بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده‌ی مهندسی صنایع و مدیریت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت کسب وکار

مدل‌سازی و حل مسئله زنجیره تأمین یکپارچه حلقه بسته چندمحصولی با در نظر گرفتن تعادل خط جداسازی قطعات

نگارنده : علی درخشان

استاد راهنما :

دکتر سید محمدحسن حسینی

استاد مشاور :

دکتر علی‌اکبر حسنی

بهمن ۱۳۹۵

این پایان نامه را ضمن تشکر و سپاس بیکران و در کمال افتخار و امتنان تقدیم می نمایم به:

محضر ارزشمند پدر و مادر عزیزم به خاطر همه ی تلاشهای محبت آمیز ی که در دوران مختلف زندگی ام انجام داده اند و بامهربانی چگونه زیستن را به من آموخته اند،

به اساتید فرزانه و فرهیخته ای که در راه کسب علم و معرفت مرا یاری نمودند ،

پروردگارا حسن عاقبت ، سلامت و سعادت را برای آنان مقدر نما.

تشکر و قدردانی

بر خود می‌دانم که از زحمات بی‌دریغ و راهنمایی‌های ارزشمند اساتید گرامی آقایان دکتر حسینی و دکتر حسنی در به انجام رساندن این پایان‌نامه تشکر و قدردانی نمایم.

تعهد نامه

اینجانب **علی درخشان** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مدیریت MBA** دانشکده **مهندسی صنایع و مدیریت** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **مدل‌سازی و حل مسئله زنجیره تأمین یکپارچه حلقه بسته چندمحصولی با در نظر گرفتن تعادل خط جداسازی قطعات** تحت راهنمائی **دکتر سید محمدحسن حسینی** و مشاوره **دکتر علی‌اکبر حسنی** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- **در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.**

تاریخ **امضای دانشجو**

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته و لجستیک معکوس در سال‌های اخیر با توجه به افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی، سخت‌تر شدن قوانین و همچنین سود تجاری فراوان آن توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. هدف اصلی این تحقیق توسعه‌ی مدلی برای طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته با قابلیت بازیافت محصول می‌باشد. یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط چندمحصولی با تابع هدف حداقل‌سازی هزینه ارائه شده است. این مدل به تقاضای بازار برای محصولات نهایی و قطعات یدکی به صورت همزمان پاسخگو می‌باشد و هزینه‌های حمل‌ونقل در زنجیره‌های رفت و برگشت، هزینه‌های خرید محصولات در قسمت مونتاژ، هزینه‌های نوسازی محصولات جمع‌آوری شده، هزینه‌های جمع‌آوری محصولات، هزینه‌های بازپرداخت به مشتری، هزینه‌های دفع و هزینه‌های ثابت ایستگاه‌های کاری جدا سازی قطعات را به حداقل می‌رساند. در مدل ارائه شده طراحی استراتژیک زنجیره‌ی تأمین همزمان با برنامه‌ریزی تاکتیکی عملیات آن شامل تولید، توزیع، بازپس‌گیری، بازیافت و استفاده‌ی مجدد، در نظر گرفته شده‌اند. مدل توسعه داده شده با استفاده از نرم افزار GAMS اجرا و در پایان نیز نتایج براساس حل چند مسئله نمونه، بررسی و تحلیل می شود.

کلید واژه: زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته، تعادل خط‌جداسازی قطعات، برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط

Contents

فصل اول: ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- بیان مسئله ۳

۱-۲-۱- زنجیره تأمین و بازیافت محصول ۴

۱-۲-۲- لجستیک معکوس و زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته ۶

۱-۲-۳- تعادل خط جدا سازی قطعات ۷

۱-۲-۴- تعریف مسئله مورد بررسی ۸

۱-۳- ضرورت تحقیق ۹

۱-۴- سوالات تحقیق ۱۱

۱-۵- هدف تحقیق ۱۱

۱-۶- مفروضات اصلی مسئله ۱۲

۱-۷- تکنیک حل و روش تحقیق ۱۳

۱-۸- ساختار پایان‌نامه ۱۷

۱-۹- جمع‌بندی ۱۷

۲- فصل دوم: ۱۹

۲-۱- مقدمه ۲۰

۲-۲- مبانی نظری ۲۰

۲-۲-۱- زنجیره تأمین ۲۰

۲-۲-۲- مدیریت زنجیره تأمین ۲۲

۲-۲-۳- اعضای زنجیرههای تأمین ۲۶

۲-۲-۴- سطوح اصلی تصمیمات زنجیره‌ی تأمین ۳۰

۲-۲-۵- لجستیک ۳۱

۲-۲-۶- زنجیره تأمین و لجستیک در صنایع مختلف ۳۲

۲-۲-۷- موانع توسعه لجستیک و مدیریت زنجیره‌های تأمین در کشور ۳۴

۲-۲-۸- اهمیت اقتصادی لجستیک ۳۵
۲-۲-۹- لجستیک معکوس و زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته ۳۶
۲-۲-۱۰- طراحی راهبردی زنجیره تأمین و لجستیک معکوس ۳۷
۲-۲-۱۱- دلایل استفاده از لجستیک معکوس ۳۹
۲-۲-۱۲- لجستیک معکوس و مراحل بهبود مستمر ۴۱
۲-۲-۱۳-شبکه و طراحی شبکه زنجیرهی تأمین ۴۵
۲-۲-۱۴- طراحی شبکه توزیع ۴۶
۲-۲-۱۵- تعادل خط جدا سازی قطعات ۴۷
۲-۳- پیشینه‌ی تحقیق ۴۹
۲-۳-۱- پیشینه‌ی تحقیق طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین ۴۹
۲-۳-۲- پیشینه‌ی تحقیق لجستیک معکوس و زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته ۵۵
۲-۳-۳- پیشینه‌ی تحقیق تعادل خط جداسازی قطعات در شبکه‌ی زنجیره تأمین حلقه بسته ۶۲
۲-۴- جمع بندی ۶۶
۳- فصل سوم: ۶۷
۳-۱- مقدمه ۶۸
۳-۲- شرح پارامترها و متغیرهای تصمیم مسئله ۶۹
۳-۲-۱- علائم ۷۰
۳-۲-۲- تابع هدف ۷۴
۳-۲-۳- محدودیت‌ها ۷۵
۳-۲-۴- محدودیت‌های ظرفیت و تقاضا ۷۵
۳-۲-۵- محدودیت‌های تعادلی ۷۶
۳-۲-۶- محدودیت‌های تعادل خط جداسازی قطعات ۷۷
۳-۲-۷- محدودیت‌های علامت و نوع متغیرها ۷۸

۳-۳- جمع‌بندی ۷۸

۴- فصل چهارم ۷۹

۴-۱- مقدمه ۸۰

۴-۲- شرح داده‌ها ۸۰

۴-۳- تحلیل حساسیت ۸۹

۴-۴- جمع‌بندی ۹۵

۵- فصل پنجم ۹۷

۵-۱- مقدمه ۹۸

۵-۲- خلاصه‌ی نتایج ۹۸

۵-۳- پیشنهادات ۹۹

۵-۳-۱- پیشنهادات کاربردی ۹۹

۵-۳-۲- پیشنهادات برای تحقیقات آتی ۱۰۰

فهرست جداول و اشکال

جدول ۲-۱: خلاصه‌ای از مرور ادبیات در حوزه طراحی شبکه زنجیره تأمین ۵۳
جدول ۲-۲: شرح عبارات اختصاری مربوط به جدول (۲-۱)..... ۵۴
جدول ۲-۳: خلاصه‌ای از مرور ادبیات لجستیک معکوس و شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته ۵۸
جدول ۲-۴: خلاصه‌ای از مرور ادبیات در مورد تعادل خط جداسازی قطعات در شبکه‌ی زنجیره تأمین حلقه بسته..... ۶۳
جدول ۴-۱: فواصل بین تسهیلات (کیلومتر)..... ۸۳
جدول ۴-۲: فواصل بین تسهیلات (کیلومتر)..... ۸۳
جدول ۴-۳: ظرفیت تأمین‌کنندگان و مراکز جداسازی برای قطعات محصول (تُن)..... ۸۴
جدول ۴-۴: ظرفیت تسهیلات و تقاضای مشتریان برای محصول نهایی (تُن)..... ۸۴
جدول ۴-۵: نتایج..... ۸۵
جدول ۴-۶: تعادل خط جداسازی بهینه..... ۸۵
جدول ۴-۷: ظرفیت تأمین‌کنندگان و مراکز جداسازی برای قطعات محصول (تُن)..... ۸۸
جدول ۴-۸: ظرفیت تسهیلات و تقاضای مشتریان برای محصول نهایی (تُن)..... ۸۸
جدول ۴-۹: نتایج..... ۸۹
جدول ۴-۱۰: تغییرات هزینه نسبت به تغییرات تقاضا..... ۸۹
جدول ۴-۱۱: تغییرات هزینه با توجه به تغییرات در نسبت هزینه خرید به نوسازی..... ۹۱
جدول ۴-۱۲: تغییرات هزینه نسبت به تغییرات در نرخ محصولات برگشتی..... ۹۲
جدول ۴-۱۳: تغییرات هزینه نسبت به تغییرات در ظرفیت مراکز جمع‌آوری و نوسازی..... ۹۴

شکل ۱-۱: نمای کلی مسئله مورد بررسی ۹
شکل ۲-۱: نمای زنجیره تأمین ساده مستقیم..... ۲۹
شکل ۳-۱: نمونه ای از مسئله مورد بررسی برای مثال عددی.....۶۹
شکل ۴-۱: چراغقوه و قطعات تشکیل دهندهاش (تانگ و همکاران، ۲۰۰۲) ۸۱
شکل ۴-۲: گراف جداسازی (تانگ و همکاران، ۲۰۰۲)..... ۸۲
شکل ۴-۳: محصول دوم و قطعات تشکیل دهندهاش..... ۸۷
شکل ۴-۴: نمودار تغییرات هزینه نسبت به تغییرات تقاضا..... ۹۰
شکل ۴-۵: نمودار تغییرات هزینه نسبت به تغییرات در نرخ هزینه خرید ۹۲
شکل ۴-۶: نمودار تغییرات هزینه نسبت به تغییرات در نرخ محصولات برگشتی ۹۳
شکل ۴-۷: نمودار تغییرات هزینه نسبت به تغییرات در ظرفیت مراکز جمعآوری و نوسازی ۹۵

۱- فصل اول:

کلیات

پژوهش

۱-۱- مقدمه

طی چند سال اخیر ظهور فناوری‌های نوین و ایجاد تحولات عظیم در بازارهای جهانی، مدیریت زنجیره تأمین را بیش از پیش ضروری ساخته است، به نحوی که سازمان‌های مختلف جهت ایجاد و حفظ موقعیت و جایگاه رقابتی خود، ناگزیر به استفاده از مدیریت زنجیره تأمین می‌باشند. انقلاب اطلاعاتی و ظهور شکل‌های جدید ارتباطات متقابل سازمانی و افزایش توقعات مشتریان در زمینه هزینه محصولات و خدمات، کیفیت، تحویل، تکنولوژی و زمان سیکل تعهد شده با توجه به رقابت فزاینده در بازارهای جهانی و مانند این‌ها، از جمله عواملی است که باعث ترک سیستم‌های سنتی خرید و تدارک و حرکت به سمت سیستم مدیریت زنجیره تأمین توسط سازمان‌ها در سطح دنیا شده است (آلمودیم[۱] و همکاران، ۲۰۰۴).

اما در قرن ۲۱ با توجه به جهانی‌شدن فضای رقابتی و رشد روزافزون شرکت‌ها و بنگاه‌ها در حوزه کسب‌وکار بین‌المللی و رقابت تنگاتنگ آنها برای تداوم حیات و داشتن سهم بیشتر از بازار، باعث ایجاد فضای پیچیده و بسیار سختی برای تصمیم‌گیری مدیران شده است و امروز هر چه به سمت آینده حرکت می‌کنیم به دلیل تغییرات سریع و پیچیده‌تر شدن شرایط، اداره سازمان‌ها و بنگاه‌ها پیچیده‌تر و سخت‌تر می‌گردد (کواک[۲]، ۲۰۰۸)

به‌طور عمومی و سنتی، تولیدکنندگان کالاها و اقلام در قبال کالاهای خود، پس از توزیع و سپس مصرف توسط مصرف‌کنندگان، هیچ گونه احساس مسئولیتی نمی کنند و تعهدی را در قبال تولیدات توزیع شده و مصرف شده خود نمی‌پذیرند. اما امروزه حجم محصولات تولیدی مصرف شده، خسارات قابل ملاحظه ای را در جهت تخریب محیط زیست به بارآورده است و همگان اعم از مصرف‌کنندگان و مسئولان نگران وضعیت محیط زیست خود هستند و با دغدغه‌ی فراوان، روند رو به بهبودی را برای

---

[۱] Al-mudimigh
[۲] Kovak

وضعیت محیط زیست خود دنبال می‌کنند. به نحوی که همگان از تولیدکنندگان مختلف کالاها و اقلام انتظار دارند تا هزینه‌ی ضایعات و جمع‌آوری زباله‌های ناشی از تولیدات خود را بپذیرند ویا حداقل ضایعات کالاهای مصرفی را کاهش دهند (کواک، ۲۰۰۸؛ اِستون بریکر[۳] ۲۰۰۶).

با مطرح شدن اهمیت موضوع بازیافت در زنجیره‌های تأمین و نگرانی‌های زیست‌محیطی، مفاهیم زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته و لجستیک معکوس پا به عرصه وجود گذاشتند.

در این فصل ضمن بررسی اجمالی این مباحث به تعریف مسئله تحقیق و هدف، به اهمیت و متدولوژی آن پرداخته می‌شود.

۱-۲- بیان مسئله

در رقابت‌های جهانی موجود در عصر حاضر، باید محصولات متنوع را با توجه به درخواست مشتری، در دسترس وی قرار داد. خواست مشتری بر کیفیت بالا و خدمت‌رسانی سریع، موجب افزایش فشارهایی شده است که قبلاً وجود نداشته است، در نتیجه، شرکت‌ها بیش از این نمی‌توانند به تنهایی از عهده‌ی تمامی کارها برآیند. در بازار رقابتی موجود، بنگاه‌های اقتصادی و تولیدی علاوه بر پرداختن به سازمان‌ها و منابع داخلی، خود را به مدیریت و نظارت به منابع و ارکان مرتبط خارج از سازمان نیازمند یافته‌اند. علت این امر در واقع، دست‌یابی به مزیت یا مزایای رقابتی با هدف کسب سهم بازار بیشتری است. بر این اساس، فعالیت‌های بی‌نظیر برنامه‌ریزی عرضه و تقاضا، تهیه مواد، تولید و برنامه‌ریزی محصول، خدمت نگهداری کالا، کنترل موجودی، توزیع، تحویل و خدمت به مشتری که قبلاً همگی در سطح شرکت انجام می‌شده، اینک به سطح زنجیره عرضه انتقال پیدا کرده است (ویلا[۴]، ۲۰۰۱). مسئله‌ی کلیدی در یک زنجیره تأمین، مدیریت و کنترل هماهنگ تمامی این فعالیت‌ها است. مدیریت زنجیره تأمین پدیده‌ای است که این کار را به طریقی انجام می‌دهد که مشتریان بتوانند خدمت قابل اطمینان و سریع را با محصولات با کیفیت در حداقل هزینه دریافت کنند. مدیریت زنجیره تأمین یک رویکرد یکپارچه‌سازی برای برنامه‌ریزی و کنترل مواد و اطلاعات است که از تأمین‌کنندگان تا

[۳] Stonebraker
[۴] Villa

مصرف‌کنندگان نهایی جریان دارد. به عبارت دیگر مدیریت زنجیره تأمین، مدیریت موجودی با تمرکز بر مدیریت عملیات است که با آنالیز و مدیریت جریان مواد، قطعات و محصولات، ارتباطات بین بخش‌های مختلف یک سازمان صنعتی را تبیین می‌کند. این رشته در طی سال‌های اخیر با توجه به تشدید رقابت در حوزه‌های تأمین و بازار، دارای اهمیت فراوانی شده است (هوگوس[۵]، ۲۰۱۱). بر همین اساس با توجه به رقابت زیاد، ضرورت و اهمیت این تحقیق کاملا واضح و بدیهی است.

۱-۲-۱- زنجیره تأمین و بازیافت محصول

بر اساس تعریف چوپرا[۶] و همکاران (۲۰۰۲) زنجیره‌ی تأمین شامل همه‌ی مراحل مربوط به برآورده کردن نیاز مشتری، مستقیم یا غیرمستقیم، می‌باشد. در نتیجه مدیریت زنجیره‌ی تأمین شامل مدیریت جریان مالی، جریان مواد و محصولات و جریان اطلاعات بین واحدها در زنجیره‌ی تأمین با هدف حداکثر کردن سود می‌باشد.

در دهه‌های اخیر، افزایش زیاد نرخ رشد جمعیت، تقاضای محصول تولید ضایعات را افزایش داده است. همچنین رقابت‌های تجاری منجر به معرفی مکرر محصولات جدید و کوتاه‌تر شدن دوره‌ی عمر محصولات شده است (آکالی[۷]، ۲۰۰۹). یک شبکه‌ی زنجیره‌ی تأمین مناسب، شبکه‌ای است که مزیت رقابتی محیط‌زیستی برای شرکت داشته و به آن کمک کی‌کند که از عهده مشکلات زیست‌محیطی برآید (دولارت و بریسی[۸]، ۲۰۰۷).

طبق آمار آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالت متحده آمریکا، در سال ۲۰۱۰، آمریکاییان حدود ۲۵۰ میلیون تن ضایعات جامد شهری و حدود ۴.۳ پوند(۲ کیلوگرم) به ازای هر نفر در هر روز تولید کرده-اند.

از سال ۱۹۶۰ نرخ ضایعات جامد شهری بیش از ۱۸۰٪ افزایش داشته است. در حالیکه سرانه‌ی تولید، ضایعات تنها ۶۵٪ به ازای هر نفر افزایش داشته است. همچنین تسهیلات صنعتی تقریباً به اندازه‌ی

---

[۵] Hugos
[۶] Chopra
[۷] Akcali
[۸] Dullaert & Braysy

۷.۶ میلیارد تن ضایعات جامد صنعتی در هر سال تولید می‌کنند. از طرف دیگر، ظرفیت دفن و سوزاندن ضایعات در دهه‌ی اخیر کاهش قابل توجه‌ای داشته است و مسئله‌ی دفع ضایعات جامد هر روز از اهمیت بیشتری برخوردار می‌گردد. در حال حاضر، در ایالت متحده‌ی آمریکا ۳۴٪ از ضایعات، بازیابی و بازسازی و یا تبدیل به کود می‌شوند. حدود ۱۲٪ سوزانده می‌شوند و بقیه‌ی (۵۴.۳٪) دفن می‌شوند.در سال ۲۰۱۰، بازیافت و کودسازی ضایعات از دورریز ۸۵ میلیون تن مواد اولیه جلوگیری کرده است، رقمی که در سال ۱۹۸۰، ۱۸ تن بوده است. این مقدار برابر جلوگیری کردن از انتشار حدود ۱۸۶ میلیون تن کربن‌دی‌اکسید در هوا در سال ۲۰۱۰ بوده است؛ معادل آلودگی ناشی از ۳۶ میلیون ماشین در جاده در یک سال است (برگرفته از سایت http://www.epa.gov/waste/).

به دلیل افزایش نگرانی‌های محیط‌زیستی و قانونی (مانند منع دفع در برخی از محصولات) همراه با کاهش منابع مواد اولیه و کشف فرصت سودمند تجاری بازیافت محصولات برگشتی، حدود مدیریت زنجیره‌ی تأمین سنتی با معرفی لجستیک معکوس و زنجیره‌ی تأمین بسته وسیع‌تر شده است (مید و سارکیس[۹]، ۲۰۰۷؛ پِتک و گلاویک[۱۰]، ۱۹۹۶). در دهه‌های اخیر بسیاری از کارخانه‌ها بر فعالیت‌های بازیابی و بازسازی و زنجیره‌ی تأمین بسته و معکوس در طیف وسیعی از محصولات (از جمله فولاد، لاستیک، پرینتر، کشتی، دوربین‌های یکبار مصرف، قطعات خودرو، تجهیزات فتوکپی، کامپیوترها و تلفن همراه) تمرکز کرده‌اند و موفقیت قابل ملاحظه‌ای در این زمینه داشته‌اند (فلسچمن و بیولنس[۱۱] ، ۲۰۰۱؛ اسواران و آستر[۱۲]، ۲۰۱۰؛ آستر، اسواران و آکالی، ۲۰۰۷).

بازیافت محصول از دو جنبه قابل بررسی می‌باشد: نوع محصولات برگشتی یا نوع فعالیت‌ها. از دیدگاه اول، برگشت محصولات به دلایل مختلفی در طول چرخه‌ی عمر محصول ممکن است اتفاق بیفتد. برگشتی‌های تجاری، محصولاتی هستند که مشتریان بعد از ۳۰، ۶۰ یا ۹۰ روز پس از خرید به خرده-فروشان برمی‌گردانند که نیاز به یک تعمیر جزئی برای معرفی دوباره به بازار دارد. برگشتی‌ها از رده

[۹] Meade & Sarkis
[۱۰] Petek & Glavic
[۱۱] Fleischman & Beullens
[۱۲] Easwaran & Uster

خارج هنگامی اتفاق می‌افتد که پیشرفت تکنولوژی جایگزین محصولات شده که نیاز به فعالیت‌های بازتولید گسترده‌ای دارد. برگشت‌های انتهای دوره‌ی عمر هنگامی در دسترس می‌باشد که محصول از لحاظ فنی فرسوده شده و دیگر هیچ‌گونه منفعتی برای مصرف‌کننده‌ی فعلی ندارد لذا تنها گزینه‌ی سودمند بازیابی و بازسازی قطعات است.(به طور فرض کسی که از دفن کردن بپرهیزد.). همچنین برگشتی‌های تعمیراتی و ضمانتی وجود دارد که در سراسر یا فراتر از دوره‌ی عمرمحصول اتفاق می‌افتد. از دیدگاه دوم، بازیابی محصولات شامل مجموعه‌ی وسیعی از فعالیت‌های طراحی شده برای احیای ارزش‌های اقتصادی و محیطی از مواد، بخش‌ها و محصولات استفاده شده می‌باشد، که شامل کشف محصولات استفاده شده، لجستیک معکوس، جابه‌جایی محصولات(دسته‌بندی، تست و درجه‌بندی)، بازتولید/ تعمیرات، بازفروش می‌باشد (گاید و واسنهاو[۱۳]، ۲۰۰۲).

۱-۲-۲- لجستیک معکوس و زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته

لجستیک معکوس به عنوان فرآیند برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل جریان داخلی و ذخیره‌ی کالاهای ثانویه و اطلاعات مربوطه‌ی متضاد با زنجیره‌ی تأمین سنتی با هدف بازیابی ارزش و دفع مناسب تعریف شده است (فلسچمن و دِکر[۱۴]، ۱۹۹۷).

