقاتی، رساله، پایان نامه، کتاب، مقالات تخصصی و غیره، به منبع مورد استفاده و پدید آورنده آن به طور دقیق ارجاع داده شده و نیز مطالب مندرج در پایان نامه حاضر تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجناب و یا سایر افراد به هیچ کجا ارایه نشده است. در تدوین متن پایان نامه حاضر، چارچوب (فرمت) مصوب تدوین گزارش های پژوهشی تحصیلات تکمیلی دانشگاه شاهد به طور کامل مراعات شده و نهایتاً این که، کلیه حقوق مادی ناشی از گزارش پایان نامه حاضر، متعلق به دانشگاه شاهد می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو(دست نویس):.....

امضاء دانشجو:

تاریخ:

تقدیم به:

پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی ایستادگی را تجربه نمایم،

و مادرم دریای سیکران فداکاری و عشق، که وجودم برایش همه رنج بود و

وجودش برایم همه مهر

و همه شهدای ایران زمین، آنان که از همه هستی‌شان گذشتند و رفتند

از دست و زبان که برآید
کز عهده شکرش به درآید

از استاد راهنمای فرزانه و ارجمندم جناب آقای دکتر صحرائیان بسیار سپاسگزارم که با
راهنمودهای دلسوزانه و حکم بی دریغشان پی‌مودن مسیر را برایم آسان نمودند.

چکیده

امروزه بسیاری از کشورها توجه فزاینده‌ای به حفاظت از محیط زیست و اعمال قوانین زیست محیطی دارند. از این رو صاحبان صنایع و تولیدکنندگان بیش از پیش به طراحی و توسعه زنجیره تأمین با در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی روی آورده‌اند. در این پایان‌نامه یک شبکه لجستیکی یکپارچه مستقیم/معکوس با در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی مدل‌سازی و ارائه می‌شود. این مدل با یکپارچه‌سازی فرآیندهای رو به جلو و بازگشتی از زیربهدینگی ناشی از طراحی جداگانه شبکه زنجیره تأمین جلوگیری می‌کند. همچنین در طراحی این زنجیره تأمین سبز¹ تصمیمات تاکتیکی (مانند انتخاب تکنولوژی تولید و نوع وسیله حمل‌ونقل) با تصمیمات استراتژیک (مانند مکان‌یابی تسهیلات) ادغام می‌شود. جریان رفت محصولات شامل مراکز تولید، توزیع و منطقه‌های مشتریان است همچنین محصولات بازگشتی بعد از جمع‌آوری از منطقه‌های مشتریان به مراکز بازیافت و یا انهدام فرستاده می‌شوند. در مدل پیشنهادی دو تابع هدف به طور همزمان و تحت شرایط عدم قطعیت پارامترها بهینه‌سازی می‌شود. تابع هدف اول هزینه کل و تابع هدف دوم اثرات زیست محیطی کل را کمینه‌سازی می‌نماید. برای اندازه‌گیری و ارزیابی میزان اثرات زیست محیطی هر یک از فعالیت‌های زنجیره تأمین از روشی مبتنی بر ارزیابی چرخه حیات استفاده می‌شود. به منظور حل مدل به دلیل مواجهه با پارامترهای غیر قطعی ابتدا مدل پیشنهادی با رویکردی فازی به مدل قطعی معادل تبدیل می‌شود. سپس با رویکردی تعاملی از روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی² به منظور بهینه‌سازی مدل چند-هدفه استفاده می‌شود. جهت اعتبارسنجی و نمایش کارایی مدل پیشنهادی، یک مثال با پارامترهای فرضی ارائه شده و در ادامه با تحلیل حساسیت و در نظر گرفتن ترجیحات تصمیم‌گیرنده، الگوریتم حل پیشنهادی مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج حاصل شده کارا بودن الگوریتم بهینه‌سازی را در حل مدل تأیید می‌نماید.

کلید واژه: زنجیره تأمین سبز، طراحی شبکه زنجیره تأمین، بهینه‌سازی چند-هدفه، عدم قطعیت، برنامه‌ریزی آرمانی فازی.