تعریف لجستیک معکوس اشاره می‌کند که برگشت محصولات هزینه‌ی پولی دارد، در نتیجه شرکت‌ها باید همیشه هزینه‌های برگشت را حداقل می‌کنند. بعدها این حقیقت آشکار شد که حداقل کردن هزینه‌ی برگشتی‌ها همیشه رویکرد درستی نیست. محصولات برگشتی (به ویژه برگشت‌های تجاری) زباله نیستند، اما اگر فرآیند احیای ارزش محصول به کندی اعمال شود، ارزش باقی‌مانده خیلی زود از بین می‌رود و برای شرکت تنها زباله‌های هزینه‌بر باقی می‌ماند. محصولات حساس به زمان مانند کامپیوترهای خانگی، نیاز به یک سیستم پاسخگو (نامتمرکز) دارند. محصولات با درجه‌ی حساسیت پایین نسبت به زمان مانند ابزارهای قدرت بهتر است که با سیستم‌های کارایی قیمت (متمرکز) ارائه شوند. کلید موازنه، بین فرصت هزینه‌ی ارزش از دست رفته و مقیاس اقتصادی است. دیدگاه حداقل

[۱۳] Guide & wassenhove
[۱۴] Dekker

کردن هزینه‌ها منجر به طراحی ضعیف زنجیره‌ی تأمین معکوس بدون ارتباط با جریان اصلی محصولات و از بین رفتن ارزش برگشتی‌ها می‌شود (گاید و دکر، ۲۰۰۹). برای دستیابی به حداکثر ارزش در چرخه‌ی عمر محصول، محققان بر طراحی سیستمی تأکید دارند که سود را در کل سیستم حداکثر نماید (فلسچمن و بیولنس، ۲۰۰۱). برای لحاظ کردن جریان معکوس، مدل‌های جایابی تسهیلات کلاسیک را به شکل برنامه‌ریزی عدد صحیح فرمول‌سازی کردند. آن‌ها اظهار کردند که اگر جریان‌های برگشتی نسبتاً قابل توجه باشد، بهینه‌سازی جریان رو به جلو و معکوس به صورت هم‌زمان پیشنهاد می‌شود. این انتقال مبنای ظهور یک مفهوم جدید به زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته می‌باشد که هدفش ادغام جریان‌های رو به جلو و برگشتی‌ها با هدف حداکثر کردن سود است.

تعریف مدیریت زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته امروزه به صورت "طراحی، کنترل و عملیات یک سیستم برای حداکثر کردن ارزش ایجاد شده در چرخه‌ی عمر محصول همراه با بازیافت پویای ارزش از گونه‌ها و حجم‌های مختلف برگشتی‌ها" می‌باشد (گاید و دکر، ۲۰۰۶). زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته پتانسیل اقتصادی زیادی دارد. خرده‌فروشان بزرگ می‌توانند نرخ بازگشت حتی بالاتر از ۱۰٪ فروش داشته باشند، و تولیدکنندگانی مانند هولت- پاکارد گزارش داده‌اند که هزینه‌های برگشت محصول بیشتر از ۲٪ کل فروش‌های خروجی می‌باشد. در حال حاضر تنها درصد کوچکی از این ارزش بازیابی می‌شود (آتاسو[۱۵] و گاید، ۲۰۰۸).

۱-۲-۳- تعادل خط جدا سازی قطعات

جداسازی قطعات مرحله اول بازیابی محصولات استفاده شده می باشد. جداسازی قطعات، استخراج علمی و هدفمند قطعات و مواد از محصولات دور انداخته از طریق یک سری عملیات می‌باشد. پس از جداسازی، قطعات قابل استفاده مجدداً مرمت و تست شده و به بخش موجودی برای عملیات بازسازی هدایت می‌شوند. مواد قابل بازیافت را می توان به تأمین‌کننده مواد خام فروخت.

[۱۵] Atasu

جداسازی قطعات اخیرا توجه زیادی با توجه به نقش آن در بازیابی محصول به دست آورده است. یک سیستم جداسازی با چالش‌های زیادی همراه است. به عنوان مثال؛ مشکلات موجودی که به دلیل اختلاف بین تقاضا برای قطعات خاص و مقدار برگشتی از جدا سازی به وجود می‌آید. در جداسازی قطعات فرآیند جریان، واگرا می‌باشد.

تعادل خط جداسازی قطعات، در به حداقل رساندن استفاده از منابع با ارزش (مانند زمان و پول) و به حداکثر رساندن سطح اتوماسیون فرآیند جداسازی قطعات و کیفیت قطعات بازیابی شده، حیاتی است (سیماس و گاورن[۱۶]، ۲۰۰۵).

تعادل خط جداسازی قطعات (DLB[۱۷]) تخصیص وظایف جداسازی قطعات با الزامات تقدم به‌صورت دنباله‌ای از ایستگاه‌های کاری است که تمام روابط تقدم جداسازی قطعات رعایت می‌شوند (گانگور و گوپتا[۱۸]، ۱۹۹۹؛ دینگ و همکاران، ۲۰۱۰؛ ایلگین و گوپتا، ۲۰۱۰).

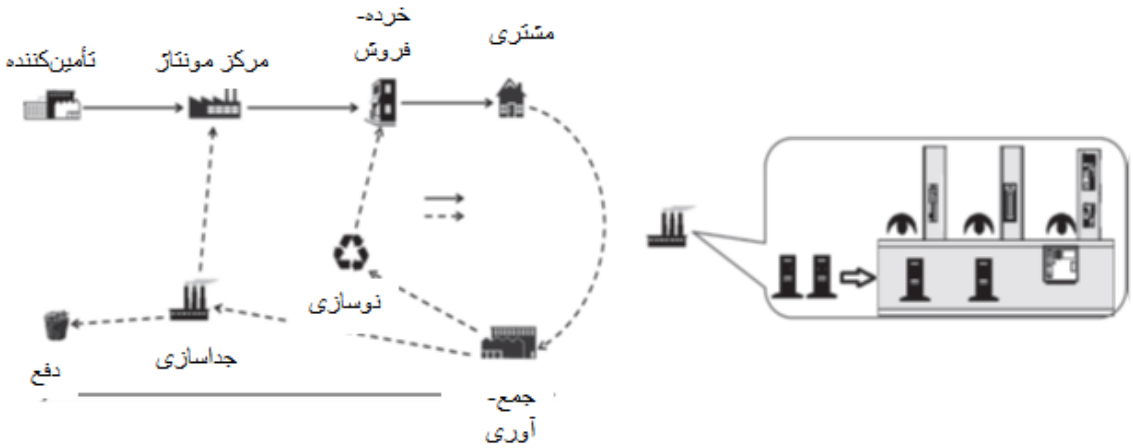
۱-۲-۴- تعریف مسئله مورد بررسی

مسئله مورد بررسی در این تحقیق عبارتست از طراحی زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته‌ی چندمحصولی با در نظر گرفتن تعادل خط جداسازی قطعات. در تحقیق حاضر؛ یک مدل یکپارچه که به‌طور مشترک تصمیمات استراتژیک و تاکتیکی یک زنجیره تأمین حلقه بسته چندمحصولی را بهینه‌سازی می‌کند، ارائه می گردد. پس از تعریف متغیرهای تصمیم و پارامترها مرتبط؛ مدل ریاضی مسئله مورد نظر توسعه داده می‌شود. در این مسئله؛ تصمیمات سطح استراتژیک مربوط به برنامه‌ریزی جریان محصولات در زنجیره تأمین مستقیم و برگشتی به‌صورت توأمان است. تصمیم‌گیری های سطح تاکتیکی مربوط به تعادل خطوط جداسازی قطعات درزنجیره برگشتی است (اُزسیلان و پاکسوی[۱۹]، ۲۰۱۳).

نمای کلی مسئله مورد بررسی در این تحقیق مطابق شکل (۱-۱) می باشد.

---

[۱۶] Seamus & Govern
[۱۷] Disassembly line balancing
[۱۸] Gungor & Gupta
[۱۹] Ozceylan & Paksoy



شکل ۱-۱: نمای کلی مسئله مورد بررسی

برای رسیدن به یک شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته چالاک و رقابتی، خط جداسازی قطعات و فرآیندهای توزیع برگشتی باید قادر به کار به‌طور همزمان با هم باشند. این تحقیق توسعه مدل ریاضی عدد صحیح مختلط برای رفع مشکل طراحی شبکه زنجیره چندمحصولی و تعادل خط جداسازی قطعات دریک زنجیره تأمین حلقه بسته می‌باشد. این مدل به تقاضای بازار برای محصولات نهایی و قطعات یدکی به‌صورت همزمان پاسخگو می‌باشد و هزینه‌های حمل‌ونقل در زنجیره‌های رفت و برگشت، هزینه‌های خرید محصولات در قسمت مونتاژ، هزینه‌های نوسازی محصولات جمع‌آوری شده و هزینه‌های ثابت ایستگاه‌های کاری جدا سازی قطعات را به حداقل می‌رساند.

۱-۳- ضرورت تحقیق

تشدید صحنه رقابت جهانی در محیطی که بصورت دائم در حال تغییر است ضرورت واکنش‌های مناسب سازمان‌ها و شرکت‌های تولیدی ـ صنعتی را دو چندان کرده و بر انعطاف‌پذیری آن‌ها با محیط نامطمئن خارجی پای می‌فشارد و سازمان‌های امروزی در عرصه ملی و جهانی به منظور کسب جایگاهی مناسب و حفظ آن نیازمند بهره گیری از الگوی مناسب همچون مدیریت زنجیره تأمین در راستای تحقق مزیت رقابتی و انتظارات مشتریان هستند (کایهارا[۲۰]، ۲۰۰۱). مدیریت مؤثر زنجیره

[۲۰] Kaihara

تأمین از عوامل اصلی بقا است ضمن آنکه استفاده از فناوری اطلاعات در فعالیت‌های زنجیره تأمین پتانسیل ایجاد ارزش را در زنجیره افزایش داده است. به‌طورکلی مدیریت زنجیره تأمین بر افزایش انطباق‌پذیری و انعطاف‌پذیری شرکت‌ها تاکید دارد و دارای قابلیت واکنش و پاسخ سریع و اثر بخش به تغییرات بازار است. کاهش هزینه یا کاهش موجودی‌ها، افزایش مسئولیت پذیری در برابر مشتریان، بهبود ارتباط زنجیره تأمین، کاهش زمان چرخه تولید و بهبود هماهنگی، انقلاب اطلاعات، تقاضای مشتریان در جهت خرید محصولات وخدمات با کیفیت با هزینه کمتر، تحویل مناسب تر تکنولوژی مدرن تر وطول عمر بیشتر که در نهایت به افزایش رقابت دربین تولیدکنندگان وسازندگان منجر شد، ضرورت ایجاد ساختاری جدید در روابط بین سازمانی، عواملی هستند که باعث شدند تا مدیران موضوع مدیریت زنجیره تأمین را بصورت جدی دنبال کنند (آلمودیم و همکاران، ۲۰۰۴). به‌طور عمومی و سنتی، تولیدکنندگان کالاها و اقلام در قبال کالاهای خود، پس از توزیع و سپس مصرف توسط مصرف کنندگان، هیچ گونه احساس مسئولیتی نمی کنند و تعهدی را در قبال تولیدات توزیع شده و مصرف شده خود نمی‌پذیرند. اما امروزه حجم محصولات تولیدی مصرف شده، خسارات قابل ملاحظه ای را در جهت تخریب محیط زیست به بارآورده است و همگان اعم از مصرف کنندگان و مسئولان نگران وضعیت محیط‌زیست خود هستند و با دغدغه فراوان، روند رو به بهبودی را برای وضعیت محیط‌زیست خود دنبال می‌کنند. به نحوی که همگان، از تولیدکنندگان مختلف کالاها و اقلام انتظار دارند تا هزینه ضایعات و جمع‌آوری زباله‌های ناشی از تولیدات خود را بپذیرند ویا حداقل ضایعات کالاهای مصرفی را کاهش دهند (کُواک، ۲۰۰۸؛ اِستون بریکر، ۲۰۰۶). این توجه روزافزورن به مدیریت ضایعات و وضع قوانین جدید در خصوص ضایعات محصولات تولیدی (به خصوص در اروپا)، تولیدکنندگان کالاها را به سمت بهبود فرآیند تولید خود کشانده است، چرا که هزینه‌های انهدام و پاکسازی محیط زیست بسیار بالاست. تحقیق حاضر به طراحی یک شبکه لجستیک حلقه بسته چند محصولی می‌پردازد (تافل ام دابلیو[۲۱]، ۲۰۰۴). حداقل کردن هزینه‌های حمل‌ونقل در زنجیره‌های رفت

[۲۱] Toffel mw

و برگشت، هزینه‌های خرید محصولات در قسمت مونتاژ، هزینه‌های نوسازی محصولات جمع‌آوری شده و هزینه‌های ثابت ایستگاه‌های کاری جدا سازی قطعات هدف اصلی شرکت‌ها می‌باشد.بر همین اساس با توجه به رقابت زیاد ضرورت و اهمیت این تحقیق کاملا واضح و بدیهی است. در این نگارش فرضیات و مدل‌های ارائه شده با توجه به رقابت‌های جهانی ارائه شده است.

۱-۴- سوالات تحقیق

- **سوال اصلی:**

➢ آیا می‌توان مدلی برای شبکه زنجیره‌ی تأمین یکپارچه حلقه بسته چندمحصولی با در نظر گرفتن تعادل خط جداسازی قطعات با هدف کمینه کردن تمامی المان‌های هزینه ای توسعه داد؟

- **سوالات فرعی:**

  - آیا می‌توان پارامترهای مسئله طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته با قابلیت بازیافت محصول را شناسایی و تعریف کرد؟
  - آیا می‌توان متغیرهای تصمیم مسئله طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته با قابلیت بازیافت محصول شناسایی و تعریف کرد؟
  - آیا می‌توان المان‌های هزینه ای در مسئله طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته با قابلیت بازیافت محصول را شناسایی کرد؟

۱-۵- هدف تحقیق

هدف اصلی تحقیق حاضر به شرح زیر می باشد:

➢ توسعه‌ی مدلی برای شبکه زنجیره‌ی تأمین یکپارچه حلقه بسته چندمحصولی با در نظر گرفتن تعادل خط جداسازی قطعات به منظور کمینه کردن تمامی المان‌های هزینه ای توسعه داد؟

این مدل به تقاضای بازار برای محصولات نهایی و قطعات یدکی به‌صورت همزمان پاسخگو می‌باشد و هزینه‌های حمل‌ونقل در زنجیره‌های رفت و برگشت، هزینه‌های خرید محصولات در قسمت مونتاژ، هزینه‌های نوسازی محصولات جمع‌آوری شده و هزینه‌های ثابت ایستگاه‌های کاری جدا سازی قطعات را به حداقل می‌رساند.

به منظور رسیدن به هدف اصلی تحقیق؛ اهداف فرعی زیر نیز مد نظر می باشد:

- ❖ شناسایی و تعریف پارامترهای مسئله طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته با قابلیت بازیافت محصول
- ❖ شناسایی و تعریف متغیرهای تصمیم مسئله طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته با قابلیت بازیافت محصول
- ❖ شناسایی المان‌های هزینه ای در مسئله طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته با قابلیت بازیافت محصول
- ❖ توسعه مدل ریاضی مسئله طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته با قابلیت بازیافت محصول

۱-۶- مفروضات اصلی مسئله

- تقاضا برای هر محصول قطعی است.
- ظرفیت همه‌ی تسهیلات در رفت و برگشت محدود و ثابت هستند.
- هزینه‌های مربوط به حمل‌ونقل، خرید، نوسازی و ایستگاه‌های کاری قطعی و از پیش شناخته شده هستند.
- نرخ جمع آوری، دفع و جداسازی قطعات از پیش شناخته شده است و مقدار بازیابی، درصد معینی از تقاضای مشتری و پارامترهای دیگر است (وانگ و سو[۲۲]، ۲۰۱۰).
- فقط یک نهاد تصمیم‌گیری برای کل شبکه فرض شده است.

[۲۲] Wang & Hsu

- یک کار نمی تواند میان دو یا چند ایستگاه کاری تقسیم شود.
- تمام ایستگاه‌های کاری می‌توانند عملیات را با هزینه‌های یکسان انجام دهند.
- یک کار می تواند در هر ایستگاه کاری انجام شود.
- هر محصول به صورت کامل جداسازی می‌شود.
- زمان چرخه در هر یک از واحدهای جداسازی قطعات متغیر است.

۱-۷- تکنیک حل و روش تحقیق

از دیدگاه ماهیت تحقیق، این تحقیق را می‌توان در زمره پژوهش‌های کمی دانست. دلایل اصلی این مطلب را می‌توان در موارد زیر خلاصه نمود:

- ❖ مفاهیم اصلی تحقیق را می‌توان به‌صورت مجموعه‌ای از متغیرها و پارامترهای مشخص نشان داد.
- ❖ داده‌های موردنیاز برای محاسبه پارامترها به شکل عددی قابل جمع‌آوری هستند.
- ❖ فرایندهای خروجی تحقیق به‌صورت استاندارد و تکرارپذیر قابل انجام هستند.
- ❖ تحلیل‌ها و نتیجه‌گیری‌های تحقیق در قالب مفاهیم ریاضی قابل‌بیان هستند.

با توجه به کمی بودن ماهیت این تحقیق، استفاده از روش‌های تحقیق کمی برای انجام این تحقیق امری ضروری است. همچنین رویکرد اصلی این تحقیق رویکرد کاربردی است چراکه هدف اصلی تحقیق ایجاد ارتباط بین مفاهیم نظری تحقیق در عملیات با مسائل کاربردی در دنیای صنعت است.

روش تحقیقات انجام‌شده در زمینه مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین از دیدگاه روش‌شناختی را می‌توان به دو دسته کلی روش‌های تحقیق غیرتجربی[۲۳] شامل فن‌های تحقیق مفهومی[۲۴]، اثبات قضایا[۲۵]، و شبیه‌سازی[۲۶]، و نیز روش‌های تحقیق در مرز روش‌های تحقیق علمی/تفسیرگرا[۲۷] شامل فن

[23]Non-Emperical Research
[24]Conceptual Research
[25]Theorem Proof
[26]Simulation
[27]Research Techniques at Scientific/Interpretivist Boundary

مطالعه موردی[۲۸] تقسیم نمود. بااین‌حال مهم‌ترین روش تحقیق مورداستفاده برای حل مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین را می‌توان روش تحقیق مفهومی و یکی از ابزارهای مشهور آن یعنی تحقیق در عملیات[۲۹] دانست. دلیل این امر را می‌توان به رویکرد اصلی تحقیقات طراحی شبکه زنجیره تأمین یعنی مدل‌سازی مجرد در قابل مدل‌های ریاضی بهینه‌سازی دانست. این مدل‌ها علی‌رغم آن‌که بر پایه محیط، فرایندها، و نیز شرایط واقعی بنانهاده شده‌اند، اما به‌محض ساخته‌شدن کاملاً از داده‌های دنیای واقعی جدا می‌شوند و تنها بر داده‌های ترکیبی[۳۰] (ترکیب مجموعه‌ای از داده‌های واقعی و داده‌های شبیه‌سازی) و نیز تفکر مفهومی محقق در مورد نحوه مجرد سازی سیستم تکیه‌دارند (البدوی، ۱۳۸۹). با توجه به مطالب طرح‌شده و ماهیت طرح تحقیق که نیازمند جداسازی مدل موردمطالعه از دنیای واقعی است، فن تحقیق اصلی مدنظر برای این تحقیق فن تحقیق در عملیات است.

از دیدگاه روش‌شناختی، فن تحقیق در عملیات دارای دو هدف تشریح و تغییر است (البدوی، ۱۳۸۹). هدف تشریح را می‌توان با دو سؤال زیر بیان نمود:

- ❖ وضعیت معماری کنونی سیستم چه هزینه‌ها و شرایطی را بر سیستم تحمیل می‌کند؟
- ❖ با توجه به وضعیت معماری کنونی سیستم و اطلاعات در دست، چه راه‌کاری می‌تواند معیارهای عملکرد مدنظر مدیریت را بهینه نماید؟

همچنین هدف تغییر تحقیق در عملیات سعی دارد با کمک دیگر روش‌های تحقیق کاربردی در مهندسی صنایع، امکان ارائه راه‌کارهای بهبود سیستم را بر مبنای تغییر و تحول در سیستم، فراهم آورد. در این تحقیق با توجه به تمرکز بر توسعه مدل‌های کمی در تحقیق در عملیات، تمرکز بر هدف تشریح تحقیق در عملیات خواهد بود. با توجه به مطالب مطرح‌شده فوق، فرایند کلی پیشنهادی برای این حل هر یک از مسائل این تحقیق را می‌توان در گام‌های زیر خلاصه نمود:

---

[28] Case Study
[29] Operations Research
[30] Synthetic

- **شناخت دقیق مسئله تحقیق در دنیای واقعی**: با توجه به اینکه تعریف مسئله تحقیق این طرح تحقیق بر اساس پیشینه تحقیق انجام‌شده است، در گام اول تحقیق باید با مراجعه به دنیای صنعت به بررسی مشابهت بین مفروضات تحقیق و خصیصه‌های دنیای واقعی برقرار نمود. این امر موجب می‌شود مسئله تحقیق تا حد ممکن واقعی‌تر شده و درنتیجه مسئله تحقیق تا حد ممکن کاربردی‌تر گردد.
- **شناخت و تعریف مسئله:**در این گام بر اساس نتایج مرحله قبل و نیز نتایج بررسی پیشینه تحقیق، یک تعریف جامع و دقیق از محدوده سیستم موردبررسی و اجزای آن ارائه می‌شود. بر اساس این تعریف، می‌توان مفروضات مسئله تحقیق را مشخص نمود.
- **مدل‌سازی مسئله**: بر اساس مفروضات به‌دست‌آمده در گام قبلی، در این گام یک مدل ریاضی ارائه می‌گردد. با توجه به ماهیت مسئله تحقیق، در راستای مدل‌سازی باید از مفاهیم فرایندهای تصادفی و فن‌های مدل‌سازی مربوط به برنامه‌ریزی عدد صحیح، بهینه‌سازی تصادفی، بهینه‌سازی استوار، و بهینه‌سازی غیرخطی استفاده نمود.
- **انتخاب و طراحی روش حل**: در این گام، بر اساس خصوصیات مدل ریاضی ارائه‌شده، یک یا چندین روش حل کارا و قدرتمند جهت حل مسئله در ابعاد واقعی ارائه می‌گردد. با توجه به اینکه، مدل ریاضی توسعه داده‌شده بر اساس فرایندهای تصادفی، برنامه‌ریزی عدد صحیح، بهینه‌سازی تصادفی، بهینه‌سازی استوار، و بهینه‌سازی غیرخطی بنانهاده شده است، روش‌های حل موردنیاز برای حل مسئله تحقیق نیز از روش‌های ابتکاری و فرا ابتکاری (به دلیل پیچیدگی‌های زیاد حل مسئله) استفاده شود.
- **حل مسئله**: در این گام بر مبنای روش حل طراحی‌شده در مرحله قبل، مسئله تحقیق حل‌شده و عیوب و اشکالات احتمالی روش حل طراحی‌شده رفع می‌گردد.

- **طراحی/انتخاب مسائل نمونه تصادفی و جمع‌آوری داده واقعی**: در این گام، مسائل نمونه تصادفی (بر مبنای مسائل نمونه ارائه‌شده در ادبیات موضوع و طراحی تصادفی پارامترهای جدید مسئله تحقیق) و نیز در صورت امکان داده‌های واقعی برای اعتبارسنجی روش حل پیشنهادی انتخاب و جمع‌آوری می‌شوند.
- **اعتبارسنجی**: در این گام، با استفاده از داده‌های مرحله قبل، اعتبار عملکرد روش حل پیشنهادی با استفاده از مقایسه با دیگر روش‌های حل دیگر تحقیقات نزدیک به مسئله تحقیق سنجیده می‌شود، و بر اساس نتایج آن تغییرات لازم در روش حل داده می‌شود.
- **انتشار نتایج تحقیق در جامعه دانشگاهی**: پس از مطمئن شدن از کارایی مدل و روش حل پیشنهادی تحت شرایط آزمایشگاهی، در این گام باید اقدام به انتشار نتایج تحقیق در جامعه دانشگاهی نمود تا بتوان با استفاده از نظرات، پیشنهادها، و انتقادات دیگر محققان بتوان کیفیت تحقیق را افزایش داد.

به‌طور خلاصه، در این تحقیق مسئله موردنظر مدل‌سازی ریاضی می‌شود و سپس با توجه به ماهیت مدل که از نوع برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط است، از نرم‌افزار بهینه‌سازی مناسب استفاده خواهد شد. بنابراین این تحقیق از نوع کمّی بوده و به لحاظ مورداستفاده،کاربردی است.

باتوجه به اینکه تحقیق حاضر از نوع کمّی بوده و شامل مدل‌سازی و حل مسئله است لذا فرضیه‌ای جهت تست در آن مطرح نیست. همچنین سوال اصلی تحقیق عبارت است از: «چگونگی ایجاد و توسعه ساختار شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته چندمحصولی با در نظر گرفتن تعادل خط جداسازی قطعات؟»

در نتیجه، در این تحقیق مسئله موردنظر مدل سازی ریاضی می‌شود و سپس با توجه به ماهیت مدل که از نوع برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط است، با استفاده از از نرم‌افزار بهینه‌سازی مناسب استفاده حل خواهد شد. بنابراین این تحقیق از نوع کمّی بوده و به لحاظ مورداستفاده،کاربردی است.

۱-۸- ساختار پایان‌نامه

این پایان نامه در پنج فصل تهیه و تنظیم شده است. در فصل اول به بیان کلیات تحقیق؛ شرح مسئله مورد بررسی و ضرورت و همچنین روش تحقیق پرداخته شد. در فصل دوم مرور ادبیات تحقیق شامل مبانی نظری و همچنین پیشینه تحقیقات انجام شده بصورت دسته بندی شده آمده است. در فصل سوم پارامترها و متغیرهای تصمیم مسئله مورد بررسی تعریف شده و مدل پیشنهادی حل مسئله توسعه داده می شود. فصل چهارم شامل تجزیه و تحلیل نتایج و خروجی حاصل از حل مسئله در محیط گمز می باشد. در نهایت جمع بندی تحقیق پیشنهادات حاصل از آن همراه با توصیه‌هایی جهت انجام تحقیقات مشابه آتی ارایه شده است.

۱-۹- جمع‌بندی

در این فصل کلیات مسئله مورد بررسی بیان شد. همچنین ضرورت انجام این تحقیق تشریح و اهداف مسئله مورد بررسی نیز بیان گردید. در نهایت ساختار کلی پایان‌نامه مشتمل بر پنج فصل تشریح شد.

۲- فصل دوم:

ادبیات

پژوهش

۲-۱- مقدمه

مسئله طراحی و مدیریت زنجیره تأمین به دلیل تاثیرگذاری زیاد بر توان رقابتی شرکت‌ها و همچنین کاهش کلی هزینه‌ها و افزایش رضایت‌مندی مشتریان و تأمین کنندگان؛ طی چند دهه اخیر مورد توجه محققین زیادی بوده است. از سوی دیگر افزایش توجه جهانی به مباحث زیست‌محیطی موجب گردیده تا اهمیت بازیافت محصولات نیز در این مسئله گنجانده شود. در این فصل ابتدا به بررسی سیر تحولات از مسئله جابجایی تسهیلات تا طراحی شبکه زنجیره تأمین پرداخته می شود. سپس، مفاهیم زنجیره تأمین، لجستیک معکوس و زنجیره تأمین حلقه بسته را به تفصیل بررسی می‌نماییم و به مفهوم طراحی شبکه و بهینه‌سازی آن می‌پردازیم. سپس مهمترین مقالات مطرح شده در زمینه زنجیره تأمین حلقه بسته مرور خواهد شد.

۲-۲- مبانی نظری

در این قسمت به بیان تعاریف و اصطلاحات تخصصی رایج در حوزه تحقیق حاضر پرداخته می شود. همچنین مبانی تئوری و نظری تحقیق حاضر تشریح می گردد.

۲-۲-۱- زنجیره تأمین

زنجیره تأمین شامل تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان کالاها از مرحله ماده خام (استخراج) تا تحویل به مصرف‌کننده نهایی و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها میشود. علاوه بر جریان کالا دو جریان دیگر که یکی جریان اطلاعات و دیگری جریان منابع مالی و اعتبارات است نیز حضور دارد (لودان[۳۱]، ۲۰۰۲).

زنجیره‌های تأمین در سازمان‌های تولیدی و خدماتی وجود دارند، هر چند پیچیدگی زنجیره ممکن است از صنعت دیگر و از شرکتی به شرکت دیگر شدیداً تغییر کند. در طول دو دهه‌ی اخیر، مدیران شاهد یک دوره تغییرات شگرف جهانی به واسطه‌ی پیشرفت در تکنولوژی، جهانی شدن بازارها و شرایط جدید اقتصاد سیاسی بوده‌اند. با افزایش تعداد رقبا در کلاس جهانی سازمان‌ها مجبور شده‌اند

[۳۱] Laudon

که سریعاً فرآیندهای درون سازمانی را برای باقی ماندن در صحنه رقابت جهانی بهبود بخشند. در دهه‌های ۶۰ و ۷۰ سازمان‌ها به توسعه‌ی جزئیات استراتژی‌های بازار همت گماردند که برآورده کردن «رضایت» مشتریان متمرکز بود.

آنها بدین درک نائل آمدند که مهندسی و طراحی قوی و عملیات تولید منسجم و هماهنگ، پیش‌نیاز دستیابی به نیازمندی‌های بازار و در نتیجه سهم بازار بیشتر است. بنابراین، طراحان مجبور شدند که ایده‌آل‌ها و نیازمندی‌های مورد نظر مشتریان را در طراحی محصولات خود بگنجانند و در حقیقت محصولی را با حداکثر سطح کیفی ممکن، در حداقل هزینه، توأم با ایده‌آل‌های مورد نظر مشتری روانه بازار سازند. در دهه‌ی ۸۰ با افزایش تنوع در الگوهای مورد نظر مشتریان، سازمان‌های تولیدی به طور فزاینده‌ای به افزایش انعطاف‌پذیری در خطوط تولید، بهبود محصولات و فرآیندهای موجود و توسعه محصولات جدید برای ارضای مشتریان علاقه‌مند شدند که این موضوع –به نوع خود- چالش‌های جدیدی را برای آنها رقم زد.

در دهه‌ی ۹۰ میلادی به همراه بهبود در فرآیندهای تولیدی و بکارگیری الگوهای مهندسی مجدد، مدیران بسیاری از صنایع دریافتند که برای ادامه حضور در بازار تنها بهبود فرآیندهای داخلی و انعطاف‌پذیری در توانایی‌های شرکت‌ها کافی نیست بلکه تأمین‌کنندگان قطعات و مواد نیز باید موادی با بهترین کیفیت و کمترین هزینه تولید کنند. توزیع‌کنندگان محصولات نیز باید ارتباط نزدیکی با سیاست‌های توسعه بازار تولید کننده داشته باشند (سیمچی[۳۲]، ۱۹۹۹).

با چنین نگرشی، رویکردهای زنجیره تأمین و مدیریت آن پا به عرصه وجود نهاد. محققان و نویسندگان مختلف، نگرش‌ها و تعاریف متفاوتی را از زنجیره تأمین ارائه کرده‌اند. برخی زنجیره تأمین را در روابط میان خریدار و فروشنده محدود کرده‌اند، که چنین نگرشی تنها بر عملیات خرید رده‌ی اول در یک سازمان تمرکز دارد. گروهی دیگر به زنجیره تأمین دید وسیع‌تری داده و آن را شامل تمام سرچشمه‌های تأمین برای سازمان‌ها می‌دانند. با این تعریف، زنجیره تأمین، شامل تمام تأمین‌کنندگان

[۳۲] Simchi

رده‌ی اول- دوم- سوم خواهد بود. چنین نگرشی به زنجیره تأمین تنها به تحلیل شبکه تأمین خواهد پرداخت. دید سوم، نگرش زجیره ارزش پورتر است که در آن زنجیره تأمین شامل تمام فعالیت‌های مورد نیاز برای ارائه یک محصول یا خدمت به مشتری نهایی است. با نگرش یاد شده به زنجیره تأمین، توابع ساخت و توزیع به عنوان بخشی از جریان کالا و خدمات به زنجیره اضافه میشود. در واقع با این دید، زنجیره تأمین شامل سیر حوزه تدارک، تولید و توزیع است و تصمیم‌گیری‌هایی که در آن مطرح می‌شود را می‌توان به شش دسته‌ی تسهیلات، موجودی، اطلاعات، منبع‌یابی و قیمت‌گذاری تقسیم-بندی نمود (سیمچی، ۱۹۹۹).

۲-۲-۲- مدیریت زنجیره تأمین

در رقابت‌های جهانی موجود در عصر حاضر، باید محصولات متنوع را با توجه به درخواست مشتری، در دسترس وی قرار داد. خواست مشتری بر کیفیت بالا و خدمت‌رسانی سریع، موجب افزایش فشارهایی شده است که قبلاً وجود نداشته است، در نتیجه، شرکت‌ها بیش از این نمی‌توانند به تنهایی از عهده‌ی تمامی کارها برآیند. در بازار رقابتی موجود، بنگاه‌های اقتصادی و تولیدی علاوه بر پرداختن به سازمان‌ها و منابع داخلی، خود را به مدیریت و نظارت به منابع و ارکان مرتبط خارج از سازمان نیازمند یافته‌اند. علت این امر در واقع، دست‌یابی به مزیت یا مزایای رقابتی با هدف کسب سهم بازار بیشتری است. بر این اساس، فعالیت‌های بی‌نظیر برنامه‌ریزی عرضه و تقاضا، تهیه مواد، تولید و برنامه‌ریزی محصول، خدمت نگهداری کالا، کنترل موجودی، توزیع، تحویل و خدمت به مشتری که قبلاً همگی در سطح شرکت انجام می‌شده، اینک به سطح زنجیره عرضه انتقال پیدا کرده است. مسئله‌ی کلیدی در یک زنجیره تأمین، مدیریت و کنترل هماهنگ تمامی این فعالیت‌ها است. مدیریت زنجیره تأمین پدیده‌ای است که این کار را به طریقی انجام می‌دهد که مشتریان بتوانند خدمت قابل اطمینان و سریع را با محصولات با کیفیت در حداقل هزینه دریافت کنند (منتزر[۳۳] و همکاران، ۲۰۰۱). مدیریت زنجیره تأمین یک رویکرد یکپارچه‌سازی برای برنامه‌ریزی و کنترل مواد و اطلاعات است که از

[۳۳] Mentzer

تأمین‌کنندگان تا مصرف‌کنندگان نهایی جریان دارد. به عبارت دیگر مدیریت زنجیره تأمین، مدیریت موجودی با تمرکز بر مدیریت عملیات است که با آنالیز و مدیریت جریان مواد، قطعات و محصولات، ارتباطات بین بخش‌های مختلف یک سازمان صنعتی را تبیین می‌کند. این رشته در طی سال‌های اخیر با توجه به تشدید رقابت در حوزه‌های تأمین و بازار، دارای اهمیت فراوانی شده است. وظیفه مدیریت زنجیره تأمین، مدیریت و هماهنگ‌سازی جریان‌های مختلف درون آن است. یکی از چالش‌های مهم مدیریتی در این زمینه، در رابطه با هماهنگ‌سازی جریان مواد بین چندین سازمان و در درون هر سازمان است. به‌منظور نیل به این مهم، نیازمند استفاده از تکنولوژی‌ها و ابزارهایی جهت ردگیری مواد در مسیر طی شده از مبدأ به مقصد و ثبت اطلاعات در هر مرحله است (هوگوس[۳۴]، ۲۰۱۱). 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. به‌طورکلی 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. زنجیره‌ی تأمین شامل تمام کسب‌وکارها و واحدهایی است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تأمین‌کننده و برطرف‌کننده‌ی تقاضای مشتری نهایی هستند. برخلاف آنچه غالب مردم در ذهن دارند، عناصر واسطه در مدیریت، زائد و مضر تلقی نمی‌شوند. زنجیره‌ی تأمین تنها شامل تولیدکنندگان نیست، بلکه علاوه بر تولیدکنندگان شامل تمام عواملی است که مواد اولیه‌ی موردنیاز کارخانه‌ها را تأمین می‌کنند، آن‌ها را می‌فروشند، آن‌ها را حمل می‌کنند، انبار می‌کنند و همچنین شامل فروشندگان و توزیع‌کنندگان محصول نهایی است. پرواضح است که با حذف و یا کمرنگ کردن نقش هرکدام از این عوامل، زنجیره‌ی تأمین به‌درستی عمل‌نکرده و نه‌تنها آن حلقه از زنجیر از کار باز می‌ماند بلکه ادامه‌ی فعالیت بقیه‌ی حلقه‌ها را نیز مختل خواهد کرد. زنجیره‌ی تأمین شامل تمام واحدهایی است که در برطرف کردن نیاز مشتری مؤثر هستند. علاوه بر موارد مذکور واحدهای بازاریابی، مهندسی، طراحی و ... نیز

[۳۴] Hugos

بخشی از زنجیره‌ی تأمین هستند (ویلا[۳۵]، ۲۰۰۱). یک مشتری را تصور کنید که برای خرید یک پودر شوینده وارد یک فروشگاه بزرگ مثل وال مارت می‌شود. زنجیره‌ی تأمین با مشتری و نیاز آن‌ها برای پودر شوینده آغاز می‌شود مرحله‌ی بعدی فروشگاه وال مارت است که مشتری از آن دیدن کرده است و پس‌ازآن انبارهای وال مارت که محصولات در آن انبارشده‌اند بخشی از زنجیره‌ی تأمین هستند. شرکت پخش و توزیعی که محصولات را از تولیدکننده‌اش تحویل گرفته، سفارش‌ها را مدیریت کرده و آن را با استفاده از تریلی، کامیون و ... برای وال مارت آورده است بخش‌های بعدی این زنجیره هستند. پس‌ازآن نوبت به تولیدکننده می‌رسد و پس‌ازآن شرکت‌های پخش مختلفی که مواد اولیه را به تولیدکننده‌ی پودر رسانده‌اند و خود تولیدکنندگان مواد اولیه ازجمله زنجیره‌ی تأمین یک پودر شوینده هستند. برای مدیریت مؤثر زنجیره تأمین ضروری است که تأمین‌کنندگان و مشتریان با یکدیگر و در یک روش هماهنگ و با شراکت و ارتباطات اطلاعاتی و گفت‌وگو با یکدیگر کار کنند. این امر یعنی جریان سریع اطلاعات در میان مشتریان و عرضه‌کنندگان، مراکز توزیع و سیستم‌های حمل‌ونقل که بعضی از شرکت‌ها را قادر می‌سازد که زنجیره‌های عرضه بسیار کارایی را ایجاد کنند. عرضه‌کنندگان و مشتریان باید اهداف یکسان داشته باشند. عرضه‌کنندگان و مشتریان باید اعتماد متقابل داشته باشند. مشتریان درزمینه‌ی کیفیت محصولات و خدمات به تأمین‌کنندگان خود اعتماد می‌کنند. علاوه بر آن عرضه‌کنندگان و مشتریان باید در طراحی زنجیره تأمین برای دستیابی به اهداف مشترک و تسهیل ارتباطات و جریان اطلاعات با یکدیگر شریک شوند در حالت کلی زنجیره تأمین از دو یا چند سازمان تشکیل می‌شود که رسماً از یکدیگر جدا هستند و به وسیله‌ی جریان‌های مواد، اطلاعات و جریان‌های مالی به یکدیگر مربوط می‌شوند. این سازمان‌ها می‌توانند بنگاه‌هایی باشند که مواد اولیه، قطعات، محصول نهایی و یا خدماتی چون توزیع، انبارش، عمده‌فروشی و خرده‌فروشی تولید می‌کنند. حتی خود مصرف‌کننده نهایی را نیز می‌توان یکی از این سازمان‌ها در نظر گرفت (منتزر[۳۶] و همکاران، ۲۰۰۱). اصطلاح "مدیریت زنجیره تأمین" در اواخر دهه‌ی ۸۰ میلادی مطرح شد و در دهه-

[۳۵] Villa
[۳۶] Mentzer

ی ۹۰ به صورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفت. پیش از این تاریخ عباراتی همچون "لجستیک" و "مدیریت عملیات" به کار می‌رفت.

برخی از تعاریف زنجیره تأمین عبارتند از:

- یک زنجیره تأمین، هم‌راستا سازی شرکت‌هایی است که محصولات یا خدمتی را به بازار عرضه می‌کنند (لامبر و داگلاسم[۳۷]، ۱۹۹۸).
- یک زنجیره تأمین شامل تمامی مراحلی است که به طور مستقیم یا غیرمستقیم در برآورده ساختن خواست مشتری دخیل هستند. زنجیره تأمین نه تنها شامل سازندگان و تأمین-کنندکان می‌شود بلکه بخش‌های حمل‌ونقل، انبارها، خرده‌فروشان و حتی مشتریان را در بر می‌گیرد (چوپرا، ۲۰۰۲).
- یک زنجیره تأمین شبکه‌ای از تجهیزات و امکانات توزیع است که عملیات‌های تأمین مواد، تبدیل مواد، به محصولات نیمه ساخته و توزیع محصولات نهایی در بین مشتریان را به عهده دارد (گانشان و تری[۳۸]، ۱۹۹۵).
- مدیریت زنجیره تأمین بر یکپارچه‌سازی فعالیت‌های زنجیره تأمین و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها از طریق بهبود در روابط زنجیره، برای دستیابی به مزیت رقابتی اتکا و مستدام مشتمل می‌شود. بنابراین مدیریت زنجیره تأمین عبارت است از فرآیند یکپارچه‌سازی فعالیت‌های زنجیره تأمین و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آن، از طریق بهبود عملکرد و هماهنگ‌سازی فعالیت‌ها در زنجیره تأمین تولید و عرضه محصول (لودان[۳۹]، ۲۰۰۲).

مدیریت کارای زنجیره تأمین نیازمند بهبود همزمان در سطح خدمت‌دهی به مشتری و کارایی فعالیت‌های داخلی شرکت‌های عضو زنجیره است. سطح بالای خدمت به مشتری به معنای نرخ بالای تأمین سفارشات، نرخ بالای تحویل به موقع و نرخ پایین محصولات مرجوعی با هر دلیلی از طرف

---

[۳۷] Lamber & Douglasm
[۳۸] Ganeshan & Terry
[۳۹] Laudon

مشتریان است. در مقابل کارایی داخلی برای سازمان‌های یک زنجیره تأمین به معنای آن است که این سازمان‌ها نرخ بازگشت مطلوبی از سرمایه‌های خود به دست آورده و راه‌هایی را برای کاهش هزینه‌های عملیاتی و فروش خود پیدا نموده‌اند.

۲-۲-۳- اعضای زنجیره‌های تأمین

در ساده‌ترین حالت، یک زنجیره تأمین از یک شرکت و مشتریان و تأمین‌کنندگان آن شرکت تشکیل شده است. این مجموعه، گروهی اولیه از اعضاست که زنجیره تأمین ساده‌ای را ایجاد می‌کند.

در زنجیره‌های تأمین گسترش یافته سه نوع دیگری از اعضا نیز وجود دارند. نخست اینکه در ابتدای این زنجیره‌های تأمین، تأمین‌کننده یک تأمین‌کننده و یا تأمین‌کننده آغازین و دوم اینکه در انتهای زنجیره، مشتری مشتری و یا مشتری نهایی قرار دارند. در نهایت هم اینکه دسته کاملی از شرکت‌ها که به یکدیگر خدمت می‌کنند نیز در این زنجیره وجود دارند. این شرکت‌ها خدماتی همچون امور تدارکات، مالی، بازاریابی، و تکنولوژی اطلاعات را ارائه می‌دهند (هوگوس، ۲۰۱۱).

در هر زنجیره تأمین ترکیبی از شرکت‌ها با عملیات‌های اجرایی مختلف وجود دارند. این شرکت‌ها ممکن است تولیدکننده، توزیع‌کننده یا عمده‌فروش، خرده‌فروش و یا مشتری باشند. شرکت‌های دیگری نیز وجود دارند که در نقش پشتیبان شرکت‌های اصلی، محدوده‌ی وسیعی از خدمات مورد نیاز آنها را ارائه می‌کنند.

- تولیدکنندگان

سازندگان یا تولیدکنندگان، سازمان‌هایی هستند که محصول را تولید می‌کنند و به دو دسته تولید-کننده مواد خام و یا تولیدکننده محصولات نهایی تقسیم می‌شوند. تولیدکنندگان مواد خام سازمان‌هایی هستند که معادن را استخراج می‌کنند، برای نفت و گاز به حفاری می‌پردازند و الوارها را می‌برند. همچنین سازمان‌هایی که به فعالیت‌های کشاورزی، پرورش دام و تهیه و تولید مواد غذایی دریایی مشغولند، جزو این دسته محسوب می‌شوند. تولیدکنندگان محصولات نهایی برای تولید محصولات خود، از این مواد اولیه و قطعات نیمه مونتاژ شده توسط سایر سازندگان استفاده می‌کنند.