¹ Green supply chain

² Fuzzy goal programming

فهرست مطالب

| عنوان | صفحه |
|--|------|
| فصل ۱- کلیات | ۱ |
| ۱-۱- مقدمه | ۱ |
| ۲-۱- ضرورت انجام تحقیق | ۲ |
| ۳-۱- اهداف عمده تحقیق | ۳ |
| ۴-۱- سوالات اصلی تحقیق | ۳ |
| ۵-۱- کاربردهای تحقیق | ۴ |
| ۶-۱- روشهای گردآوری اطلاعات | ۴ |
| ۷-۱- نحوه تجزیه و تحلیل اطلاعات | ۴ |
| ۸-۱- نوآوری‌های تحقیق | ۴ |
| ۹-۱- ساختار پایان نامه | ۵ |
| فصل ۲- مرور ادبیات | ۶ |
| ۱-۲- مقدمه | ۶ |
| ۲-۲- زنجیره تأمین | ۷ |
| ۳-۲- مدیریت زنجیره تأمین | ۹ |
| ۴-۲- طراحی شبکه زنجیره تأمین | ۹ |
| ۱-۴-۲- ساختار شبکه و لایه تسهیلات | ۱۱ |
| ۲-۴-۲- پارامترهای قطعی / نامعلوم | ۱۲ |
| ۳-۴-۲- تک دوره‌ای / چند دوره‌ای | ۱۲ |
| ۴-۴-۲- تک محصولی / چند محصولی | ۱۳ |
| ۵-۴-۲- توسعه ظرفیت | ۱۳ |
| ۶-۴-۲- موجودی | ۱۳ |
| ۷-۴-۲- تهیه و تدارکات | ۱۴ |
| ۸-۴-۲- مسیریابی | ۱۴ |
| ۹-۴-۲- نوع حمل و نقل | ۱۴ |
| ۱۰-۴-۲- جنبه‌های مالی | ۱۴ |
| ۱۱-۴-۲- مکان‌یابی چندگانه | ۱۵ |
| ۱۲-۴-۲- قابلیت اطمینان | ۱۵ |
| ۵-۲- زنجیره‌های تأمین سبز | ۱۵ |
| ۱-۵-۲- محرک سازمان‌ها به سمت پذیرش مدیریت زنجیره تأمین سبز | ۱۷ |
| ۶-۲- مرور مقالات | ۱۸ |
| ۱-۶-۲- شبکه‌های معکوس | ۱۸ |

- ۲-۶-۲ شبکه‌های حلقه-بسته و یکپارچه مستقیم/ معکوس..... ۲۰
- ۳-۶-۲ رویکرد عدم قطعیت..... ۲۳
- ۴-۶-۲ شبکه‌های لجستیکی سبز..... ۲۶
- ۷-۲ نتیجه‌گیری و کشف خلأهای تحقیقاتی ۲۷

فصل ۳- ارائه مدل پیشنهادی..... ۳۰

- ۱-۳ مقدمه ۳۰
- ۲-۳ شرح مدل پیشنهادی ۳۱
- ۳-۳ فرض‌های مدل ۳۳
- 3-4 اثرات زیست محیطی ۳۴
- ۱-۴-۳ ارزیابی چرخه حیات..... ۳۵
- ۲-۴-۳ روش Eco-indicator 99..... ۳۶
- ۵-۳ خروجی‌های مدل ۳۹
- ۶-۳ فرمول بندی مدل ۴۰
- ۱-۶-۳ اندیسها ۴۰
- ۲-۶-۳ پارامترها ۴۰
- ۳-۶-۳ متغیرهای تصمیم..... ۴۱
- ۴-۶-۳ توابع هدف ۴۲
- ۵-۶-۳ محدودیت‌های مدل..... ۴۲
- ۷-۳ روش حل پیشنهادی ۴۴
- ۱-۷-۳ مدل قطعی معادل..... ۴۵
- ۲-۷-۳ بهینه‌سازی چند-هدفه مدل..... ۴۹

فصل ۴- ارائه مثال عددی، تحلیل حساسیت و بررسی نتایج..... ۵۶

- ۱-۴ مثال عددی ۵۶
- ۲-۴ نتایج و تحلیل حساسیت ۶۴
- ۱-۲-۴ نتایج الگوریتم در حالت $\alpha = 1$ ۶۴
- ۲-۲-۴ نتایج الگوریتم در حالت $\alpha = 0.9$ ۶۸
- ۳-۲-۴ نتایج الگوریتم در حالت $\alpha = 0.8$ ۶۹
- ۴-۲-۴ نتایج الگوریتم در حالت $\alpha = 0.7$ ۷۰
- ۵-۲-۴ نتایج الگوریتم در حالت $\alpha = 0.6$ ۷۱