تولیدکنندگان می‌توانند سازنده محصولات نامشهود همچون آهنگ، سرگرمی‌ها، نرم‌افزارها و یا طراحی‌ها باشند. علاوه بر این محصولات می‌توانند خدماتی همچون چمن‌زنی، تمیزکردن اداره‌ها، عملیات‌های پزشکی و یا آموزش مهارتی خاص باشند. در بسیاری از موارد، تولیدکنندگان محصولات فیزیکی به مناطقی می‌روند که هزینه‌ی نیروی انسانی در آنجا کمتر است. تولیدکنندگان کشورهای توسعه‌یافته ی آمریکای شمالی، اروپا و بخش‌هایی از آسیا در بسیاری از موارد تولیدکنندگان محصولات نامشهود هستند (بالو[۴۰]، ۲۰۰۷).

- توزیع‌کنندگان

توزیع‌کنندگان یا عمده‌فروشان شرکت‌هایی هستند که محصولات را به صورت حجیم از تولیدکننده دریافت نموده و مجموعه‌ای از محصولات مورد نیاز مشتریان را به آنها تحویل می‌دهند. آنها محصولات را در مقادیر بیش از میزان خرید مشتریان انفرادی، به مراکز تجاری می‌فروشند.

توزیع‌کنندگان با نگه‌داری موجودی، نوسانات تقاضا زا کنترل نموده و از انتقال آن به تولیدکنندگان جلوگیری می‌کنند. آنها همچنین عمده فعالیت‌های فروش همچون یافتن مشتریان و ارائه خدمات به آنها را بر عهده دارند. کارکردهای "زمانی و مکانی" یعنی تحویل محصول در زمان . محل مورد نظر مشتری توسط توزیع‌کنندگان صورت می‌گیرد. معمولاً یک توزیع‌کننده سازمانی است که مالکیت محصولات دریافتی از تولیدکنندگان جهت فروش به مشتریان را در اختیار دارد. توزیع‌کنندگان علاوه بر فروش و ترویج محصول، فعالیت‌های دیگری همچون مدیریت موجودی، امور انبارداری، حمل‌ونقل محصول و خدمات پس از فروش را نیز انجام می‌دهند.

توزیع‌کننده می‌تواند تنها واسطه‌ی بین تولیدکننده و مشتری باشد به طوری که هیچ‌گاه مالکیت محصول را در اختیار نگیرد. این نوع توزیع‌کنندگان عمدتاً امور فروش و ترویج محصول را بر عهده دارند. در هر دو حالت فوق، توزیع‌کنندگان با رشد انتظارات مشتری و تغییر محصولات در دسترس، نیازهای مشتریان را پیگیری نموده و آن را نز طریق محصولات موجود مرتفع می‌سازند.

---

[۴۰] Ballou

- خرده‌فروشان

خرده‌فروشان، موجودی را مگه‌داری نموده و آن را در مقادیر کوچک به عامه‌ی مردم می‌فروشند. همچنین آنها رفتار و تقاضای مشتریان را از نزدیک تعقیب و پیگیری می‌کنند. هر خرده‌فروش از طریق ارائه‌ی ترکیباتی از قیمت، تنوع محصول، خدمات، تسهیلات به تبلیغ پرداخته و سعی می‌نمایند مشتریان بیشتری جذب نمایند. برای مثال مراکز تخفیف با ارائه محصولات متنوع و کم قیمت فروشگاه‌های تخصصی با ارائه محصولات منحصر به فرد و سطوح بالای سرویس‌دهی و دستورهای غذایی آماده از طریق قیمت پایین و ایجاد راحتی مشتری جذب می‌کنند.

- مشتریان

مشتری یا مصرف‌کننده، هرفرد یا سازمانی است که محصول استفاده می‌کند. یک مشتری سازمانی ممکن است محصول را به منظور ترکیب با محصول دیگری خریداری نموده و این مجموعه را به مشتریان دیگری بفروشد. همچنین ممکن است مشتری، مصرف‌کننده نهایی محصول باشد که آن را برای استفاده‌ی خود خریداری کرده است.

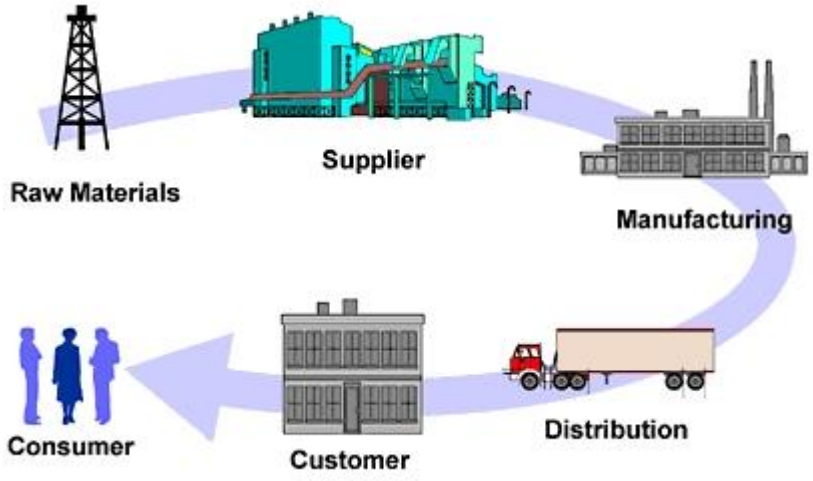
- شرکت‌های خدماتی

این شرکت‌ها، سازمان‌هایی هستند که به تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، خرده‌فروشان و مشتریان خدماتی را ارائه می‌دهند. شرکت‌های خدماتی، تخصص‌ها و مهارت‌های ویژه‌ای داشته و روی یک یا چند فعالیت خاص مورد نیاز زنجیره تأمین متمرکز شده‌اند. از این رو آنها قادرند تا این فعالیت‌های خدماتی را بسیار کارآتر و با قیمت مناسب‌تری از تولیدکنندگان، خرده‌فروشان و یا مصرف‌کنندگان انجام دهند.ارائه کنندگان خدمات حمل‌ونقل و انبارداری از جمله شرکت‌های خدماتی معمول در یک زنجیره تأمین هستند (کریستوفر[۴۱]، ۲۰۱۴). این سازمان‌ها شرکت‌های باربری و یا شرکت‌های دارای

[۴۱] christopher

انبارهای عمومی هستند که تحت عنوان سازمان‌های لجستیکی شناخته می‌شوند. شرکت‌های ارائه دهنده‌ی خدمات مالی درباره‌ی اموری همچون اعطای وام، بررسی مسائل اعتباری و بستانکاری و وصول‌نمودن صورت حساب‌های گذشته فعالیت می‌نمایند. این سازمان‌ها عبارتند از بانک‌ها، شرکت‌های تعیین‌کننده‌ی درجه‌ی اعتبارات و آژانس‌های وصول‌کننده مطالبات.

برخی از شرکت‌های خدماتی در زمینه‌ی تحقیقات بازار و تبلیغات و برخی دیگر در زمینه‌ی طراحی محصول، خدمات مهندسی، مسائل حقوقی، مشاوره‌های مدیریتی، تکنولوژی اطلاعات، جمعآوری داده-ها فعالیت می‌کنند. تمامی این شرکت‌های خدماتی در سطوح مختلفی با فعالیت‌های تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، خرده‌فروشان و مصرف‌کنندگان زنجیره تأمین در ارتباط هستند (هوگوس، ۲۰۱۱). شکل (۲-۱) مدل زنجیره تأمین ساده‌ی مستقیم را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱: نمای زنجیره تأمین ساده مستقیم

شرکت‌های خدماتی در زمینه‌های زیر فعالیت می‌کنند:

- لجستیک
- مالی
- تحقیق باراز
- طراحی محصول

- تکنولوژی اطلاعات

۲-۲-۴- سطوح اصلی تصمیمات زنجیره‌ی تأمین

در این بخش به معرفی سطوح تصمیمات زنجیره تأمین می‌پردازیم که طیف وسیعی از فعالیت‌های شرکت‌ها را از سطح راهبردی تا سطح تاکتیکی و عملیاتی در بر می‌گیرد (منتزر و همکاران، ۲۰۰۱).

- سطح راهبردی به تصمیماتی میپردازد که اثر بلند مدتی بر دارد. این سطح تصمیماتی در مورد تعداد مکان و ظرفیت انبارها و کارخانه‌های ساخت و جریان مواد در سراسر شبکه‌ی لجستیک در بر می‌گیرد.

  سطح تاکتیکی در بر دارنده‌ی تصمیماتی است که عموماً بین یکبار در فصل تا یکبار در سال به روز می‌شود.این موارد شامل تصمیم‌های مربوط به خرید و تولید، سیاست‌های موجودی و راهبردی حمل‌ونقل است که تعداد دفعاتی که با مشتری ملاقات می‌شود را در برمی‌گیرد.
- سطح عملیاتی به تصمیم‌های روز به روز نظیر برنامه‌ی زمان‌بندی، فهرست تحویل، مسیریابی و بارگیری کامیون‌ها اشاره دارد.

کروم[۴۲] و همکاران (۲۰۰۰) این موضوع را مشخص می‌کنند که چگونه ادبیات‌های موضوعی مختلف از دیدگاه‌های متفاوت در SCM[۴۳] مشارکت دارند و تعدادی از نواحی موضوعی که محور ادبیات SCM هستند عبارتند از:

- ادبیات خرید و تأمین
- ادبیات لجستیک و حمل‌ونقل
- ادبیات بازاریابی
- ادبیات رفتار سازمانی صنعتی اقتصاد هزینه‌ی اجرایی و دیدگاه قراردادی
- تئوری اضطرار

---

[۴۲] Croom
[۴۳] Supply chain management

- جامعه‌شناسی مؤسسه‌ای
- ادبیات مهندسی سیستم
- ادبیات بهترین نمونه‌ها
- ادبیات مدیریت استراتژیک
- ادبیات توسعه اقتصادی
- مدیریت استراتژیک
- لجستیک
- بازاریابی
- ارتباطات/ شرکت‌ها
- رفتار سازمانی

۲-۲-۵-لجستیک

واژه لجستیک ریشه یونانی دارد و در موارد نظامی جابجایی جنگ افزار، مهمات و جیره‌ی غذایی و در مواقع حرکت از مکان اصلی به سمت خط مقدم استفاده می‌شود. درزبان یونانی، رومی و امپراطور رم شرقی، نظامیانی وجود داشتند به نام logistikas که وظیفه‌ی مسائل مالی و تقسیم مایحتاج بر عهده-ی آنان بوده است. در دیکشنری آکسفورد لجستیک به این صورت تعریف شده است: قسمتی از علوم نظامی که وظیفه‌ی تهیه و تحویل آماده و جابجایی مواد و افراد و تجهیزات را دارد و در دیکشنری دیگری به این صورت تعریف شده است: مدت زمانی که برای مهیا کردن منابع مورد نیاز است (سیمچی[۴۴]، ۱۹۹۹).

همین‌طور لجستیک به صورت عمومی شاخه‌ای از علوم مهندسی است که سیستم‌های انسانی به جای سیستم‌های ماشینی ایجاد می‌کند.

گستره‌های مدیریت لجستیک عبارتند از:

[۴۴] Simchi

- لجستیک داخل مرزهای یک کشور
- لجستیک خارج از مرزهای یک کشور
- لجستیک داخلی

لجستیک به کلیه‌ی فعالیت‌های هماهنگی اطلاق می‌شود که جهت بررسی، تحقیق، مطالعه و برآورد نیازها و احتیاجات اولیه در زمینه وسایل و تجهیزات، ماشین‌ها و ابزارآلات، تاسیسات و قطعات از هر نوع و کلیه امور مربوط به تهیه، تولید، بیمه، نگهداری، انبارداری، توزیع، حمل‌ونقل، تنظیم و تهیه‌ی روش انجام کار، طراحی سیستم و دستورالعمل و نظارت بر موارد فوق انجام می‌گیرد. لجستیک، یک سیستم جامع‌نگراست که اهتمام آن در نظر گرفتن راه‌حل بهینه برای رسیدن به مقصود است. یعنی همه‌ی ابزارها را در دسترس قرار می‌دهد و آن‌گاه با توجه به موقعیت تصمیم می‌گیرد که از چه روش و ابزاری استفاده می‌کند. لجستیک به عنوان یک روش کلی دید خود را به پهنه‌ای وسیع‌تری می-گستراند و از بالا دست به قضایا می‌نگرد و تصمیم می‌گیرد که چه فرآیندی انجام شود و یک مدیریت دست بالا است. در صنایع تولیدی یا خدماتی، هدف یا رسالت کلی به نوعی دستیابی به رضایت مشتری عنوان می‌شود. در حقیقت این رضایت مشتری است که باعث دستیابی سازمان به سود می-شود. اولین فرآیندی که در تعریف لجستیک مهم به نظر می‌رسد شامل برنامه‌ریزی اجرا و کنترل می-باشد (پراهینسکی و کوکاباسگلو[۴۵]، ۲۰۰۶).

۲-۲-۶- زنجیره تأمین و لجستیک در صنایع مختلف

توجه به گسترش فعالیت‌های صنعتی و بازرگانی و عزم جدی در سطح مختلف کشورها در زمینه‌ی تعالی و توسعه، دقت در تمامی ابعاد تأمین، تولید و توزیع را – فراتر از نوع و کیفیت محصول- برای جهش در پیشرفت ایجاب می‌نماید. مطالعه‌ی تجربه‌ی جهانی در این زمینه نقش مدیریت زنجیره‌ی تأمین و لجستیک را بسیار برجسته می‌نماید (دکر[۴۶] و همکاران، ۲۰۱۳). بخش مهمی از محصولات و خدمات مرتبط با مدیریت زنجیره‌ی تأمین و لجستیک در حوزه‌هایی تعریف می‌شوند که عبارتند از:

[۴۵] Prahinski & Kocabasoglu
[۴۶] Dekker

سیستم‌ها و تجهیزات حمل‌ونقل محصولات و بار، فناوری‌ها و سیستم‌های ذخیره‌سازی و انبارش، فناوری‌های اقلام خشک، اقلام مایع و فله‌ای، خدمات و فناوری‌های لجستیک مواد خطرناک، دارای ریسک ویژه، انواع سیستم‌های کنترل (بیسیم، سیستم‌ها و نرم‌افزارهای مدیریت، حمل‌ونقل و مدیریت انبار و ...) بدین ترتیب فعالان عرصه‌ی حمل‌ونقل از شاخص‌ترین فعالان عرصه لجستیک و خدمات زنجیره‌ی تأمین هستند. همچنین بخشی از محصولات و خدمات مرتبط با مدیریت زنجیره‌ی تأمین و لجستیک در حوزه‌ی بسته‌بندی انواع و اقسام مواد و محصولات به منظور انتقال، توزیع و فروش است. مواد و محصولاتی که از لحاظ ابعاد، سیالیت یا جامد بودن، میزان فسادپذیری، فاصله تولیدکننده تا مصرف‌کننده و ... متفاوت هستند. بدین‌ترتیب فعالان حوزه‌ی بسته‌بندی از مهم‌ترین فعالان عرصه‌ی لجستیک و خدمات زنجیره‌ی تأمین به شمار می‌آیند. در کنار مسائلی که در بالا اشاره شده است، مواد و محصولاتی غذایی که طیف بزرگی را شامل می‌شوند، دارای ویژگی‌های منحصر به فردی هستند. این ویژگی‌ها در زمینه‌هایی از قبیل ابعاد، میزان و زمان فسادپذیری، سیالیت و جامدبودن، مدت زمان تحویل و ... مطرح هستند. از این رو شرایط و مشخصات خاصی برای زنجیره‌ی تأمین و لجستیک این مواد و محصولات به وجود می‌آیند. بدین‌ترتیب فناوری‌ها و تجهیزات و سیستم‌های مدیریتی، برنامه-ریزی نرم‌افزاری و عملیاتی خاص در حوزه‌های حمل‌ونقل، انبارش، توزیع و شناسایی، کدگذاری و ردیابی، توزین، بسته‌بندی و دیگر حوزه‌های لجستیکی طلب می‌کند. توجه به مشخصات مواد و محصولات صنایع نفت و گاز و پتروشیمی، ویژگی‌هایی از قبیل داشتن ارزش استراتژیک، سیال بودن و پیوستگی بعضی از اقلام، قابلیت بسته‌بندی شدن بعضی از اقلام، خطرناک و دارای ریسک بودن، نیاز به شرایط برای انجام فرآیندهای تولیدی، انبارش، انتقال و مصرف برجسته می‌شود (هوکوس[۴۷]، ۲۰۱۱).

[۴۷] Hugos

۲-۲-۷- موانع توسعه لجستیک و مدیریت زنجیره‌های تأمین در کشور

بانک جهانی در گزارشی مهم‌ترین موانع لجستیک و مدیریت زنجیره‌ی تأمین در کشورهای در حال توسعه را معرفی کرده است که در مورد کشورمان نیز مصداق دارد:

- زیرساخت‌های ناکافی
- زیرساخت‌های ضعیف حمل‌ونقل و قوانین متعدد و مختلف مربوط به آن
- زیرساخت‌های مخابراتی ناکافی
- وسایل حمل‌ونقل فرسوده و ناکافی
- شبکه‌ی جاده‌ای ناکافی
- انبارهای ناکافی
- شبکه‌ی راه‌آهن اندک و قدیمی
- چالش‌های اقتصادی
- درک ضعیف از اقتصاد رقابتی
- ضعف در برنامه‌ریزی اقتصادی واقع‌بینانه و عملی
- ضعف در تثبیت مسیر اقتصادی
- بازار کوچک داخلی و کمبود اطلاعات در بازار
- سیستم بانکی ناکارا و نرخ‌های بهره‌ی بالا
- مشکلات و ناراسایی‌ها در حمایت‌های اقتصادی دولت
- ناکارایی نظام مالیاتی
- چالشهای مدیریتی
- مدیریت بروکراتیک و عدم هماهنگی‌های میان سازمانی در زنجیره
- عدم انعطاف‌پذیری سیستم

- عدم اعتماد بین اجزای زنجیره و طولانی‌بودن سیستم‌های قضایی جهت حل و فصل دعاوی
- کمبود نیروی انسانی متخصص و صلاحیت‌دار

۲-۲-۸- اهمیت اقتصادی لجستیک

روند رو به رشد جمعیت و به تبع آن رشد تقاضا باغث شکل‌گیری بازارهای فروش کالا و همین‌طور مراکز عرضه‌ی خدمات و کالاها شده است. توزیع کالاها از مبدأ تولید تا رسیدن به دست مصرف‌کننده‌ی نهایی به عنوان یک جزء مهم از تولید ناخالص ملی کشورها مبدل شده است. با توجه به این مهم، فعالیت‌های لجستیکی بر میزان نرخ تورم، نرخ بهره‌وری، نرخ سود و هزینه‌های مربوط به انرژی و دیگر خصوصیات اقتصادی تأثیر گذار است. مدیران مؤسسات تولیدی و صنعتی و همین‌طور سازمان‌های خدماتی بر این باورند که سیستم لجستیک چیزی فراتر از مجموعه‌ای از کارکردها و وظایف گسسته است (فلسچمن[۴۸] و همکاران، ۲۰۰۴).

مفهوم کارآمدی که طبق آن نیازمندی‌های مشتری بایستی به مقدار مناسب، در مکان مناسب و زمان مناسب به دست مشتری رسانده شود، تأثیر گسترده و عمیقی بر تعادل مؤسسات به صورت کلی و همین‌طور سیستم اقتصادی در سطح مالی و بین‌المللی گذاشته است.

تعریف لجستیک از نگاه انجمن مدیریت لجستیک عبارت است از:

"لجستیک بخشی از فرآیند زنجیره عرضه است به طوریکه جریان مؤثر و کارای انبارش کالاها، خدمات و اطلاعات وابسته به آنها از نقطه‌ی شروع تا مصرف به منظور برآورده نمودن نیازمندی‌های مشتری، برنامه‌ریزی، اجرا، کنترل می‌نماید."

سه ویژگی اساسی لجستیک عبارتند از:

- صرفه‌جویی هنگفت در هزینه‌ها
- کسب رضایت مشتری و افزایش فروش

[۴۸] Fleischmann

- عامل مؤثر در کسب برتری رقابتی در بازار

محققان لجستیک را علمی چند رشته‌ای که ترکیب مهندسی، اقتصاد و تئوری سازمان می‌باشد قلمداد می‌کنند به طوریکه در امور خرید، برنامه‌ریزی، تولید، بازاریابی و ... نقش اساسی بازی می‌کنند. لجستیک فرآیند برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل مؤثر و کارایی جریان و انبارش کالاها و خدمات و اطلاعات وابسته به آنها از نقطه‌ی شروع تا پایان می‌باشد (کریستوفر[۴۹]، ۲۰۱۴). گستره‌ی لجستیک وابسته به دو مفهوم نقطه مصرف و نقطه شروع می‌باشد. لجسیک مدیریتی جامع است که بر کلیه‌ی سیستم‌های تولیدی احاطه داشته و کلیه‌ی فعالیت‌های یک شرکت را تحت تأثیر قرار می‌دهد به عبارت بهتر لجستیک بر تمام فعالیت‌های عملیاتی یک شرکت یا مجموعه‌ای از شرکت‌ها که هدف مشترکی را دنبال می‌کنند تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم دارد. این هدف مشترک برای شبکه‌ی شرکت‌ها می‌تواند خمان برآورده کردن نیازهای مشتری باشد. مدیریت لجستیک: در تحلیل سیستم‌های تولیدی موضوع لجستیک بخش فیزیکی زنجیره‌ی تأمین را در برمیگیرد. این بخش که کلیه فعالیت‌های فیزیکی از مرحله‌ی تهیه‌ی ماده خام تا محصول نهایی شامل فعالیت‌های حمل‌ونقل، انبارداری، زمان‌بندی تولید و ... را شامل می‌شود، بخش نسبتاً بزرگی از فعالیت‌های زنجیره‌ی تأمین را به خود اختصاص می‌دهد. در واقع محدوده‌ی لجستیک تنها جریان مواد و کالا نبوده بلکه محور فعالیت‌های زنجیره‌ی تأمین است که روابط و اطلاعات، ابزارهای پشتیبان آن برای بهبود در فعالیت‌ها هستند (هوگوس[۵۰]، ۲۰۱۱).

۲-۲-۹- لجستیک معکوس و زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته

لجستیک معکوس یک اصطلاح و عبارت کلی است که در سطحی گسترده در برگیرنده‌ی تمام عملیات مرتبط با مصرف مجدد کالا و موادی می‌باشد که مدیریت این عملیات می‌تواند به بهبود توزیع و جمع-آوری کالا و مواد منتهی شود. در واقع لجستیک معکوس یعنی فرآیند حرکت و انتقال مناسب اقلام (مصرف شده و نشده) از آخرین مقصد توزیع شده برای کسب ارزشمندی محصولات در نزد مشتری و

[۴۹] christopher
[۵۰] Hugos

مصرف مناسب آن. لجستیک معکوس را می‌توان لجستیک مرتبط با کالاهای عودتی یا کالاهای برگشتی دانست. به طور کلی لجستیک معکوس را می‌توان این‌گونه تعریف کرد: انتقال دقیق، به موقع و درست مواد، اقلام و کالاهای قابل استفاده و غیر قابل استفاده از انتهایی‌ترین نقطه و آخرین مصرف-کننده از طریق زنجیره‌ی تأمین به واحد مناسب و مورد نظر.

به عبارت دیگر لجستیک معکوس فرآیند حرکت و انتقال برای کالاها و تولیداتی است که در زنجیره‌ی تأمین دارای قابلیت بازگشت هستند. لجستیک معکوس تمام فعالیت‌های زنجیره‌ی تأمین که به صورت معکوس اتفاق می‌افتد را شامل می‌شود. مهم‌ترین اصل در لجستیک معکوس این است که بسیاری از مواد که اصطلاحاً غیرقابل استفاده یا کاربرد برای مصرف‌کننده هستند، دارای ارزش بوده و با اندکی اصطلاح و مرمت می‌توانند مجدداً وارد زنجیره‌ی تأمین بشوند (هاموند[۵۱] و بیولنس، ۲۰۰۷) .

۲-۲-۱۰- طراحی راهبردی زنجیره تأمین و لجستیک معکوس

سازمان‌ها هر زمانی کالا یا کالاهایی را تولید، توزیع، حمل و یا انبار می‌کند درباره‌ی نحوه‌ی انجام امور مربوط به خود، تصمیمات متعددی را می‌گیرد. سازمان‌های مختلف دیگر نیز با تصمیمات دیگری مواجه هستند، از قبیل اینکه چه تعداد از اقلام و کالاها از انبارها خارج شده و به کجا انتقال یابد و بسیاری تصمیمات دیگر. افراد تصور می‌کنند که این تصمیمات در تغییر موقعیت سازمان تأثیری ندارد، اما تصمیمات مهم بوده و جزء تصمیمات عملیاتی محسوب می‌شوند (دکر[۵۲] و همکاران، ۲۰۱۳). در اتخاذ تصمیات طراحی راهبردها، هر چیزی را (به جزء تقاضاهای بازار بیرونی) می‌توان دگرگون ساخت. هدف طراحی راهبردی، دستیابی به مؤثرترین و سودآورترین سیستم زنجیره‌ی تأمین است که در بازاربه مشتریان خدمات مختلفی ارائه دهد.

به هنگام اتخاذ تصمیمات زنجیره‌ی تأمین، اغلب سوالاتی به شرح زیر مطرح می‌شود:

- چه تعداد کارخانه و انبار لازم است؟
- آیا باید تعدادی از انبارها و کارخانه‌ها را تعطیل کرد؟

---

[۵۱] hammond
[۵۲] Dekker

- آیا باید محصولات خاصی را در مکان مخصوص ذخیره کرد؟
- آیا باید حمل‌ونقل کالاها را به پیمانکار واگذلر نمود؟
- آیا باید بخش‌های فرعی اما مهم محصولات را ساخت یا آنها را خریداری نمود؟ اگر قرار است که آنها خریداری شوند، بهتر است از کجا خریداری شوند؟

سایر امور از جمله تولید، انبار، انتقال کالا و نیز لجستیک معکوس نیز بدون اتخاذ تصمیمات راهبردی جریان نخواهند یافت. در برخورد با مبحث لجستیک معکوس، ابتدا باید دید که در تصمیمات تاکتیکی سازمان، چه اصولی مطرح است، تا با کمک آن بتوان برای لجستیک معکوس نیر تصمیمات راهبردی اتخاذ کرد. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، لجستیک معکوس به تمام فعالیت‌های لجستیکی در امرجمع-آوری و رسیدگی به کالاهای مصرفی دست دوم، قطعات، کالا و یا مواد به منظور تضمین کیفیت مطلوب اشاره می‌کند. در برخورد با مبحث لجستیک معکوس به پنج سوال کلیدی و حساس برمی-خوریم:

- چه جایگزین‌هایی برای بهبود فرآیند توزیع در زنجیره‌ی تأمین کالا، قطعات و مواد در دسترس می‌باشد؟
- چه کسی یا چه واحدی باید فعالیت‌های مختلف بهینه‌سازی فرآیند لجستیک را انجام دهد؟
- فعالیت‌های مختلف بهبود لجستیک چگونه صورت می‌گیرد؟
- آیا یکپارچه‌سازی فعالیت‌هایی که با لجستیک معکوس در ارتباط هستند با سیستم تولید و توزیع کلاسیک امکان‌پذیر است؟
- هزینه‌ها و مزایای لجستیک معکوس از دیدگاه زیست‌محیطی و اقتصادی چیست؟

بدیهی است که بدون توجه به طراحی راهبردی زنجیره‌ی تأمین، تلاش برای طراحی راهبردی لجستیک معکوس بسیار دشوار خواهد بود، شاید کوشش برای یافتن پاسخ‌های مناسب برای پرسش-

های فوق، ما در طراحی راهبردی‌های زنجیره‌ی تأمین و به تبع آن لجستیک معکوس کمک کند (کریستوفر[۵۳]، ۲۰۱۴).

۲-۲-۱۱- دلایل استفاده از لجستیک معکوس

همان‌طور که می‌دانید به طور عمومی و سنتی تولیدکنندگان کالا و اقلام در قبال کالاهای خود، پس از توزیع و سپس مصرف توسط مصرف‌کنندگان، هیچ‌گونه احساس مسئولیتی نمی‌کنند و تعهدی را در قبال تولیدات توزیع شده و مصرف شده‌ی خود نمی‌پذیرند. اما امروزه حجم محصولات تولیدی مصرف شده، خسارات قابل ملاحظه‌ای را در جهت تخریب محیط‌زیست به بارآورده است و همگان اعم از مصرف‌کنندگان و مسئولان نگران وضعیت محیط‌زیست خود هستند و با دغدغه‌ی فراوان، روند رو به بهبودی را برای وضعیت محیط‌زیست خود دنبال می‌کنند به نحوی که همگان از تولیدکنندگان مختلف کالاها و اقلام انتظار دارند تا هزینه‌ی ضایعات و جمع‌آوری رباله‌های ناشی از تولیدات خود را بپذیزند و یا حداقل ضایعات کالاهای مصرفی را کاهش دهند (کواک[۵۴]، ۲۰۰۸؛ استون بریکر[۵۵]، ۲۰۰۶).

این توجه روز افزون به مدیریت ضایعات و وضع قوانین جدید در خصوص ضایعات محصولات تولیدی (به خصوص در اروپا)، تولیدکنندگان کالاها را به سمت بهبود فرآیند خود کشانده است، چرا که هزینه‌های انهدام و پاک‌سازی محیط‌زیست بسیار بالاست. از این رو، بیشتر شرکت‌ها و واحدهای تولیدی در اروپا و آمریکا مسئولیت جمع‌آوری، پخش و به روز کردن کالاهای دست دوم تولیدی خود را عهده‌دار شده‌اند. علاوه براین موضوع، برای تزریق پویایی و توسعه یک سیستم لجستیکی مناسب ضروری است که در زنجیره‌ی تأمین یک سازمان لجستیک، جامع‌نگری خوبی وجود داشته باشد. به عبارت دیگر، بحث توزیع معکوس و سایر ابعاد لجستیک معکوس به منظور فراهم کردن رضایت‌مندی مشتری لحاظ شده باشد، بدین معنا که مشتری پس از تأمین نیازهایش، از سیستم لجستیکی مورد

---

[۵۳] Christopher
[۵۴] Kovak
[۵۵] Stonebraker

انتخاب خود احساس امنیت کند و مطمئن باشد که در صورت وجود هرگونه عیب و نقص در کالای توزیع شده که از ناحیه‌ی یکی از فرآیندهای تولید، توزیع و یا انبار ناشی شده باشد (تافل ام دابلیو[۵۶]، ۲۰۰۴). به وسیله‌ی استقرار لجستیک معکوس قابل پذیرش و رفع شدن است و به صورت کاملاً منظم، اقلام کالاهای توزیع شده‌ای که برای مصرف‌کننده یا مشتری قابل استفاده نیستند در زنجیره‌ی تأمین به وسیله‌ی سیستم توزیع معکوس جمع‌آوری شده و توسط یکی از مراحل بهبود مستمر لجستیک معکوس در کمترین زمان ممکن برای مصرف کالا و اقلام مطلوب به مشتری بازگردانده می‌شود. این ایجاد رضایت‌مندی و امنیت خاطر برای مشتریان، به منزله‌ی دمیدن روح پویایی دریک سیستم لجستیکی استوار استقرار این نظام و عملکردهای دقیق آن، می‌تواند خود به تنهایی تبلیغ خوبی برای افزایش رضایت‌مندی مشتریان، سودآوری بیشتر و نهایتاً افزایش مشتریان باشد. پس عمده دلایل شرکت‌ها در لجستیک معکوس عبارت است از:

قوانین و مقررات زیست‌محیطی که شرکت‌ها را وادار کی‌کند تا کالاها و محصولات از رده خارج خودشان را جمع‌آوری نمایند و در رفتار تولیدی آینده خود مراقبت بیشتری کنند.

مزایای اقتصادی استفاده از کالاهای عودت داده شده در فرآیند تولید به جای پرداخت هزینه‌ی بالای انهدام کالای دست دوم و افزایش آگاهی‌های زیست‌محیطی مصرف‌کنندگان.

بدیهی است که مصرف مجدد و طولانی مدت کالاها و محصولات به هر طریق ممکن، جزو دیدگاه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی سودمند به حساب می‌آید.

مصرف‌کنندگان و مشتریان سیستم لجستیکی، از استقرار لجستیک معکوس به شدت استقبال می‌کنند و این به دلیل سود نهفته‌ای است که در اثر استقرار لجستیک معکوس عاید آنان می‌شود.مطلوبیت‌هایی همچون احساس امنیت خاطر از سالم بودن کالای مورد تقاضا و ضمانت سیستم برای کالاها و اقلام توزیع شده و نیز تقبل هزینه‌های ناشی از سالم نبودن کالاو اقلام، از زمان جمع‌آوری آن تا تحویل دوباره‌ی کالا برای استفاده، از جمله دلایل این تمایل شدید است.

---

[۵۶] Toffel mw

مشتریان سیستم با استقرار لجستیک معکوس ثبات و بقاء بیشتری را در فعالیت‌های خود احساس می‌کنند و این ثبات و پایداری به ویژه در گروه‌های بزرگی از کالاهای برگشتی که مرور زمان از اعتبار و ارزش آنها می‌کاهد، کاملاً مشهود است. به طور مثال مجله‌ها، روزنامه‌ها و کتب منتشره‌ی برگشتی در فرآیند لجستیک معکوس هیچ‌گاه به مشتری آسیب نمی‌رساند و فروشنده به راحتی می‌تواند به هر مقدار که بخواهد تقاضا نموده و دغدغه تاریخ گذشتن و یا کهنگی کالاهای خود را نداشته باشد (فلسچمن[۵۷] و همکاران، ۲۰۰۴).

این‌گونه از برداشت‌ها و احساس امنیت خاطرها از فرآیند لجستیک معکوس، انگیزه‌ی بسیار زیادی برای مشتریان ایجاد کرده است تا جذب سیستم‌هایی از توزیع شوند که این نوع از نگرانی‌های آنان را رفع نماید و دیگر این که توجه طیف وسیع از مشتریان به لجستیک معکوس، سبب روی‌آوردن شرکت‌ها و سازمان‌ها به این فرآیند شده است.

۲-۲-۱۲- لجستیک معکوس و مراحل بهبود مستمر

مصرف مجدد مستقیم: این نوع از بهبودی که توسط لجستیک معکوس حاصل می‌شود، شامل کالاهایی می‌شود که به دلایلی مختلف یا تعمیر نشده و یا از نظر سطح پیشرفت و مدل، ارتقاء داده نشده‌اند، اما تمیز شده و مستقیماً به مشتری بازگردادنده می‌شود. برای نمونه می‌توان به پالت‌ها، شیشه‌ها و غیره اشاره نمود.

بازیافت مواد: در این نوع بهبود، کالا کاربری خود را حفظ نمی‌کند. به عبارت دیگر، هدف، استفاده از تمام یا برخی از مواد یا کالای عودت داده شده است. مواد بهبود یافته از این طریق ممکن است در تولید محصول اصلی وارد فرآیند تولید شود و یا ممکن است برای استفاده در صنایع دیگر مورد استفاده واقع شود، بازیافت مواد فاسد شدنی و تبدیل آن به کودهای آلی از جمله این فرآیندهاست. امروزه مواد فاسد شدنی را در زمین حفر می‌کنند و به صورت طبقه طبقه جای می‌دهند و به وسیله‌ی لایه ضخیمی از خاک آنها را طبقه‌بندی می‌کنند. در اثر فعالیت یک سری از میکروارگانیسم‌ها، مواد

---

[۵۷] Fleischmann

فاسد شدنی به کود آلی تبدیل می‌شوند که این کود می‌تواند به عنوان یک محصول جدید وارد زنجیره‌ی تأمین شود (کریستوفر[۵۸]، ۲۰۱۴). از این نوع همچنین می‌توان به عمل تجزیه کردن مهمات بلا استفاده اشاره نمود، بدین ترتیب که طبق روال فعلی در سازمان‌های نظامی کشور، پس از تعیین تکلیف برای انهدام مهماتی که به نوعی قابل استفاده نیستند، به یکی از روش‌ها، دفن در اعماق دریا، دفن در خاک، سوزاندن، منفجر کردن و تجزیه کردن، اقدام به انهدام آنها می‌شود. در این مورد موضوع بازیافت مواد، به عمل تجزیه کردن مهمات بلا استفاده برمی‌گردد، یعنی پس از این که تشخیص داده شد که دمونتاژ کردن مهمات بازگشتی خطرناک نیست، تصمیم به انهدام آنها توسط روش تجزیه کردن گرفته می‌شود. بدین صورت که در کارگاه‌های مخصوصی، مهمات به اجزای تشکیل‌دهنده‌اش تجزیه می‌شود و این اجزاء به صورت آهن قراضه، مس قراضه، آلومینیم قراضه و ... دوباره به چرخه صنعت باز می‌گردند و به صورت مواد اولیه در ساخت مهمات و یا محصولات دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

البته، نکته قابل توجه در مورد مهمات این است که ابتدا باید آنها را منهدم کرد، سپس به روش تجزیه کردن، اجزای مختلف آن را برای استفاده دوباره وارد چرخه صنعت نمود.

تعمیرات: اجزای کالاها و یا خود محصولات به ایستگاه‌های کاری برده می‌شوند که البته کیفیت قطعات و وسایل تعمیر شده عموماً پایین‌تر از وسایل و اقلام جدید و نو می‌باشد.

به روز کردن مجدد: در این مرحله کالا یا اجزای محصول به روز می‌شود، به نحوی که تأمین‌کننده کیفیت بالا برای مشتری و رعایت استانداردهای اولیه و عملیاتی کالای اصلی برای مصرف مجدد را دنبال می‌کند.

تولید دوباره (بازسازی و بهینه‌سازی): در این نوع از عملیات بهبود، کالاها به طور کلی، دمونتاژ شده و تمام مدل‌ها و قطعات به طور دقیق مورد بررسی و بازبینی قرار می‌گیرند و عناصر کهنه و فرسوده با عناصر جدید تعویض شده و یا تعمیر می‌شوند. اگر نیاز باشد ونیز امکان آن وجود داشته باشد، مدل

[۵۸] christopher

محصول یا کالا ارتقاء داده شده و به روزآوری می‌شود. محصولات دوباره ساخته شده ضمانت کیفی بالایی را دریافت می‌کنند و تحت ضمانت‌های جدید، محصول به مشتریان عرضه می‌شود. در واقع، محصولات دوباره می‌توانند مانند همان محصولات اصلی با همان کیفیت و شرایط مجدداً فروخته شوند. البته، دقت در بسته‌بندی مجدد کالا می‌تواند به روند رشد استفاده از روش ساخت مجدد کالا و اقلام کمک کند.

لجستیک معکوس به همه‌ی عملیاتی که مربوط به استفاده‌ی دوباره از محصولات و مواد می‌شود اطلاق می‌گردد، شامل فرآیندهای برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل بهره‌وری، جریان مواد اولیه مؤثر بر هزینه، انبارش در فرآیند، محصولات نهایی و اطلاعات مربوط از نقطه‌ی مصرف تا نقطه‌ی مبدأ با هدف بازپس‌گیری ارزش یا دفع کردن صحیح می‌باشد (دکر[۵۹] و همکاران، ۲۰۱۳).

به طور دقیق‌تر لجستیک معکوس فرآیند حرکت کالاها از مقصد نهایی‌شان با هدف بارپس‌گیری ارزش و دفع صحیح می‌باشد. فرآیندهای بازتولید نیز جزو لجستیک معکوس می‌باشد. فرآیند لجستیک معکوس شامل مدیریت و فروش کالاهای اضافی ماشین‌ها و تجهیزات برگشت داده شده می‌باشد، لجستیک با تحویل کالا به مشتری سروکار دارد.

مدیریت لجستیک معکوس و زنجیره‌های تأمین حلقه بسته یکی از جنبه‌های مهم و حیاتی هر کسب و کاری بوده و متضمن ساخت، توزیع خدمات و پشتیبانی از هر نوع محصولی است. در عصر کنونی تجارت چرخه‌ی عمرمحصولات هر روز کوتاه و کوتاه‌تر می‌شود، سیاست‌های برگرداندن محصول با زمان‌های پاسخگویی سریع و خدمات مشتری تعریف شده و تاکید بیشتری بر مدیریت بازگشت، تغییر شکل و ذخیره‌ی دوباره کالاهای تمام شده وجود دارد. قوانین دولتی جدید و قوانین سبز که به بازگرداندن و از رده خارج کردن موائد زائد الکترونیکی و دیگر مواد خطرناک مربوط است، مدیران سطوح بالای امور لجستیک و فرآیندهای زنجیره‌ی تأمین را وادار می‌سازد تا توجه بیشتری به فرآیند لجستیک معکوس داشته باشند. در دنیای آکادمیک با توجه به ویژگی‌های خاص و منحصر به فرد این

[۵۹] Dekker

جریان رو به عقب و تفاوت‌های زیاد آن با حرکت رو به جلو محصولات، محققان زنجیره‌ی تأمین ادبیات خاصی را برای آن انتخاب کرده و تحقیقات خود را در قالبی با عنوان «لجستیک معکوس» انجام می‌دهند (بلومبرگ[۶۰]، ۲۰۰۴). لجستیک معکوس را می‌توان به این صورت تعریف کرد: هماهنگی و کنترل کامل، بارگیری و تحویل فیزیکی مواد، قطعات و محصولات، از محل مصرف به محل عملیات و بازیابی یا دفع و سپس بازگرداندن متعاقب به محل مصرف در موارد مناسب است. لجستیک معکوس یا همان مدیریت بازگشتی‌ها، بیانگر آن بخش از فرآیندهای مدیریت زنجیره‌ی تأمین است که فعالیت-های مربوط به بازگشتی‌ها، لجستیک معکوس، کنترل ورودی‌ها، و اجتناب از دوباره‌کاری‌ها را در درون بنگاه و بین اعضای مختلف یک زنجیره‌ی تأمین مدیریت می‌کند. بکارگیری صحیح این فرآیند نه‌تنها مدیریت را قادر می‌سازد که جریان محصولات بازگشتی را به طور مؤثر مدیریت کند بلکه باعث تشخیص فرصت‌هایی برای کاهش بازگشتی‌های ناخواسته و کنترل سرمایه‌های قابل استفاده مجدد می‌شود. مدیریت مؤثر بازگشتی‌ها یک بخش مهم در مدیریت زنجیره‌ی تأمین است که فرصت حصول یک مزیت رقابتی پایدار را برای زنجیره‌ی تأمین فراهم می‌سازد. گرچه فعالیت‌های زیادی را می‌توان در قالب لجستیک معکوس در نظر گرفت، اما برخی از اهم فعالیت‌های لجستیک معکوس که عمدتاً به طور اختصاصی در این حوزه مطرح است عبارت است از: تعمیر و تعویض، نوسازی محصول، ساخت مجدد، بازیافت، فروش مجدد و استفاده مجدد. البته لجستیک معکوس تنها به استفاده مجدد یا بازیافت محدود نمی‌شود بلکه طراحی مجدد بسته‌بندی‌ها به منظور استفاده کمتر از مواد در آنها یا کاهش انرژی و آلودگی ناشی از حمل محصولات راهم می‌توان بخشی از لجستیک معکوس تحت عنوان «لجستیک سبز» دانست (هوگوس[۶۱]، ۲۰۱۱؛ سیمچی[۶۲]، ۱۹۹۹).

---

۶۰ Blumberg
۶۱ Hugos
۶۲ Simchi

۲-۲-۱۳- شبکه و طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین

شبکه زنجیره‌ی تأمین شامل عرضه‌کنندگان، انبارها، مراکز توزیع و فروشگاه‌های خرده‌فروشی و نیز موارد اولیه، موجودی در دست ساخت و محصولات تمام شده است که میان تسهیلات جریان می‌یابد. تصمیمات مرتبط با تسهیلات زنجیره‌ی تأمین که با واژه‌ی طراحی شبکه شناخته می‌شود شامل موارد زیر می‌باشد:

- تصمیم‌گیری در مورد تعداد و مکان تسهیلات اعم از کارخانه‌های تولید، مونتاژ، انبارها و مراکز توزیع.
- تصمیم‌گیری در مورد ظرفیت هر یک از تسهیلات اعم از کارخانه‌های تولید، مونتاژ، انبارها و مراکز توزیع.
- تصمیم‌گیری در مورد نحوه‌ی تخصیص و ارتباط تسهیلات با یکدیگر
- تصمیم‌گیری در مورد تعداد سطح و یا رده‌های زنجیره‌ی تأمین

تصمیمات مربوط به تسهیلات و طراحی شبکه نقش کلیدی و استراتژیک در عملکرد زنجیره‌ی تأمین داشته و سود و زیان بلند مدت آن را در پی دارند که می‌توانند هم‌زمان بر روی کارایی و اثر بخشی زنجیره تأثیر گذار باشند. مسئله‌ی طراحی شبکه مستلزم فراهم آوردن داده‌های زیادی از جمله موارد زیر می‌باشد:

- مکان مشتریان، خرده‌فروشان، انبارها و مراکز توزیع مجدد، تسهیلات تولیدی و عرضه‌کنندگان
- همه‌ی محصولات شامل مقادیر آنها، شیوه‌های خاص حمل‌ونقل
- تقاضای سالانه برای هر محصول بر حسب مکان مشتری
- نرخ‌های حمل‌ونقل در حالت‌های مختلف
- هزینه‌های انبارداری، شامل هزینه‌های نیروی کار و حمل موجودی و هزینه‌های ثابت عملیاتی

- اندازه‌های محموله‌ها و تعداد دفعات تحویل به مشتری
- هزینه‌های پردازش سفارشات
- الزامات و هدف‌های خدمت به مشتری (دات و لین[۶۳]، ۲۰۱۴)

۲-۲-۱۴- طراحی شبکه توزیع

با توجه به نقش توزیع در مدیریت زنجیره‌ی تأمین به طراحی شبکه‌ی توزیع و نقش آن در کاهش هزینه‌های زنجیره می‌پردازیم.