فصل ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای مطالعات آتی..... ۷۳

- ۱-۵ نتیجه‌گیری ۷۳
- ۲-۵ پیشنهادات برای مطالعات آتی ۷۳

فهرست مراجع ۷۳

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

| | |
|--|----|
| جدول ۱-۲: مقالات حوزه طراحی شبکه‌های لجستیکی سبز..... | ۲۹ |
| جدول ۱-۳: ماتریس بهره‌وری..... | ۵۱ |
| جدول ۱-۴: میزان تقاضا و نرخ بازگشت محصولات..... | ۵۶ |
| جدول ۲-۴: هزینه ثابت و ظرفیت مراکز تولید..... | ۵۷ |
| جدول ۳-۴: هزینه ثابت و ظرفیت مراکز جمع‌آوری/بازرسی..... | ۵۷ |
| جدول ۴-۴: ظرفیت مراکز توزیع..... | ۵۸ |
| جدول ۵-۴: ظرفیت مراکز بازیافت..... | ۵۸ |
| جدول ۶-۴: ظرفیت مراکز انهدام..... | ۵۸ |
| جدول ۷-۴: هزینه حمل‌ونقل از مرکز تولید به مرکز توزیع..... | ۵۸ |
| جدول ۸-۴: هزینه حمل‌ونقل از مرکز توزیع به منطقه مشتری..... | ۵۹ |
| جدول ۹-۴: هزینه حمل‌ونقل از منطقه مشتری به مرکز جمع‌آوری/بازرسی..... | ۵۹ |
| جدول ۱۰-۴: هزینه حمل‌ونقل از مرکز جمع‌آوری/بازرسی به مرکز بازیافت..... | ۶۰ |
| جدول ۱۱-۴: هزینه حمل‌ونقل از مرکز جمع‌آوری/بازرسی به مرکز انهدام..... | ۶۰ |
| جدول ۱۲-۴: اثرات زیست محیطی پردازش محصول در تسهیلات..... | ۶۱ |
| جدول ۱۳-۴: اثر زیست محیطی ارسال محصول از مرکز تولید به مرکز توزیع..... | ۶۱ |
| جدول ۱۴-۴: اثر زیست محیطی ارسال محصول از مرکز توزیع به منطقه مشتری..... | ۶۲ |
| جدول ۱۵-۴: اثر زیست محیطی ارسال محصول از منطقه مشتری به مرکز جمع‌آوری/بازرسی..... | ۶۲ |
| جدول ۱۶-۴: اثر زیست محیطی ارسال محصول از مرکز جمع‌آوری/بازرسی به مرکز بازیافت..... | ۶۳ |
| جدول ۱۷-۴: اثر زیست محیطی ارسال محصول از مرکز جمع‌آوری/بازرسی به مرکز انهدام..... | ۶۳ |
| جدول ۱۸-۴: خروجی الگوریتم در حالت $\alpha = 1$ | ۶۵ |

فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل ۳-۱: پیکربندی شبکه زنجیره تأمین سبز پیشنهادی ۳۲
- شکل ۳-۲: ساختار شبکه لجستیکی سبز پیشنهادی ۳۲
- شکل ۳-۳: توزیع امکانی عدد فازی مثلثی ۳۴
- شکل ۳-۴: چرخه حیات یک محصول ۳۵
- شکل ۳-۵: نمای کلی نرم‌افزار زیست محیطی ECO-it ۳۹
- شکل ۳-۶: روش حل مدل پیشنهادی ۴۴
- شکل ۳-۷: تابع عضویت اهداف فازی ۵۲
- شکل ۳-۸: فلوچارت الگوریتم بهینه‌سازی ۵۵
- شکل ۴-۱: جواب‌های الگوریتم در حالت $\alpha = 1$ ۶۶
- شکل ۴-۲: هزینه سبز کردن در حالت $\alpha = 1$ ۶۷
- شکل ۴-۳: جواب‌های الگوریتم در حالت $\alpha = 0.9$ ۶۸
- شکل ۴-۴: هزینه سبز کردن در حالت $\alpha = 0.9$ ۶۸
- شکل ۴-۵: جواب‌های الگوریتم در حالت $\alpha = 0.8$ ۶۹
- شکل ۴-۶: هزینه سبز کردن در حالت $\alpha = 0.8$ ۶۹
- شکل ۴-۷: جواب‌های الگوریتم در حالت $\alpha = 0.7$ ۷۰
- شکل ۴-۸: هزینه سبز کردن در حالت $\alpha = 0.7$ ۷۰
- شکل ۴-۹: جواب‌های الگوریتم در حالت $\alpha = 0.6$ ۷۱
- شکل ۴-۱۰: هزینه سبز کردن در حالت $\alpha = 0.6$ ۷۱

فصل ۱ - کلیات

۱-۱ - مقدمه

جهانی شدن اقتصاد و توسعه فناوری اطلاعات باعث گردیده بازار عرضه محور به بازار تقاضا محور تغییر یابد و سازمان ها برای حفظ و بقای خود به اهمیت ارضای نیاز مشتریان پی بردند. بر این اساس مدیریت زنجیره تأمین اهمیت پیدا کرد زیرا ارضای نیازها و علایق مشتریان نه فقط از سوی آخرین موجودیت متصل به مشتری یعنی محصول نهایی است بلکه از سوی سایر تأمین کنندگان بالا دست صورت می گیرد. در دیدگاه مرسوم و گذشته، مدیریت زنجیره تأمین شامل هدایت تمام اعضای زنجیره تأمین به صورت یکپارچه و هماهنگ با هدف بهبود عملکرد جهت ارتقا بهره وری و سود بیشتر بود و مدیران زنجیره تأمین به دنبال تحویل سریع تر کالا و خدمات، کاهش هزینه و افزایش کیفیت بودند اما بهبود عملکرد زیست محیطی زنجیره تأمین و اهمیت هزینه های اجتماعی و تخریب محیط زیست لحاظ نمی گردید. امروزه تضمین توسعه پایدار هر کشور منوط به حفظ و استفاده بهینه از منابع محدود و غیر قابل جایگزین در آن کشور شده است و اقدامات گوناگونی برای مواجهه با این مسأله از سوی دولت ها انجام گرفته است که از جمله آن ها اعمال قوانین و اصول سبز مانند استفاده از مواد سازگار با محیط زیست در مراکز تولیدی و صنعتی، کاهش استفاده از منابع انرژی فسیلی و نفتی، بازیابی کاغذها و استفاده مجدد ضایعات بر شرکت ها و سازمان های بخش دولتی و خصوصی است. تسری مقررات دولتی جهت اخذ استانداردهای زیست محیطی و تقاضای رو به رشد مصرف کنندگان برای عرضه محصولات سبز (بدون اثر مخرب بر محیط زیست) به زنجیره تأمین که تمام فعالیت های مرتبط با جریان کالا از مرحله ماده خام تا تحویل کالا به مصرف کنندگان نهایی را در بر می گیرد، موجب ظهور مفهوم جدید مدیریت زنجیره تأمین سبز (GSCM)^۱ شده است که در برگیرنده مراحل چرخه عمر محصول از طراحی تا بازیافت است.

امروزه مدیران زنجیره تأمین سبز در شرکت های پیش رو از طریق ایجاد مطلوبیت و رضایت مندی از منظر زیست محیطی در سراسر زنجیره تأمین می کوشند تا از لجستیک سبز و بهبود عملکرد محیطی خود در کل زنجیره تأمین به عنوان یک سلاح استراتژیک جهت کسب مزیت رقابتی پایدار سود ببرند و اهداف خود را براساس سه موضوع مهم: طراحی سبز^۲ (محصول)، تولید سبز^۳ (فرآیند) و بازیافت^۴ محصول پایه گذاری می کنند. در گذشته چرخه عمر محصول شامل فرآیند ها از فاز طراحی تا مصرف بود. در حالی که با رویکرد مدیریت محیط زیست، شامل فرآیند های تهیه مواد اولیه، طراحی، ساخت، استفاده و بازیافت و مصرف مجدد و تشکیل یک حلقه بسته از جریان مواد برای کاهش مصرف منابع و کاهش اثرات مخرب زیست محیطی است. اتخاذ استراتژی سرمایه گذاری در زمینه بهبود عملکرد زیست محیطی

^۱ Green supply chain management

^۲ Green design

^۳ Green operation

^۴ Recycling

زنجیره تأمین مزایا و منافع زیادی را مانند صرفه جویی در منابع انرژی، کاهش آلاینده ها، حذف یا کاهش ضایعات، ایجاد ارزش برای مشتریان و در نهایت ارتقای بهره وری را برای شرکت ها و سازمان به همراه خواهد داشت.

بسیاری از کشورها برنامه ریزی برای کاهش اثرات مخرب زیست محیطی را در دستور کار خویش قرار داده اند. به طور مثال چین در برنامه یازدهم توسعه ملی خود کاهش ۱۰٪ انتشار گاز دی اکسید کربن را در نظر گرفته است. همچنین بسیاری از کارخانه های تولیدی به زنجیره تأمین سبز روی آورده اند. به طور مثال شرکت IKEA به عنوان بزرگترین تولیدکننده لوازم منزل در دنیا، یک سیستم حمل و نقل با استفاده از قطار با تأکید بر سبز بودن فعالیت های حمل و نقل ایجاد کرده و توسعه داده است. شرکت های بزرگی نظیر HP و IBM نیز برای ایجاد تصویر مثبت در ذهن جامعه به سبز کردن فعالیت های خویش در زنجیره تأمین روی آورده اند.