عوامل مؤثر بر طراحی شبکه توزیع

در بالاترین سطح، عملکرد یک شبکه توزیع باید در دو بعد ارزیابی شود:

- نیازهای پاسخ داده شده به مشتریان
- هزینه پاسخگویی به نیاز مشتریان

نیازهای پاسخ داده شده مشتریان بر درآمد شرکت مؤثر است که همراه با هزینه سودآوری شبکه تحویل را اتخاذ می‌کند.

خدمات مشتری شامل اجراء مختلفی است. از این میان اقداماتی که تحت ساختار شبکه توزیع هستند چنین‌اند:

- زمان پاسخگویی
- تنوع محصول
- در دسترس بودن محصول
- تجربه مشتری
- قابل رؤیت بودن سفارش
- قابلیت ارجاع

تغییر طرح شبکه توزیع این هزینه‌های زنجیره‌ی تأمین را تحت تأثیر قرار می‌دهند:

[۶۳] Dat & Linh

- موجودی‌ها
- حمل‌ونقل
- تسهیلات و جابه‌جایی
- اطلاعات

وقتی تعداد تسهیلات در یک زنجیره‌ی تأمین افزایش می‌یابد، موجودی و در نتیجه هزینه‌های موجودی نیز افزایش می‌یابد (منتزر[۶۴] و همکاران، ۲۰۰۱).

۲-۲-۱۵- تعادل خط جدا سازی قطعات

زنجیره عرضه سنتی که تنها از زنجیره‌های رو به جلو تشکیل شده نگرانیهای زیست محیطی را افزایش میدهد. و برای کاهش استفاده از مواد اولیه موثر نیست زیرا فعالیت هایی برای بازیافت محصولات را شامل نمی شود(وانگ[۶۵]، ۲۰۱۰) . اتخاذ یک استراتژی بازیابی محصول، مانند استفاده مجدد، بازیافت، نوسازی و یا جداسازی قطعات و طراحی یک شبکه لجستیک مرتبط برای این منظور، می تواند به دو شکل اصلی انجام گیرد: زنجیره تأمین معکوس و زنجیره تأمین حلقه بسته (اسواران و آستر، ۲۰۱۰). در یک زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته مواد جدید برای جایگزین موادی که توسط سیستم بهبود نیافته است مورد نیاز است. کاربران نهایی یا مشتریان منبع مواد ورودی هستند(جایارامان[۶۶]، ۱۹۹۹). زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته شامل دو بخش است: زنجیره رو به جلو و معکوس. در زنجیره‌ی رو به جلو، جریان محصول با تأمین‌کنندگان و کارخانه‌ها شروع می‌شود. توزیع‌کنندگان محصولات نهایی را به مشتریان تحویل خواهند داد. و این همان فرآیند رو به جلو می‌باشد. در زنجیره‌ی معکوس، جریان از محصولات مورد استفاده به گونه ای است که آنها از مشتریان به مراکز جمع آوری و یا جداسازی برای مرتب سازی و یا باز کردن قطعات برای بازیابی، استفاده مجدد، و یا دفع فرستاده می‌شود (ازسیلان و پاکسوی، ۲۰۱۳). نگرانی‌های زیست‌محیطی و افزایش آگاهی عمومی و مسئولیت‌های

---

[۶۴] Mentzer
[۶۵] Wang
[۶۶] Jayaraman

تولیدکنندگان باعث شده است که آنها شروع به بازیافت و بازسازی محصولات خود پس از آن که توسط مصرف‌کنندگان دور انداخته شد، روی آورند. بازیافت به عنوان یک فرآیند برای بازیابی محتوای مواد از محصولات استفاده شده و غیر قابل کارایی می‌باشد. بازسازی از سوی دیگر یک فرآیند صنعتی است که در آن محصولات فرسوده در حال تعمیر به مانند شرایط نو است. بنابراین، بازسازی تهیه‌ی محصولات جدید با قطعات کارکرده می‌باشد. هدف بازیابی محصول، به حداقل رساندن ضایعات و زباله‌ها با استفاده از بازیافت قطعات محصولات از رده خارج می‌باشد. بسیاری از ویژگی های یک محصول است که باعث افزایش بازیابی محصول می‌شود. بعضی از این ویژگی‌ها عبارتند از: سهولت جداسازی قطعات، نوع و سازگاری مواد مورد استفاده، نشانه گذاری شناسایی مواد و غیره می‌باشد (گانگور و گوپتا، ۲۰۰۲). جداسازی قطعات مرحله اول بازیابی محصولات استفاده شده می باشد. جداسازی قطعات، استخراج علمی و هدفمند قطعات و مواد از محصولات دور انداخته از طریق یک سری عملیات می‌باشد. پس از جداسازی، قطعات قابل استفاده مجدداً مرمت و تست شده و به بخش موجودی برای عملیات بازسازی هدایت می‌شوند. مواد قابل بازیافت را می توان به تأمین‌کننده مواد خام فروخت.

جداسازی قطعات اخیرا توجه زیادی با توجه به نقش آن در بازیابی محصول به دست آورده است. یک سیستم جداسازی با چالش‌های زیادی همراه است. به عنوان مثال؛ مشکلات موجودی که به دلیل اختلاف بین تقاضا برای قطعات خاص و مقدار برگشتی از جدا سازی به وجود می‌آید. در جداسازی قطعات فرآیند جریان واگرا می‌باشد. یک محصول به اجزاء سازنده‌اش تفکیک می‌شود. همچنین یک درجه بالایی از عدم اطمینان در ساختار و کیفیت محصولات بازگشتی وجود دارد. شرایط دریافت محصولات معمولا ناشناخته است. علاوه بر این، برخی از بخش های محصول ممکن است باعث آلودگی شود و یا خطرناک باشد. از این رو ممکن است نیاز به حمل ویژه باشد که می تواند ایستگاه‌های کاری جداسازی قطعات را تحت تاثیر قرار دهد. اغلب محصولات شامل قطعاتی است که در حالات مختلف، یا در نواحی گوناگونی از ساختار و یا در جهات متفاوتی نصب شده‌اند. از آنجا که هر

گونه تغییر در جهت مورد نیاز باعث افزایش زمان راه اندازی برای فرآیند جداسازی قطعات می‌شود، مطلوب است که تعداد تغییرات مورد نیاز را در دنباله‌ی ایستگاه‌کاری به حداقل رساند. تعادل خط جداسازی قطعات، در به حداقل رساندن استفاده از منابع با ارزش (مانند زمان و پول) و به حداکثر رساندن سطح اتوماسیون فرآیند جداسازی قطعات و کیفیت قطعات بازیابی شده، حیاتی است (سیماس و گاورن، ۲۰۰۵).

تعادل خط جداسازی قطعات (DLB)[۶۷] تخصیص وظایف جداسازی قطعات با الزامات تقدم به‌صورت دنباله‌ای از ایستگاه‌های کاری است که تمام روابط تقدم جداسازی قطعات ارضا می‌شوند (دینگ[۶۸] و همکاران، ۲۰۱۰)

۲-۳- پیشینه‌ی تحقیق

در این قسمت خلاصه ای از تحقیقات انجام شده پیرامون موضوع تحقیق حاضر به صورت دسته بندی ارایه می گردد.

۲-۳-۱- پیشینه‌ی تحقیق طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین

از زمان پیدایش ادبیات زنجیره تأمین معکوس و بسته، تعداد زیادی مسائل مرتبط با طراحی شبکه زنجیره تأمین بررسی شده است.

ویژگی اصلی که بین مقالات در این زمینه تمایز قائل می‌شوند عبارتند از (دت و همکاران، ۲۰۱۴):

- نوع شبکه (اعم از شبکه بسته یا معکوس)
- درنظر گرفتن عدم قطعیت‌ها
- دوره برنامه‌ریزی (اعم از تک دوره‌ای و چند دوره‌ای)
- ساختار شبکه (لایه‌ها، نوع تسهیلات و مسیرها)
- ویژگیهای تسهیلات (ظرفیت محدود یا نامحدود)

---

[۶۷] Disassembly line balancing
[۶۸] Ding

- فرضیات جریان مواد (تک محصول یا چند محصول، تک منبعی یا چند منبعی)
- رویکرد مدل‌سازی (برنامه ریزی خطی، غیر خطی، عدد صحیح و...)
- سایر تصمیمات زنجیره تأمین (ظرفیت زنجیره، تدارکات، تولید، مسیریابی، شیوه حمل‌ونقل) و دیگرجنبه‌های مدیریتی مانند محدودیت‌های مالی، تکنیکی، ویژگی‌های مخصوص صنعت، سطوح مختلف کیفیت و...

سیم[۶۹] و همکاران (۲۰۰۴) طراحی شبکه زنجیره تأمین بسته را در نظر گرفتند و برنامه‌ریزی خطی بر اساس الگوریتم ژنتیک را پیشنهاد داده و هم از برنامه ریزی خطی هم از عملگرهای ژنتیک استفاده کرده‌اند. آنها نشان دادند که روش آنها با نرم افزار سی‌پلکس موفق‌تر از الگوریتم ژنتیک سنتی عمل می‌کند.

مین[۷۰] و همکاران (۲۰۰۶) مدل غیر خطی عدد صحیح با روش حل با روش حل الگوریتم ژنتیک برای طراحی شبکه معکوس با تاکید بر تعداد و مکان مراکز برگشت متمرکز شده با هدف حداقل کردن هزینه پیشنهاد شده است. آنها موازنه‌ی بین نرخ تخفیف کرایه و هزینه ذخیره مو جودی به سبب انتقال و ادغام برای تعیین زمان دقیق ادغام مراکز جمع‌آوری اصلی در نظر گرفته‌اند.

سالما[۷۱] و همکاران (۲۰۰۷) مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح را مدل‌سازی شبکه لجستیک معکوس با هدف بسط مدل شبکه برگشت با در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت، مدیریت مدل چند محصول و عدم قطعیت در تقاضاها و برگشت‌ها ارائه داده‌اند.

لیستس و همکاران[۷۲] (۲۰۰۷) مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح را برای طراحی شبکه زنجیره تأمین با تقاضا و تأمین تصادفی ارائه داده‌اند. آنها رویکرد و بهینه‌سازی تصادفی دو مرحله‌ای را براساس روش عدد صحیح که تصمیمات جایابی و تخصیص تسهیلات را در مرحله‌ی اول و تصمیمات مسیریابی جریان را در مرحله‌ی دوم مورد بررسی قرار می‌داد، ارائه داده‌اند.

---

[۶۹] Sim
[۷۰] Min
[۷۱] Salema
[۷۲] Listes

ژو و وانگ[۷۳] (۲۰۰۸) طراحی شبکه لجستیک معکوس را با در نظر گرفتن دو گزینه‌ی بازیافت، تعمیر و تولید به طور همزمان در نظر گرفته‌اند. آنها نشان داده‌اند که در نظر گرفتن تعمیر در سیستم لجستیک معکوس همراه با بازتولید میتواند بر سیستم ساختار شبکه و کاهش هزینه تأثیر زیادی داشته باشد.

یانگ[۷۴] و همکاران (۲۰۰۹) شبکه زنجیره تأمین عمومی را با فرمول‌سازی و بهینه کردن حالت پایدار شبکه با استفاده از تئوری غیر یکنواختی متغیر مورد مطالعه قرار داده‌اند.

لی و دانگ[۷۵] (۲۰۱۱) طراحی شبکه لجستیک معکوس را تحت عدم قطعیت بررسی کرده‌اند و رویکرد برنامه‌ریزی احتمالی دو مرحله‌ای را که در آن روش SAA با روش ابتکاری SA ادغام شده است، ارائه داده‌اند.

پیشوایی و همکاران (۲۰۱۱) مدل بهینه‌سازی تصادفی بر اساس سناریو را برای طراحی شبکه زنجیره تأمین بسته که تقاضاها، تعداد و کیفیت برگشتی‌ها وهمه متغیرهای هزینه‌ها تصادفی در نظر گرفته شده‌اند. عدم قطعیت در کیفیت محصولات برگشتی با در نظر گرفتن مخلوطی از قابلیت بازیافت و خورد شده درجریان برگشتی به عنوان پارامترهای تصادفی در نظر گرفته شده‌اند.

موتا و پورخال[۷۶] (۲۰۱۱) برنامه‌ریزی ریاضی را برای طراحی شبکه لجستیک معکوس با هدف حداقل کردن ضایعات و منابع نگهداری شده و حداکثر کردن نرخ استفاده مجدد و بازیافت ارائه داده‌اند.

کروزریورا و جورجن[۷۷] (۲۰۱۱) مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح را برای جمع آوری ماشین‌آلات فرسوده در مکزیک ارائه کرده‌اند.

اسواران و آستر (۲۰۰۷) مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح را برای طراحی شبکه زنجیره تأمین بسته در نظر گرفته‌اند و روش حلی بر اساس روش تجزیه بِندر[۷۸] با تقویت برش‌های بندر که کارایی محاسباتی را بهبود میبخشد ارائه کرده‌اند.

---

[۷۳] Zhou & Wang
[۷۴] Yang
[۷۵] Lee & Dong
[۷۶] Mutha & Pokharel
[۷۷] Cruzrivera & Jurgen

کنان[۷۹] و همکاران (۲۰۱۲) شبکه زنجیره تأمین بسته چند محصول و چند دوره‌ای را برای استفاده‌ی بهینه از سرب بازیافت شده از بطری‌های اسید مصرف شده برای تولید بطری جدید ارائه داده‌اند.

فونسکا[۸۰] و همکاران (۲۰۱۲) مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح دو مرحله‌ای تصادفی چند هدفه را برای برنامه‌ریزی لجستیک معکوس با در نظر گرفتن چند محصول بودن، انتخاب تکنولوژی، احتمالی بودن مربوط به هزینه‌های حمل‌ونقل و گسترش ضایعات ارائه داده‌اند.

کارا و آنوت[۸۱] (۲۰۱۲) مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح را برای طراحی شبکه حقیقی باریافت کاغذ در سطح بزرگ تحت عدم قطعیت ارائه داده‌اند.

سالما و همکاران (۲۰۱۲) مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح را برای برنامه‌ریزی و طراحی همزمان زنجیره تأمین بسته‌ی چند دوره‌ای و چندمحصولی که دوره‌ی زمانی داده شده درآن به واحدهای زمانی استراتژیک تقسیم شده‌اند که خود آن دوباره به بخش‌های کوچکتری تقسیم شده است نشان داده‌اند. آنها همچنین زمان سفر جریانات، زمان پردازش تسهیلات، دسته بندی مواد محصولات، ساختار دمونتاژ محصولات و اهداف محیطی اعمال شده توسط قانون را در نظر گرفته‌اند.

پیشوایی و همکاران (۲۰۱۳) مدل بهینه‌سازی استواری را برای طراحی شبکه زنجیره تأمین بسته ارائه داده‌اند که تعداد محصولات برگشتی، تقاضای مشتریان، بازارهای ثانویه و هزینه‌های حمل‌ونقل در مجموعه‌ای تصادفی متغیر فرض شده‌اند.

داس و چادهری[۸۲] (۲۰۱۳) طراحی شبکه زنجیره تأمین معکوس را با طراحی اجزای محصول و سطوح کیفیتی مختلف مورد مطالعه قرار داده‌اند. آنها جمع‌آوری برگشتی‌ها از خرده‌فروشان را در ترکیب با بازیافت اجزای محصولات جمع‌آوری شده با استفاده از شبکه‌ی سرویس دهی بازیافت در نظر گرفته-اند.

---

[۷۸] Bender
[۷۹] Kannan
[۸۰] Funesca
[۸۱] Kara & Onut
[۸۲] Das & Chowdhury

دت و همکاران (۲۰۱۴) مدل طراحی شبکه زنجیره تأمین معکوس که هزینه‌ی کلی فرآیند محصولات برگشتی الکترونیک را حداقل میکند را ارائه داده‌اند.

آساواپوکی و وانگ‌دت‌سنکورن[۸۳] (۲۰۱۴) مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح را برای طراحی سیستم زنجیره تأمین معکوس برای برنامه‌ریزی بازیافت الکترونیکی در ایالت تگزاس و کاهش جریان ضایعات ارائه داده‌اند.

مدل آنها امکان کهنگی محصولات الکترونیکی و عملکرد چند وظیفه‌ای منابع رادر نظر می‌گیرد. خلاصه‌ای از مرور ادبیات گفته شده در جدول (۲-۱) آمده است. همچنین شرح عبارات اختصاری مربوط به این جدول در جدول (۲-۲) آمده است.

جدول ۲-۱: خلاصه‌ای از مرور ادبیات در حوزه طراحی شبکه زنجیره تأمین

نویسندگان	ساختار شبکه	فاکتورهای تصمیم‌گیری	نوع‌مدل سازی	نوع داده	دوره برنامه-ریزی	تک/چندمحصولی	وضعیت ظرفیت	تابع هدف
فلسچمن و همکاران (۲۰۰۱)	CLSC	FL	MILP	Dtr	SP	SC	Uncap	Min cost
سیم و همکاران(۲۰۰۴)	CLSC	FL	MIP	Dtr	MP	MC	Cap	Min cost
مین و همکاران (۲۰۰۶)	RSC	LA	MINLP	Dtr	SP	SC	Cap	Min cost
سالما و همکاران (۲۰۰۷)	RSC	FL	MI	Dtr	SP	SC & MC	Cap	Min cost
لیستس (۲۰۰۷)	CLSC	FL	MILP	Stoch	SP	SC	Cap	Max profit
ژو و وانگ (۲۰۰۸)	CLSC	LA	MIP	Dtr	SP	SC	Uncap	Min cost
یانگ و همکاران (۲۰۰۹)	CLSC	Flow	MINLP	Dtr	SP	SC	Uncap	Max profit
موتا و پورخال (۲۰۱۱)	RSC	Rou	MILP	Dtr	SP	SC	Cap	Min cost

[۸۳] Assavapokee & Wongthatsanekorn

لی و دانگ (۲۰۱۱)	RSC	LA	MILP	Dtr	MP	MC	Cap	Min cost
پیشوایی (۲۰۱۱)	CLSC	LA	MILP	Stoch	SP	SC	Cap	Min cost
کروزریورا و آرتل (۲۰۱۱)	RSC	LA	MILP	Dtr	SP	SC	Uncap	Min cost
فونسکا و همکاران (۲۰۱۲)	RSC	LA	MIP	Stoch	SP	SC	Cap	Min cost
اسواران و آستر (۲۰۱۲)	CLSC	LA	MILP	Dtr	SP	MC	Cap	Min cost
کنان و همکاران (۲۰۱۲)	CLSC	Flow	MILP	Dtr	MP	MC	Uncap	Min cost
کارا و آنوت (۲۰۱۲)	RSC	LA	MIP	Stoch	SP	SC	Cap	Max profit
سالما (۲۰۱۲)	CLSC	FL	MILP	Dtr	MP	MC	Cap	Min cost
پیشوایی و همکاران (۲۰۱۳)	CLSC	LA	MILP	Dtr	SP	SC	Cap	Min cost
داس و چادهری (۲۰۱۳)	RSC	Allo	MIP	Dtr	SP	MC	Uncap	Max profit
آساواپوکی و وانگ‌دت سنکوم (۲۰۱۴)	RSC	LA	MILP	Dtr	MP	SC	Cap	Max profit
دت و همکاران (۲۰۱۴)	RSC	FL	MILP	Dtr	SP	MC	Cap	Min cost

جدول ۲-۲: شرح عبارات اختصاری مربوط به جدول (۲-۱)

RSC	زنجیره تأمین برگشت	،	Allo	تخصیص

CLSC	زنجیره تأمین حلقه بسته	،	Dtr	قطعی
FL	مکانیابی تسهیلات	،	SP	تک دوره‌ای
LA	تخصیص مکان	،	MP	چند دوره‌ای
SC	تک محصولی	،	MC	چندمحصولی
Cap	ظرفیت محدود	،	uncap	ظرفیت نامحدود
Min cost	حداقل کردن هزینه	،	Max cost	حداکثر کردن هزینه
Max profit	حداکثر کردن سود			

۲-۳-۲- پیشینه‌ی تحقیق لجستیک معکوس و زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته

برخی از اولین مطالعات جامع درجهت زنجیره تأمین برگشتی توسط فلسچمن (۱۹۹۷) در سه حوزه اصلی توزیع‌کنندگان، کنترل موجودی و تولید صورت گرفت. در تحقیق بعدی فلسچمن و همکاران (۲۰۰۱) ادغام زنجیره رفت و برگشتی را با استفاده از مطالعه موردی بازسازی دستگاه فتوکپی و بازیافت کاغذ در نظر گرفتند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهدکه پتانسیل برای صرفه جویی در هزینه وجود دارد در صورتی که یک دیدگاه یکپارچه به جای یک طراحی پی در پی شبکه توزیع رفت و برگشتی وجود داشته باشد.

کریک[۸۴] و همکاران (۲۰۰۳) یک مدل در جهت حمایت از تصمیم‌گیری برای طراحی ساختار یک محصول و شبکه لجستیکی مرتبط توسعه دادند. در مدل ارائه شده از یک مطالعه موردی، یعنی مشکل طراحی زنجیره تأمین حلقه بسته برای یخچال و فریزر با استفاده از داده‌های واقعی زندگی از یک شرکت لوازم الکترونیکی مصرفی استفاده شده است.

مین و همکاران (۲۰۰۶) یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط غیرخطی و الگوریتم ژنتیک برای حل مشکل طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته شامل تثبیت زمانی و مکانی محصولات بازگشتی

[۸۴] Krikke

ارائه دادند. اعتبار مدل و الگوریتم آن‌ها با یک مثال گویا در مورد محصولات بازگشتی از خرید و فروش آنلاین و خرده فروش مورد آزمایش قرار گرفت.

یانگ[۸۵] و همکاران (۲۰۰۹) یک مدل برای طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته شامل تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، خرده فروشان، مشتریان و مراکز بازیابی، که هرکدام باید اهداف خود را در تضاد با یکدیگر دنبال کنند، توصیف کردند. هدف تحقیق آنها مدل‌سازی و بهینه‌سازی حالت تعادل شبکه بود. تئوری نابرابری تغییرات، برای بهینه‌سازی اهداف و استنتاج شرایط تعادل استفاده‌شده است. چند نمونه و ارقام برای توصیف اثرات پارامترهای (نسبت بازده، نرخ انتقال مواد خام، و نرخ انتقال از محصولات قابل بازیافت) بر محموله‌های تعادل و درآمد خالص استفاده شده است.