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

برخلاف حوزه مدیریت زنجیره تأمین سبز، طراحی شبکه سبز^۱ مسأله تقریباً جدیدی است که توجه محققین را به خود جلب کرده است. در این زمینه یعنی طراحی شبکه های سبز زنجیره تأمین تحقیقات چندانی صورت نگرفته است. در این مسأله نیز همانند تمامی مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین کلاسیک باید تعداد، مکان، ظرفیت و نوع تسهیلات و همچنین میزان مرادوات بین تسهیلات موجود در شبکه تعیین شود. در این پژوهش یک شبکه زنجیره تأمین سبز طراحی شده است که ملاحظات زیست محیطی را علاوه بر ملاحظات اقتصادی در شبکه زنجیره تأمین در نظر می گیرد. فعالیت های حمل و نقل از جمله منابع مهم آلودگی هوا است. به همین دلیل فعالیت های حمل و نقل و طرق مختلف آن در این پژوهش مدنظر قرار گرفته است. برنامه های بازپس گیری و بازیافت محصولات از مشتری چندیست در برخی کشورها اجرایی می شود. مثلاً تجهیزات الکترونیکی در اتحادیه اروپا و ژاپن، اتومبیل در اتحادیه اروپا و تایوان و مواد به کار رفته در بسته بندی در آلمان. با توجه به این موضوع، امروزه جمع آوری محصولات بعد از استفاده و در مراحل بعدی بازیافت آن اهمیت بسیار بالایی دارد. در طراحی شبکه زنجیره تأمین این پژوهش علاوه بر شبکه لجستیکی مستقیم^۲ تولید و توزیع، در شبکه معکوس^۳ جمع-آوری و بازیافت محصولات نیز در نظر گرفته شده است. در حقیقت شبکه زنجیره تأمین سبز طراحی شده یک شبکه لجستیکی یکپارچه مستقیم/ معکوس (IFR)^۴ است. عدم قطعیت چالشی بزرگ در طراحی شبکه های زنجیره تأمین است. در این پژوهش با رویکردی جدید این موضوع وارد حوزه طراحی و مدل سازی شبکه زنجیره تأمین سبز شده است.

^۱ Green network design

^۲ Forward

^۳ Reverse

^۴ Integrated forward/ reverse

۱-۳- اهداف عمده تحقیق

همانطور که در بخش قبل ذکر شد هدف اصلی این تحقیق طراحی و مدل سازی یک شبکه زنجیره تأمین یکپارچه مستقیم/ معکوس با در نظر گرفتن ملاحظات زیست محیطی است. به صورت خلاصه اهداف این تحقیق عبارتند از:

- تأمین کامل تقاضا در منطقه‌های مشتریان^۱
- محاسبه و کمینه‌سازی اثرات زیست محیطی در کل زنجیره تأمین
- مکانیابی تسهیلات در شبکه زنجیره تأمین سبز
- محاسبه و کمینه‌سازی هزینه احداث تسهیلات و نیز هزینه حمل‌ونقل در کل شبکه
- اتخاذ تصمیمات سطح تاکتیکی مانند طریقه حمل‌ونقل بین تسهیلات و همچنین تکنولوژی به کار رفته در مراکز تولید
- تعیین مقدار جریان محصولات بین تسهیلات مختلف شبکه لجستیکی که شامل مراکز تولید، مراکز توزیع، منطقه‌های مشتریان، مراکز جمع‌آوری/ بازرسی، مراکز بازیافت و مراکز انهدام می‌شود
- طراحی شبکه لجستیک معکوس در جهت جمع‌آوری محصولات از منطقه‌های مشتریان
- بازیافت محصولات با احداث مراکز بازیافت به منظور کاهش اثرات زیست محیطی محصول پس از پایان چرخه حیات
- تعریف چرخه حیات^۲ محصول جهت ارزیابی اثرات زیست محیطی آن در کل شبکه زنجیره تأمین

۱-۴- سوالات اصلی تحقیق

سوالات اصلی که در این پژوهش باید به آن‌ها پاسخ داده شود عبارتند از:

- تاثیر اضافه کردن عوامل زیست محیطی در مکانیابی تسهیلات چیست؟
- بین تعداد تسهیلات و سبز بودن شبکه چه ارتباطی موجود است؟
- آیا میان عوامل زیست محیطی و ظرفیت تسهیلات رابطه‌ای وجود دارد؟
- آیا در بهینه‌سازی شبکه مدل شده در این پژوهش به جواب قطعی و بهینه می‌رسیم؟
- آیا شبکه‌های حلقه-بسته^۳ تاثیری در سبز بودن زنجیره تأمین دارند؟

¹ Customer zones

² life cycle

³ Closed-loop

در این پژوهش به کلیه سوالات فوق در فصول سوم و چهارم پاسخ داده می‌شود.

۱-۵- کاربردهای تحقیق

این پژوهش به طور کلی از نظر علمی و تحقیقاتی می‌تواند مورد استفاده دانشجویان و پژوهشگران حوزه زنجیره تأمین سبز قرار گیرد. همچنین می‌تواند مرجع مناسبی برای رویارویی با شرایط غیر قطعی و بهینه‌سازی در شرایط عدم قطعیت باشد.

از نظر عملی و کاربردی، امروزه در جهت افزایش مزیت رقابتی و کاهش آلاینده‌های زیست محیطی بسیاری از تولیدکنندگان به سمت زنجیره تأمین سبز در حال حرکت می‌باشند. این پژوهش می‌تواند الگوی مناسبی برای طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز در صنعت باشد.