وانگ و سو[۸۶] (۲۰۱۰) به سه عملیات (کاهش، بازیابی واستفاده مجدد) در مدیریت زنجیره تأمین سبز و بهینه‌سازی مکان تسهیلات گوناگون توجه نشان دادند. بر اساس اصل "از گهواره تا گهواره" از یک محصول سبز، ساختار یک شبکه"حلقه بسته" به منظور ادغام مسائل زیست محیطی بایک سیستم لجستیک سنتی ارائه شده است. آن‌ها یک مدل شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته درقالب یک فرمول برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح و ا لگوریتم ژنتیک براساس درختان پوشا توصیف کردند.

کانان[۸۷] و همکاران (۲۰۱۰) یک مدل شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته ی چندپله ای،چنددوره ای، چندمحصولی، برای محصولات بازگشتی توسعه دادند که در آن، در مورد خرید مواد اولیه، تولید، توزیع، بازیافت و دفع، تصمیم‌گیری می‌شود. در این مطالعه، استفاده بهینه از سرب ثانویه بازگشتی از باتری های اسید سرب کار کرده برای تولید باتری های جدید ارائه شده است.با این کار دفع محتوای مایع باتری های اسید سربدر فاضلاب و سطح زمین به شدت محدود شده‌است. الگوریتم ژنتیک (GA) به عنوان یک روش حل برای حل مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط اعمال گردیده است.

---

[۸۵] Yang
[۸۶] Wang & Hsu
[۸۷] Kannan

اُزسیلان و پاکسوی (۲۰۱۳) یک مدل عدد صحیح مختلط برای شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته با دوره‌های متعدد و مونتاژ متعدد، باهدف به حداقل رساندن حمل‌ونقل، خرید، هزینه‌های نوسازی و همچنین هزینه‌های ثابت از کارخانه‌ها وخرده‌فروشان توصیف کردند و در نهایت، نتایج محاسباتی برای تعدادی از حالات ارائه شده که اعتبار قابلیت به اجرا در آوردن مدل را نشان می دهد.

کیانگ[۸۸] و همکاران (۲۰۱۳) به مطالعه یک شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته باتصمیم‌گیرندگان غیر متمرکز، که در آن زنجیره متشکل از تأمین‌کنندگان مواداولیه، خرده فروشان، و تولیدکنندگان که به‌طور مستقیم کالابازیافتی را از بازار تقاضا جمع‌آوری میکردند، پرداختند. در تحقیق آنها، (۱) چند تصمیم‌گیرنده در داخل شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته (CLSC)[۸۹] برای رسیدن به قیمت و معاملات متعادل می‌باشند، (۲) تولیدکنندگان می‌توانند در شبکه تأمین برگشتی برای افزایش حجم کالا بازیافتی سرمایه‌گذاری کنند، (۳) عدم قطعیت در تقاضا و نرخ بازده محصول در نظر گرفته شده است، (۴) مثال‌های عددی برای ارائه بینش مدیریتی اضافی استفاده شده است.

اُزسیلان و پاکسوی[۹۰] (۲۰۱۳) یک مدل یکپارچه که به طورمشترک تصمیمات استراتژیک و تاکتیکی یک زنجیره تأمین حلقه بسته را بهینه‌سازی می‌کند، توصیف کردند. تصمیمات سطح استراتژیک مربوط به مقادیر کالاها در رفت و برگشت زنجیره است. تصمیم‌گیری های سطح تاکتیکی مربوط به تعادل خطوط جداسازی قطعات درزنجیره برگشتی می‌باشد. هدف آنها به حداقل رساندن هزینه‌های حمل‌ونقل، خرید، نوسازی و اداره کردن ایستگاه‌های کاری عامل جداسازی قطعات می‌باشد. فرمول برنامه ریزی عدد صحیح مختلط غیرخطی برای طراحی زنجیره توصیف شده است.

در حالی که بسیاری از مقالات در زمینه طراحی شبکه زنجیره تأمین، تمرکز بر عملکرد اقتصادی دارد، به تازگی برخی از مطالعات ابعاد زیست محیطی را در نظر گرفته اند. با این حال، یک شکاف در کمی سازی اثرات اجتماعی همراه با زیست محیطی و اقتصادی وجود دارد. کِی دویکا و همکاران در تحقیقی

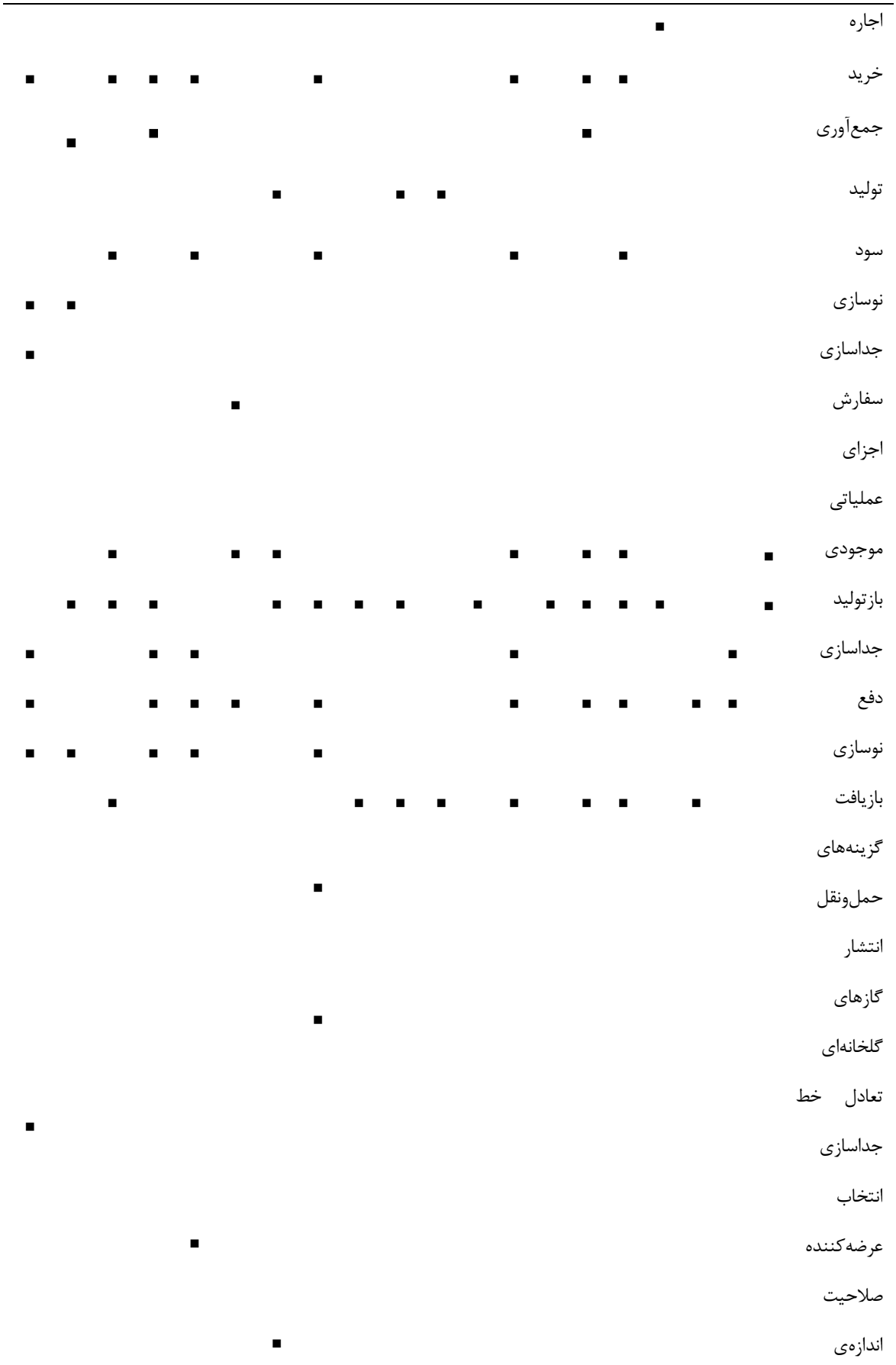
---

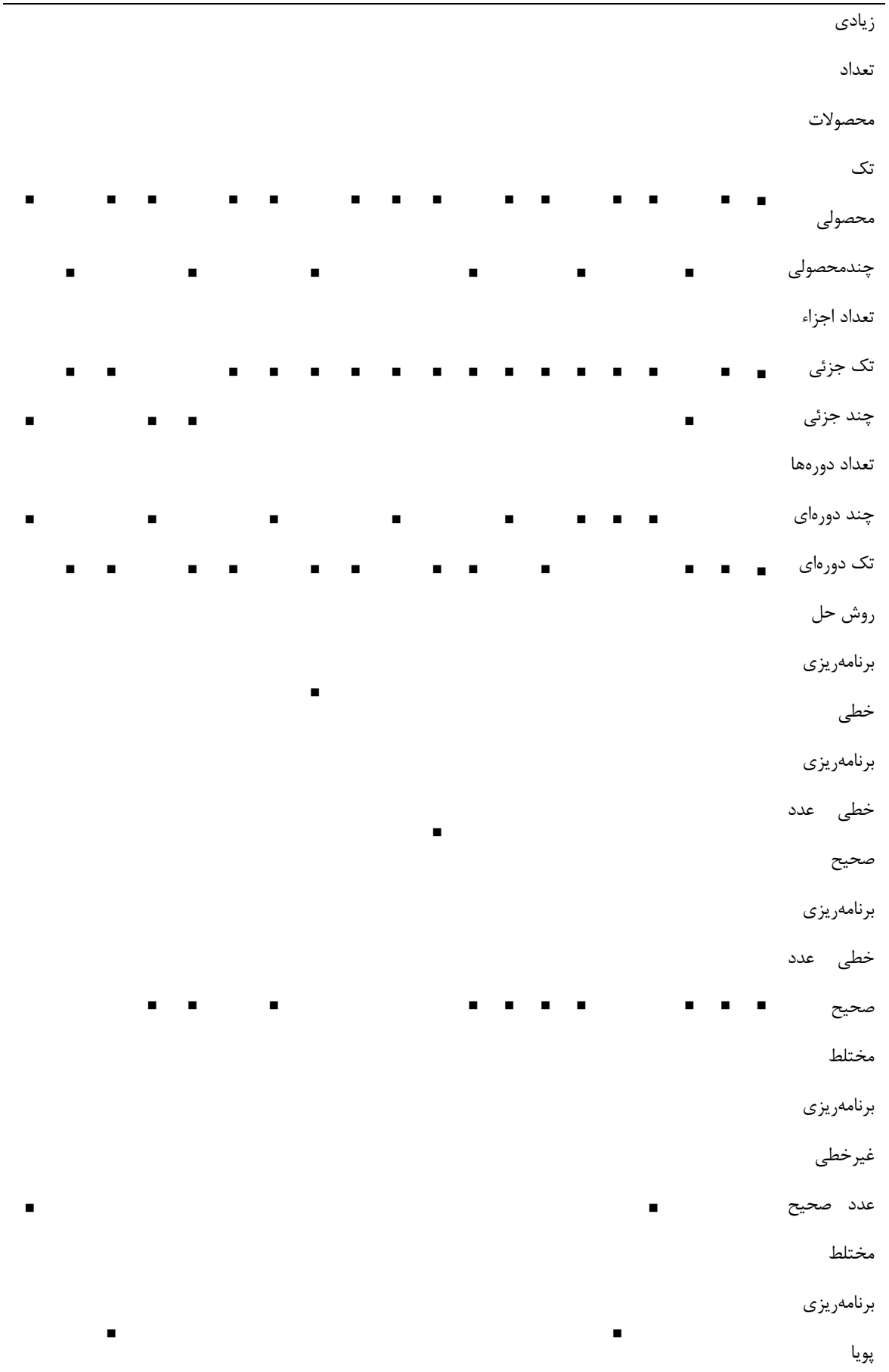
[۸۸] Qiang
[۸۹] Closed loop supply chain
[۹۰] Ozceylan & Paksoy

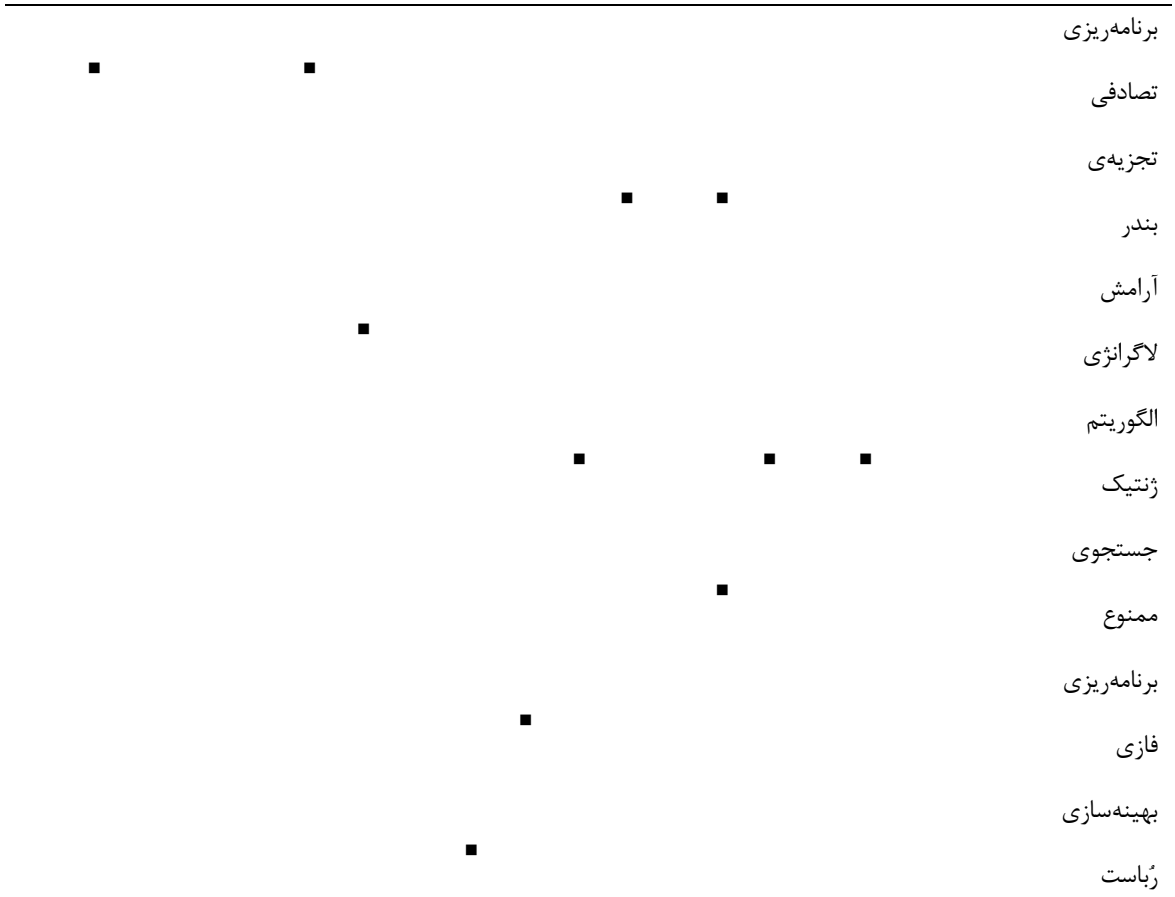
تحت عنوان طراحی یک شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار بر اساس روش خط پایین سه گانه رفع مشکل این شکاف را در نظر گرفته‌اند. آنها یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط برای رفع مشکل این شبکه زنجیره حلقه بسته چند هدفه توسعه داده‌اند. به منظور حل این مشکل، سه روش ترکیبی فوق ابتکاری بر اساس الگوریتم رقابت توسعه یافته است. خلاصه‌ای از مدل‌سازی‌های مرتبط برای طراحی شبکه‌ی زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته در جدول (۲-۲) آمده است.

جدول ۲-۳: خلاصه‌ای از مرور ادبیات لجستیک معکوس و شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته (ازسیلان و پاکسوی، ۲۰۱۳)

	[۱]	[۲]	[۳]	[۴]	[۵]	[۶]	[۷]	[۸]	[۹]	[۱۰]	[۱۱]	[۱۲]	[۱۳]	[۱۴]	[۱۵]	[۱۶]	[۱۷]	[۱۸]	[۱۹]	[۲۰]
نوع تحقیق																				
نظری	■				■		■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■
مطالعه-موردی	■	■	■			■		■											■	
اجزاء تابع-هدف																				
هزینه حمل و نقل	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■	■	■	■	■
هزینه انبارداری	■			■	■	■		■						■	■			■		
هزینه ثابت تسهیلات	■	■	■			■		■	■	■	■	■		■			■	■	■	
هزینه جریمه		■						■			■	■	■							
انرژی			■																	
دفع			■		■	■														


اجاره
خرید
جمع‌آوری
تولید
سود
نوسازی
جداسازی
سفارش
اجزای
عملیاتی
موجودی
بازتولید
جداسازی
دفع
نوسازی
بازیافت
گزینه‌های
حمل‌ونقل
انتشار
گازهای
گلخانه‌ای
تعادل خط
جداسازی
انتخاب
عرضه‌کننده
صلاحیت
اندازه‌ی


زیادی
تعداد
محصولات
تک
محصولی
چندمحصولی
تعداد اجزاء
تک جزئی
چند جزئی
تعداد دوره‌ها
چند دوره‌ای
تک دوره‌ای
روش حل
برنامه‌ریزی
خطی
برنامه‌ریزی
خطی عدد
صحیح
برنامه‌ریزی
خطی عدد
صحیح
مختلط
برنامه‌ریزی
غیرخطی
عدد صحیح
مختلط
برنامه‌ریزی
پویا



[۱]: جایارامن و همکاران (۱۹۹۰)، [۲]: فلسچمن و همکاران (۲۰۰۱)، [۳]: کرکیل و همکاران (۲۰۰۳)، [۴]: مین و همکاران (۲۰۰۶)، [۵]: یانگ و همکاران (۲۰۰۹)، [۶]: کانان و همکاران (۲۰۱۰)، [۷]: ایسواران و آستر(۲۰۰۹)، [۸]: سالما و همکاران(۲۰۰۹)، [۹]: ایسواران و آستر(۲۰۱۰)، [۱۰]: وانگ و سو (۲۰۱۰)، [۱۱]: پیشوایی و ترابی (۲۰۱۰)، [۱۲]: پیشوایی و همکاران (۲۰۱۱)، [۱۳]: پاکسوی و همکاران (۲۰۱۱)، [۱۴]: ژانگ و همکاران (۲۰۱۲)، [۱۵]: کِن و همکاران (۲۰۱۲)، [۱۶]: امین و ژانگ (۲۰۱۲)، [۱۷]: اُزسیلان و پاکسوی (۲۰۱۳)، [۱۸]: کیانگ و همکاران (۲۰۱۳)، [۱۹]: امین و ژانگ (۲۰۱۳)، [۲۰]: اُزسیلان و پاکسوی (۲۰۱۳).

۲-۳-۳- پیشینه‌ی تحقیق تعادل خط جداسازی قطعات در شبکه‌ی زنجیره تأمین حلقه بسته

برخی از اولین مطالعات در جهت تعادل خط جداسازی قطعات توسط گانگور و گوپتا[۹۱] (۱۹۹۹) برای حل مشکل تعادل خط جداسازی قطعات یک کامپیوتر شخصی با هشت جزء با استفاده از روش هیوریستیک صورت گرفت.

اولین فرمول برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط برای رفع مشکل تعادل خط جداسازی قطعات که به طور همزمان مشکلات سطح عملیاتی و تاکتیکی را در نظر می‌گیرد، توسط آلتکین[۹۲] و همکاران (۲۰۰۸) ارائه شده است. مشکل مدل آنها این است که ساختار آن در مقیاس بزرگ است و محصولات بسیار کوچک کارایی ندارد.

کُک[۹۳] و همکاران (۲۰۰۹) دو روش برنامه‌نویسی پویا و برنامه‌ریزی عدد صحیح را برای حل مشکل تعادل خط جداسازی توسعه داده‌اند. مدل های پیشنهادی از یک گراف و / یا استفاده کرده است که منجر به راه حل های بهینه به عنوان ورودی اصلی برای اطمینان از تقدم روابط در میان وظایف می-شود.

آلتکین و آکان (۲۰۱۲) یک رویکرد واکنشی برای رفع مشکل تعادل خط جداسازی قطعات ارائه دادند. مراحل اصلی این روش ایجاد یک تعادل پیش بینی شده است به طوریکه این اطمینان حاصل یابد که به سطح عملکرد معینی برسد.

پاکسوی[۹۴] و همکاران (۲۰۱۳) یک مدل مختلط برای رفع مشکل تعادل خط جداسازی قطعات که انحرافات زمان چرخه و تعداد ایستگاه‌های کاری را به حداقل می‌رساند، ارائه داده‌اند.

تعداد دیگری از مطالعات در زمینه‌ی ادغام تصمیم‌گیری‌های تاکتیکی و تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در زنجیره‌ی معکوس و زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته وجود دارد، که برخی از آنها عبارتند از:

---

[۹۱] Gungor & Gupta
[۹۲] Altekin
[۹۳] Koc
[۹۴] Paksoy

میراندا و گاریدو[۹۵] (۲۰۰۴) که کنترل موجودی را به عنوان تصمیم‌گیری‌های تاکتیکی / عملیاتی و طراحی شبکه‌ی توزیع را به عنوان تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در نظر گرفته‌اند.

مانزینی و بیندی[۹۶] (۲۰۰۹) تعریف سفرهای مسیریابی روزانه را به عنوان تصمیم‌گیری‌های عملیاتی، تخصیص مشتریان به توزیع کنندگان را به عنوان تصمیم‌گیری‌های تاکتیکی و مکان‌یابی تسهیلات را به عنوان تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در نظر گرفته‌اند.

سالما[۹۷] و همکاران (۲۰۰۹) برنامه‌ریزی تولید را به عنوان تصمیم‌گیری‌های تاکتیکی و طراحی شبکه-ی زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته را به عنوان تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در نظر گرفته‌اند.

امین و ژانگ[۹۸] (۲۰۱۲)، انتخاب عرضه‌کننده را به عنوان تصمیم‌گیری‌های تاکتیکی و طراحی شبکه‌ی زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته را به عنوان تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در نظر گرفته‌اند.

اُزسیلان و پاکسوی (۲۰۱۳)، تعادل خط جداسازی قطعات را به عنوان تصمیم‌گیری‌های تاکتیکی و طراحی شبکه‌ی زنجیره‌ی تأمین برگشتی را به عنوان تصمیم‌گیری‌های استراتژیک در نظر گرفته‌اند.