۱-۶- روش‌های گردآوری اطلاعات

عمده‌ترین روش‌های گردآوری اطلاعات در این پژوهش عبارتند از:

- مطالعه کتب مرتبط در حوزه زنجیره تأمین
- مطالعه پایان‌نامه‌های دانشگاهی مرتبط با حوزه طراحی و بهینه‌سازی شبکه زنجیره تأمین
- مطالعه مقالات علمی مختلف خصوصاً مقالات ISI چاپ شده در حوزه لجستیک و زنجیره تأمین
- استفاده از تجربیات استاد راهنما و سایر محققان این حوزه تحقیقاتی

۱-۷- نحوه تجزیه و تحلیل اطلاعات

بهینه‌سازی، تحلیل حساسیت و محاسبات طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز پیشنهادی به وسیله نرم-افزار تحقیق در عملیات GAMS صورت گرفته است. همچنین برای محاسبه و ارزیابی اثرات زیست محیطی شبکه سبز از یک نرم‌افزار حوزه محیط زیست به نام ECO-it استفاده شده است.

۱-۸- نوآوری‌های تحقیق

نوآوری‌های این پژوهش عبارتند از:

- در نظر گرفتن عوامل زیست محیطی در شبکه زنجیره تأمین و طراحی یک شبکه سبز
- یکپارچه‌سازی جریان رفت و برگشت محصول و ایجاد شبکه یکپارچه مستقیم/ معکوس
- یکپارچه‌سازی تصمیمات استراتژیکی (مانند مکانیابی تسهیلات) با تصمیمات تاکتیکی (مانند تعیین طریقه حمل‌ونقل محصول و تعیین تکنولوژی تولید)
- وارد کردن عدم قطعیت در مدل‌سازی جهت نزدیک کردن هر چه بیشتر مدل به دنیای واقعی

- ارائه الگوریتم بهینه‌سازی برنامه‌ریزی آرمانی فازی تعاملی (IFGP)¹ برای حل مدل چند-هدفه

۱-۹- ساختار پایان‌نامه

ساختار پایان‌نامه بدین شکل است که در فصل دوم به مرور ادبیات در حوزه زنجیره تأمین و طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین و زنجیره‌های تأمین سبز پرداخته می‌شود. در پایان این فصل مقالات کلیدی تحلیل و خلأهای تحقیقاتی بیان می‌شود.

در فصل سوم مدل شبکه لجستیکی سبز پیشنهادی ارائه شده و ساختار آن تشریح می‌گردد. همچنین روش ارزیابی و محاسبه اثرات زیست محیطی کل شبکه زنجیره تأمین بیان می‌شود. در ادامه با توجه به وجود عدم قطعیت در پارامترهای مدل، رویکرد مهار عدم قطعیت تشریح و در پایان روش بهینه‌سازی مدل ارائه می‌گردد.

در فصل چهارم با ذکر یک مثال عددی عملکرد مدل زنجیره تأمین سبز پیشنهادی مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین با استفاده از روش بهینه‌سازی ارائه شده در فصل سوم رویکرد حل و بهینه‌سازی مدل تحلیل و نتایج آن ارائه می‌گردد.

فصل پنجم نیز به نتیجه‌گیری و بیان پیشنهادات برای مطالعات و تحقیقات آتی اختصاص می‌یابد.

¹ Interactive fuzzy goal programming

فصل ۲ - مرور ادبیات

۲-۱ - مقدمه

سازمان‌های جهانی همواره به دنبال دستیابی به مزیت رقابتی از طریق خلق نوآوری و روش‌های جدید هستند. برخی از این سازمان‌ها از طریق بهبود عملکرد زیست محیطی با رعایت قوانین و استانداردهای زیست محیطی، افزایش دانش مشتریان در این خصوص و کاهش اثرات منفی زیست محیطی در محصولات و خدمات خود مزیت رقابتی به دست می‌آورند. امروزه تضمین توسعه پایدار هر کشور منوط به حفظ و استفاده بهینه از منابع محدود و غیر قابل جایگزین در آن کشور است. اقدامات گوناگونی برای مواجهه با این مسأله از سوی دولت‌ها انجام گرفته است که از جمله‌ی آن‌ها استفاده از مواد خام سازگار با محیط زیست در مراکز تولیدی و صنعتی، کاهش استفاده از منابع انرژی فسیلی و نفتی و استفاده مجدد ضایعات است. تسریع قوانین و مقررات دولتی جهت اخذ استانداردهای زیست محیطی و تقاضای رو به رشد مصرف‌کنندگان برای عرضه‌ی محصولات سبز به زنجیره تأمین که تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان کالا از مرحله ماده خام تا تحویل کالا به مصرف‌کنندگان نهایی، به انضمام جریان اطلاعات در سرتاسر زنجیره را در بر می‌گیرد، موجب ظهور مفهوم جدید مدیریت زنجیره‌ی تأمین سبز در سال‌های اخیر شده است که در برگیرنده‌ی مراحل چرخه‌ی عمر محصول از طراحی تا بازیافت است. اتخاذ استراتژی سرمایه‌گذاری در زمینه بهبود عملکرد زیست محیطی زنجیره تأمین مزایا و منافع زیادی را مانند صرفه‌جویی در منابع انرژی، کاهش آلاینده‌ها، حذف یا کاهش ضایعات، ایجاد ارزش برای مشتریان و نهایتاً افزایش بهره‌وری برای سازمان‌های تولید و خدماتی به همراه خواهد داشت.

مدیریت لجستیک معکوس و زنجیره‌های تأمین یکپارچه مستقیم/ معکوس یا حلقه-بسته یکی از جنبه‌های مهم و حیاتی هر کسب‌وکاری بوده و متضمن ساخت، پخش خدمات و پشتیبانی از هر نوع محصولی است. قوانین دولتی جدید و قوانین سبز که اهرمی است برای بازگرداندن و از رده خارج کردن مواد زائد الکترونیکی و دیگر مواد خطرناک، مدیران و سطوح بالای مسئول در امور لجستیک فرآیندهای زنجیره تأمین را وادار می‌سازد نگاه نزدیک‌تری به فرآیند لجستیک معکوس بیندازند.

عوامل محرک شرکت‌ها برای رو آوردن به برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل لجستیک معکوس را می‌توان در سه دسته اصلی الزامات قانونی، حساسیت‌های محیط زیستی و سودآوری اقتصادی احصاء کرد. در قوانینی که به تازگی در کشورها به ویژه در اتحادیه اروپا به تصویب رسیده است، شرکت‌ها مسئول جمع‌آوری محصولات اسقاطی و برگشتی خود شناخته می‌شوند، زیرا در صورت عدم جمع‌آوری، احیا و بازیافت یا انهدام ایمن این محصولات، شرکت به دلیل تخطی از قوانین محیط زیست متضرر خواهد گشت [۱].

همگام با بالا رفتن آگاهی‌ها نسبت به محصولات دوستدار محیط‌زیست، نیاز به اجرای موثر لجستیک معکوس و هدایت و اداره ضایعات و مواد خطرناک روزبه‌روز افزایش یافته است تا بدین تربیت فاکتورهای تجاری و زیست‌محیطی باهم مرتبط گشته و در تصمیم‌گیری خرید مصرف‌کنندگان موثر واقع شوند.

تعریف لجستیک معکوس از منظر احترام به محیط‌زیست، بر بازگرداندن مواد و محصولات قابل احیا/بازیافت و قابلیت استفاده مجدد در زنجیره تأمین روبه جلو دلالت دارد. لذا لجستیک معکوس به منظور تکمیل چرخه زیست محیطی صنعتی، نظارت بر محصول، بالا بردن عمر مواد و محصولات و بستن چرخه عمر آنها ضروری است و از فعالیت‌هایی همچون بازیافت، تولید مجدد، احیا و بازسازی که می‌توانند در سطوح مختلف به کار روند، حمایت می‌نماید. به طور معمول، هدف اصلی لجستیک معکوس، طولانی‌تر نمودن چرخه عمر مواد و محصولات است که دارای مزایای زیست‌محیطی می‌باشند. می‌توان اذعان داشت که این تلاش‌ها، تنها دارای مزایای زیست محیطی نیستند، بلکه فرصت‌های اقتصادی و مالی مناسبی را نیز بر پایه اصل برنده-برنده ایجاد می‌نمایند.

از دیدگاه اقتصادی، شرکت‌ها می‌توانند از سود حاصل از احیا و بازیافت محصولات به طور مستقیم استفاده نمایند. در برخی از محصولات ایجاد خدمات تعمیر پس از فروش می‌تواند رضایت بیشتر مشتریان را فراهم آورد که بدین ترتیب به طور غیرمستقیم سود بیشتری برای شرکت کسب می‌گردد. در تجارت الکترونیک، لجستیک معکوس یک موضوع حیاتی است، زیرا خریداران از امکان بازگرداندن کالاهای درخواستی و جایگزینی آن با پول پرداختی یا کالای جایگزین اطمینان حاصل می‌کنند.

در این فصل ابتدا مروری بر مفاهیم زنجیره تأمین، مدیریت زنجیره تأمین، طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین و زنجیره‌های تأمین سبز خواهیم داشت. در ادامه با مقالات حوزه شبکه‌های معکوس شبکه‌های یکپارچه و رویکرد عدم قطعیت آشنا خواهیم شد. در انتها مقالات کلیدی حوزه مورد بررسی این پایان‌نامه یعنی طراحی شبکه‌های لجستیکی سبز مرور شده و به نتیجه‌گیری و شناسایی خلأهای تحقیقاتی این حوزه خواهیم پرداخت.

۲-۲- زنجیره تأمین

با گذر از دوره محصول‌گرایی به دوره بازارگرایی و دوره فراصنعتی، رقابت شرکت‌ها در جهت کسب سهم بالاتری از بازار موجود، پیچیده‌تر و فشرده‌تر گردید؛ که نتیجه آن محیطی پویا و پر تغییر بود. در این محیط رقابتی مشتریان در انتخاب فرآورده‌ها و خدمات دلخواه خود قدرت بیشتری یافتند. پاسخ سریع به نوسانات بازار، هم‌سو با نیازهای مشتری در جهت تأمین هرچه بهتر نیازهای او، به عنوان ابزار برتری یافتن نسبت به شرکت‌های دیگر محسوب می‌شود و سازمان در پی کسب این مزیت‌ها و پیشرو بودن در آنها است. [۲].

لزوم بیش از پیش کاهش هزینه‌ها از یک سو و بهبود فرآیندهای سازمان در جهت خواست و رضایت مشتری از سوی دیگر سبب گردید تا مفهوم زنجیره تأمین اهمیتی روز افزون کسب نماید و سازمان به دنبال گسترش این مفهوم در چهارچوب سازمانی خود برآید [۲].

زنجیره تأمین نتیجه کلی تکامل مدیریت انبارداری است. در دهه ۶۰ کارشناسان با مطالعه در زمینه رابطه داخلی بین انبارداری و حمل و نقل و نیز یکپارچه‌سازی آنها، قادر به کاهش موجودی خود شدند. حاصل این مطالعات، مدیریت توزیع نام گرفت. بعدها با اضافه شدن مباحث مدیریت ساخت، تدارکات و

سفارشات به مدیریت توزیع، مفهوم لجستیک پدید آمد. زنجیره تأمین نتیجه به هم پیوستن حلقه‌های عملیاتی مختلف است که در ابتدای آن عرضه‌کنندگان و در انتهای آن مشتریان قرار دارند [۲].

در دو دهه ۶۰ و ۷۰، رفتار بازار دارای ثبات نسبی گشت و تغییرات تقاضای مشتریان قابل پیش‌بینی و به صورت خطی شده بود. لذا پیش‌بینی آینده ممکن بود و بازار دارای حالت غیر اشباع بود و همه می‌توانستند در بازار حضور داشته باشند. رقابت میان سازمان‌ها بسیار کم یا متوسط بود. تفکر غالب در آن زمان تولید منسجم و هماهنگ، همراه با طراحی قوی در محصولات بوده است؛ و سازمان‌ها همواره در کسب و کار خود، افزایش تولید را به عنوان یک عامل رقابتی مهم مد نظر قرار می‌دادند [۲].

در دهه ۹۰ میلادی، به همراه بهبود در فرآیند تولید، مدیران به این نتیجه رسیدند که جهت کسب مزیت‌های رقابتی و جلب رضایت مشتریان خود، دیگر توجه به درون سازمان کافی نیست و باید برای ادامه حضور در بازار، تأمین‌کنندگان مواد و قطعات باید موادی با بهترین کیفیت و کمترین هزینه تولید کنند؛ و توزیع‌کنندگان محصولات نیز باید ارتباط نزدیکی با سیاست‌های توسعه بازار سازمان داشته و الگوهای جدید مصرف را شناخته و با انتقال آن‌ها به سازمان، سازمان را در جهت پاسخگویی هر چه بهتر به این نیازها یاری رسانند [۲].

از مهمترین ویژگی‌های این دهه از منظر رفتار بازار می‌توان به مواردی همچون ثبات و تکرار پذیری کم و تغییرات غیر قابل پیش‌بینی و غیر خطی در تقاضای مشتریان و غیر ممکن بودن پیش‌بینی آینده اشاره کرد. از منظر شیوه رقابت نیز می‌توان به مواردی همچون اشباع بودن بازار و رقابت سنگین و بدون حیطه‌بندی اشاره کرد [۲].

با چنین نگرشی مفاهیم زنجیره تأمین و به تبع آن مدیریت زنجیره تأمین پا به عرصه وجود نهادند؛ و سازمان‌ها با ایجاد این تحولات درصدد یک برنامه‌ریزی منسجم برای مدیریت این زنجیره برآمدند.

از مهمترین عوامل رویکرد سازمان‌ها به زنجیره تأمین می‌توان عوامل زیر را نام برد [۲]:

- بهبود در فرآیند تولید و کاهش هزینه‌ها.
- ایجاد احساس مسئولیت در تأمین‌کنندگان و توزیع‌کنندگان به عنوان شریانات اصلی سازمان در جهت جلب رضایت هرچه بیشتر مشتریان.
- ایجاد یک محیط پویا و پر تغییر و به تبع رقابتی شدن بازار.
- هماهنگ شدن با تأمین‌کنندگان و توزیع‌کنندگان جهت پاسخگویی سریع به خواسته‌های مشتریان [۲].

زنجیره تأمین شبکه‌ای است از شرکاء یا همکاران مستقلی که نه تنها کالا و خدمات مورد نیاز شبکه را عرضه می‌نمایند، بلکه سبب انگیزش تقاضا و تسهیل همزمان قابلیت‌ها و منابع کل شبکه و همچنین امکان ارتقاء سطح عملکرد رهبری بازار می‌گردند [۲].