چی[۹۹] و همکاران (۲۰۰۹) گزارش دادند که مکانیسم عملیاتی یک زنجیره تأمین شبیه به خط تولید مونتاژ یا جداسازی قطعات است. از این رو آنها تلاش کردند که تکنولوژی تعادل خط را اتخاذ کنند.

خلاصه‌ای از مرور ادبیات گفته شده در مورد مشکلات تعادل جداسازی قطعات در جدول (۲-۳) آمده است.

جدول ۲-۴: خلاصه‌ای از مرور ادبیات در مورد تعادل خط جداسازی قطعات در شبکه‌ی زنجیره تأمین حلقه بسته

منبع	تابع هدف	روش حل

[۹۵] Miranda & Garrido
[۹۶] Manzini & Bindi
[۹۷] Salema
[۹۸] Amin & Zhang
[۹۹] Che

گانگور و گوپتا (۱۹۹۹)	■ حداقل کردن تعداد ایستگاه‌های کاری با متغیر تصمیم زمان چرخه تولید	■ هیوریستیک
گانگور و گوپتا (۲۰۰۲)	■ حداقل کردن تعداد ایستگاه‌های کاری و زمان بیکاری با متغیر تصمیم زمان چرخه تولید	■ هیوریستیک
گاورن و گوپتا (۲۰۰۷)	■ حداقل کردن تعداد ایستگاه‌های کاری و زمان بیکاری با متغیر تصمیم زمان چرخه تولید	■الگوریتم ژنتیک ■ بهینه سازی آنت کلونی ■ الگوریتم گریدی ■ ترکیب گریدی و هیل
گاورن و گوپتا (۲۰۰۷)	■ حداقل کردن تعداد ایستگاه‌های کاری و زمان بیکاری با متغیر تصمیم زمان چرخه تولید ■از بین بردن قطعات خطرناک	■ الگوریتم ژنتیک
آگراوال و تیواری (۲۰۰۸)	■ حداقل کردن تعداد ایستگاه‌های کاری و زمان بیکاری با متغیر تصمیم زمان چرخه تولید ■ حداکثر کردن بهره وری خط	■ بهینه سازی آنت کلونی
آلتکین و همکاران (۲۰۰۸)	■ حداکثر کردن درآمد ■ حداقل کردن هزینه‌های ثابت ایستگاه‌های کاری با متغیر تصمیم زمان چرخه تولید	■ برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط
کُک و همکاران (۲۰۰۹)	■ حداقل کردن تعداد ایستگاه‌های کاری با متغیر تصمیم زمان چرخه تولید	■ برنامه‌ریزی عدد صحیح
دینگ و همکاران (۲۰۱۰)	■ حداقل کردن تعداد ایستگاه‌های کاری و زمان بیکاری با متغیر تصمیم زمان چرخه تولید	■ بهینه سازی آنت کلونی

	■ جداسازی قطعات	
آلتکین و آکان (۲۰۱۲)	■ حداکثر کردن درآمد ■ حداقل کردن هزینه‌ها	■ برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط
پاکسوی و همکاران (۲۰۱۳)	■ حداقل کردن انحرافات زمان چرخه تولید و تعداد ایستگاه‌های کاری	■ برنامه‌ریزی عدد صحیح
اُزسیلان و پاکسوی (۲۰۱۳)	■ حداقل کردن هزینه‌های ثابت ایستگاه‌های کاری با متغیر تصمیم زمان چرخه تولید	■ برنامه‌ریزی غیر خطی عدد صحیح مختلط

همانطور که نتیجه بررسی تحقیقات گذشته نشان می دهد؛ مسئله زنجیره تأمین حلقه بسته تاکنون مورد توجه محققین زیادی بوده است. این توجه به خاطر اهمیت صرفه جویی‌های اقتصادی و همچنین درنظر گرفتن جنبه‌های زیست محیطی و توجهات روزافزون جهانی به توسعه پایدار سازمان‌ها؛ در چند سال اخیر شدت بیشتری نیز داشته است. اما موضوع زنجیره تأمین حلقه بسته چندمحصولی با درنظر گرفتن تعادل خط جداسازی تاکنون بررسی نشده و به عنوان نوآوری تحقیق حاضر محسوب می شود. حداقل کردن هزینه‌های حمل‌ونقل در زنجیره‌های رفت و برگشت، هزینه‌های خرید محصولات در قسمت مونتاژ، هزینه‌های نوسازی محصولات جمع‌آوری شده، هزینه‌های باز پرداخت به مشتری، هزینه‌های جمع‌آوری و هزینه‌های ثابت ایستگاه‌های کاری جدا سازی قطعات هدف اصلی شرکت‌ها می‌باشد. بر همین اساس با توجه به رقابت زیاد، ضرورت و اهمیت این تحقیق کاملا واضح و بدیهی است.

نو آوری‌های تحقیق حاضر در مقایسه با تحقیقات گذشته عبارت است از:

- برنامه‌ریزی توام زنجیره تأمین حلقه بسته برای چند محصول با در نظر گرفتن لیست مواد مشخص برای هر یک از محصولات
- پاسخگویی به تقاضای بازار برای محصولات نهایی و قطعات یدکی به‌صورت همزمان

- ارایه مدل ریاضی یکپارچه زنجیره تأمین با در نظر گرفتن شرایط حلقه بسته و چندمحصـولی و تعادل خط جداسازی

۲-۴- جمع بندی

در این فصل مبانی نظری همراه با تعاریف و اصطلاحات تخصصی و تئوری‌های موجود در حوزه‌ی تحقیق حاضر ارائه گردید. همچنین خلاصه‌ای از پیشینه‌ی تحقیقات انجام شده پیرامون موضوع این پایان‌نامه، به صورت دسته‌بندی شده ارائه و جداول خلاصه‌ی این پیشینه نیز ارائه گردید. در پایان فصل خلأ تحقیقاتی موجود و نوآوری‌های این پایان‌نامه بیان شد.

۳- فصل سوم:

روش

شناسی

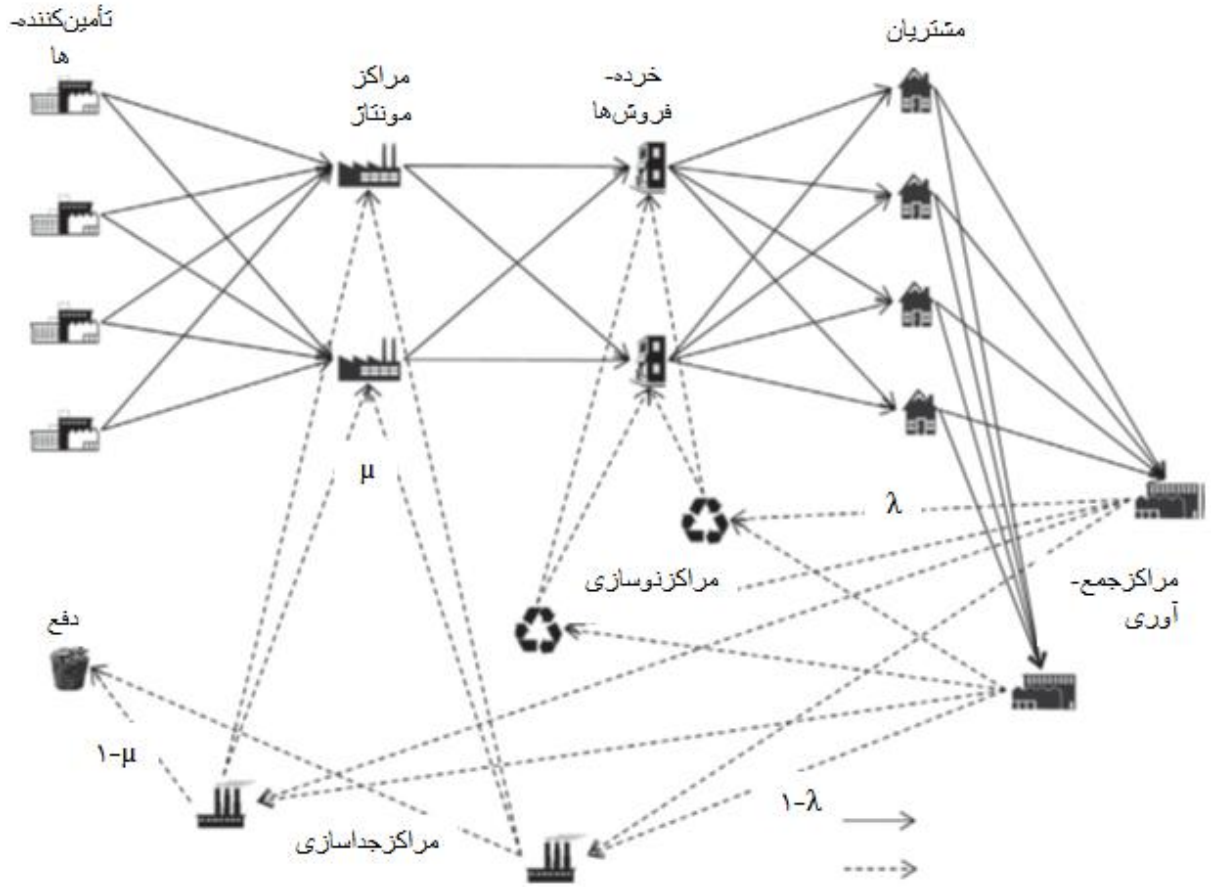
۳-۱- مقدمه

در این فصل به بیان مدل حل پیشنهادی جهت حل مسئله مورد بررسی پرداخته می شود. آنچه نتایج برآمده از یک تحقیق را ارزشمند و قابل استناد می‌نماید روش تحقیق و تکنیک حل ساختارمند، هدفمند و علمی می‌باشد. هر تحقیقی مطابق با ماهیت و ساختار مسئله مورد بررسی نیازمند روش تحقیق متناسب با آن می‌باشد. با توجه به کمی بودن ماهیت این تحقیق، استفاده از روش‌های تحقیق کمی برای انجام این تحقیق امری ضروری است. همچنین رویکرد اصلی این تحقیق رویکرد کاربردی است چراکه هدف اصلی تحقیق ایجاد ارتباط بین مفاهیم نظری تحقیق در عملیات با مسائل کاربردی در دنیای صنعت است.

روش تحقیقات انجام‌شده در زمینه مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین از دیدگاه روش‌شناختی را می‌توان به دو دسته کلی روش‌های تحقیق غیرتجربی شامل فن‌های تحقیق مفهومی، اثبات قضایا، و شبیه‌سازی، و نیز روش‌های تحقیق در مرز روش‌های تحقیق علمی/تفسیرگرا شامل فن مطالعه موردی تقسیم نمود. بااین‌حال مهم‌ترین روش تحقیق مورداستفاده برای حل مسائل طراحی شبکه زنجیره تأمین را می‌توان روش تحقیق مفهومی و یکی از ابزارهای مشهور آن یعنی تحقیق در عملیات دانست. دلیل این امر را می‌توان به رویکرد اصلی تحقیقات طراحی شبکه زنجیره تأمین یعنی مدل‌سازی مجرد در قابل مدل‌های ریاضی بهینه‌سازی دانست. این مدل‌ها علی‌رغم آن‌که بر پایه محیط، فرایندها، و نیز شرایط واقعی بنانهاده شده‌اند، اما به‌محض ساخته‌شدن کاملاً از داده‌های دنیای واقعی جدا می‌شوند و تنها بر داده‌های ترکیبی (ترکیب مجموعه‌ای از داده‌های واقعی و داده‌های شبیه‌سازی) و نیز تفکر مفهومی محقق در مورد نحوه مجرد سازی سیستم تکیه‌دارند (البدوی، ۱۳۸۹). با توجه به مطالب طرح‌شده و ماهیت طرح تحقیق که نیازمند جداسازی مدل موردمطالعه از دنیای واقعی است، فن تحقیق اصلی مدنظر برای این تحقیق فن تحقیق در عملیات و مدل‌سازی ریاضی است. مدل توسعه داده شده با استفاده از نرم افزار GAMS اجرا و در پایان نیز نتایج براساس حل چند مسئله نمونه بررسی و تحلیل می شود.

۳-۲- شرح پارامترها و متغیرهای تصمیم مسئله

نمونه ای از مسئله مورد نظر در این تحقیق مطابق شکل (۳-۱) می باشد. به منظور آشنایی بیشتر با این مسئله؛ یک زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته با دو بخش را در نظر بگیرید که شامل زنجیره‌ی روبه جلو و برگشتی می باشد. زنجیره روبه جلو شامل خرید قطعات، مونتاژ کردن آنها به شکل محصولات نهایی و ارائه به کاربران می‌باشد. در حالی که زنجیره‌ی برگشتی برای جمع‌آوری، نوسازی، جداسازی قطعات و دفع استفاده می‌شود. شکل (۳-۱) نمونه‌ای از مسئله مورد بررسی را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱: نمونه ای از مسئله مورد بررسی برای مثال عددی

دو روش برای تأمین قطعات در زنجیره وجود دارد که عبارتند از:

- عرضه‌کنندگان قطعات

- جداسازی محصولات جمع‌آوری شده

اگر تصمیم‌گیرنده خواستار افزایش مقدار محصولات جمع آوری شده باشد، این کار به کاهش هزینه‌ها منجرمی‌شود اما افزایش تعداد ایستگاه‌های کاری را به دنبال خواهد داشت. برای به حداقل رساندن هزینه‌های کل سیستم، تصمیم‌گیرنده باید بر روی تعداد ایستگاه‌های کاری جداسازی قطعات و مقدار قطعاتی که از تأمین‌کننده خریداری می شود تصمیم بگیرد.

در تحقیق حاضر؛ یک مدل یکپارچه که به‌طور مشترک تصمیمات استراتژیک و تاکتیکی یک زنجیره تأمین حلقه بسته چندمحصولی را بهینه‌سازی می‌کند، ارائه خواهد شد. پس از تعریف متغیرهای تصمیم و پارامترها مرتبط؛ مسئله موردنظر، مدل ریاضی ارائه و روش حل مناسب ارائه می‌شود. در این مسئله؛ تصمیمات سطح استراتژیک مربوط به برنامه‌ریزی جریان محصولات در زنجیره تأمین مستقیم و برگشتی به‌صورت توأمان است. تصمیم‌گیری های سطح تاکتیکی مربوط به تعادل خطوط جداسازی قطعات درزنجیره برگشتی است(اُزسیلان و پاکسوی[۱۰۰]، ۲۰۱۳).

این تحقیق توسعه مدل ریاضی عدد صحیح مختلط برای رفع مشکل طراحی شبکه زنجیره چندمحصولی وتعادل خط جداسازی قطعات می‌باشد. این مدل به تقاضای بازار برای محصولات نهایی و قطعات یدکی به‌صورت همزمان پاسخگو می‌باشد و هزینه‌های حمل‌ونقل در زنجیره‌های رفت و برگشت، هزینه‌های خرید محصولات در قسمت مونتاژ، هزینه‌های نوسازی محصولات جمع‌آوری شده و هزینه‌های ثابت ایستگاه‌های کاری جدا سازی قطعات را به حداقل می‌رساند.

۳-۲-۱- علائم

مجموعه‌ها

$I = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی تأمین‌کننده‌ها $i \in I$

$J = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی مراکزمونتاژ $j \in J$

$K = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی خرده فروش‌ها $k \in K$

[۱۰۰] Ozceylan & Paksoy

$L = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی مصرف‌کننده‌ها $l \in L$

$M = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی مراکز جمع‌آوری $m \in M$

$R = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی مراکز نوسازی $r \in R$

$D = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی مراکز جداسازی $d \in D$

$P = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی دوره‌های زمانی $p \in P$

$C = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی قطعات (اجزاء) $c \in C$

$G = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی محصولات $g \in G$

$S = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی ایستگاه‌های کاری جداسازی قطعات $s \in S$

$T = \{1, 2, \ldots\}$ مجموعه‌ی عملیات جداسازی $t \in T$

$A = \{0, 1, \ldots\}$ مجموعه‌ی گره‌ها $a \in A$

متغیرها

X_{gcijp}: مقدار قطعه‌ی c از محصول g که از تأمین‌کننده i به مرکز مونتاژ j در دوره‌ی زمانی p فرستاده می‌شود

Y_{gjkp}: مقدار محصول g که از مرکز مونتاژ j به خرده‌فروش k در دوره‌ی زمانی p فرستاده می‌شود

W_{gklp}: مقدار محصول g که از خرده‌فروش k به مصرف‌کننده l در دوره‌ی زمانی p فرستاده می‌شود

A_{glmp}: مقدار محصول g که از مصرف‌کننده l به مرکز جمع‌آوری m در دوره‌ی زمانی p فرستاده می‌شود

B_{gmrp}: مقدار محصول g که از مرکز جمع‌آوری m به مرکز نوسازی r در دوره‌ی زمانی p فرستاده می‌شود

S_{gmdp}: مقدار محصول g که از مرکز جمع‌آوری m به مرکز جداسازی d در دوره‌ی زمانی p فرستاده می‌شود

E_{grkp}: مقدار محصول g که از مرکز نوسازی r به خرده‌فروش l در دوره‌ی زمانی p فرستاده می‌شود

$Z_{\mathrm{gcd}\,jp}$: مقدار قطعه‌ی c از محصول g که از مرکز جداسازی d به مرکز مونتاژ j در دوره‌ی زمانی p فرستاده می‌شود

$F_{\mathrm{gcd}\,p}$: مقدار قطعه‌ی c از محصول g که از مرکز جداسازی d در دوره‌ی زمانی p دفع می‌شود

CT_{gdp}: زمان چرخه‌ی مرکز جداسازی d برای محصول g در دوره‌ی زمانی p

$M_{gtsdp}=1$: اگر عملیات جداسازی t برای محصول g به ایستگاه‌کاری s در مرکز جداسازی d در دوره‌ی زمانی p واگذار شود

$L_{gtdp}=1$: اگر عملیات جداسازی t برای محصول g در مرکز جداسازی d در دوره‌ی زمانی p انجام شود

پارامترها

d_{ij}: فاصله‌ی بین تأمین‌کننده i و مرکز مونتاژ j

d_{jk}: فاصله‌ی بین مرکز مونتاژ j و خرده‌فروش k

d_{kl}: فاصله‌ی بین خرده‌فروش k و مصرف‌کننده l

d_{lm}: فاصله‌ی بین مصرف‌کننده l و مرکز جمع‌آوری m

d_{mr}: فاصله‌ی بین مرکز جمع‌آوری m و مرکز نوسازی r

d_{md}: فاصله‌ی بین مرکز جمع‌آوری m و مرکز جداسازی d

d_{rk}: فاصله‌ی بین مرکز نوسازی r و خرده‌فروش k

d_{dj}: فاصله‌ی بین مرکز جداسازی d و مرکز مونتاژ j

d_{d}: فاصله‌ی بین مرکز جداسازی d و مرکز دفع

a_{gcip}: ظرفیت تأمین‌کننده i برای قطعه‌ی c از محصول g در دوره‌ی زمانی p

b_{gjp}: ظرفیت مرکز مونتاژ j برای محصول g در دوره‌ی زمانی p

c_{gkp}: ظرفیت خرده‌فروش k برای محصول g در دوره‌ی زمانی p

u_{glp}: تقاضای مصرف‌کننده‌ی l برای محصول g در دوره‌ی زمانی p

e_{gmp}: ظرفیت مرکزجمع‌آوری m برای محصول g در دوره‌ی زمانی p

f_{grp}: ظرفیت مرکزنوسازی برای محصول g در دوره‌ی زمانی p

$g_{\mathrm{gcd}\,p}$: ظرفیت مرکز جداسازی d برای قطعه‌ی c از محصول g در دوره‌ی زمانی p

t: هزینه‌ی حمل‌ونقل

s_{gci}: هزینه‌ی خرید قطعه‌ی c از محصول g از تأمین‌کننده i

w_{gr}: هزینه‌ی نوسازی برای محصول g در مرکز r

$(cc)_{glm}$: هزینه‌ی جمع‌آوری برای محصول g از مصرف‌کننده l به مرکز m

$(rf)_{glm}$: هزینه‌ی بازپرداخت به مشتری l برای محصول g برای جمع‌آوری به مرکز m

$(wdc)_{gc}$: هزینه‌ی دفع برای قطعه‌ی c از محصول g

O: هزینه‌ی ثابت ایستگاه کاری

q_{gc}: تعداد قطعه‌ی c موجود در محصول g

$\theta_{\max}$: حداکثر درصد از محصولات جمع‌آوری شده

$\theta_{\min}$: حداقل درصد از محصولات جمع‌آوری شده

λ: درصد محصولی که از مراکز جمع‌آوری به مراکز نوسازی فرستاده می‌شوند

μ: درصد قطعه‌ای که از مراکز جداسازی به مراکز مونتاژ فرستاده می‌شود

A_a: مجموعه‌ی گره‌های مصنوعی در نمودار عملیات جداسازی

B_t: مجموعه‌ی گره‌های طبیعی در نمودار عملیات جداسازی

d_{B_t}: زمان انجام عملیات جداسازی $t \in T$

S_{dp}: حداکثر تعداد ایستگاه‌کاری در مرکز جداسازی d در دوره‌ی p

W_{time}: زمان کاری

با توجه به نمادگذاری ذکر شده، مدل تحقیق با هدف کمینه‌سازی هزینه‌ی کل به صورت زیر فرموله می‌شود:

۳-۲-۲- تابع هدف

$$\text{Min t}\left(\sum_{g\in G}\sum_{c\in C}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{p\in P}X_{gcijp}*d_{ij}+\sum_{g\in G}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}Y_{gjkp}*d_{jk}+\sum_{g\in G}\sum_{k\in K}\sum_{l\in L}\sum_{p\in P}W_{gklp}*d_{kl}\right.$$
$$+\sum_{g\in G}\sum_{l\in L}\sum_{m\in M}\sum_{p\in P}A_{glmp}*d_{lm}+\sum_{g\in G}\sum_{m\in M}\sum_{r\in R}\sum_{p\in P}B_{mrp}*d_{mr}+\sum_{g\in G}\sum_{m\in M}\sum_{d\in D}\sum_{p\in P}S_{gmdp}*d_{md} \quad (۱)$$
$$\left.+\sum_{g\in G}\sum_{r\in R}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}E_{grkp}*d_{rk}+\sum_{g\in G}\sum_{c\in C}\sum_{d\in D}\sum_{j\in J}\sum_{p\in P}Z_{\text{gcd}jp}*d_{dj}+\sum_{g\in G}\sum_{c\in C}\sum_{d\in D}\sum_{p\in P}F_{\text{gcd}p}*d_{dc}\right)$$

$$+\left(\sum_{g\in G}\sum_{c\in C}\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{p\in P}X_{gcijp}*s_{gci}\right) \quad (۲)$$

$$+\left(\sum_{g\in G}\sum_{m\in M}\sum_{r\in R}\sum_{p\in P}B_{gmrp}*w_{gr}\right) \quad (۳)$$

$$+\left(\sum_{g\in G}\sum_{l\in L}\sum_{m\in M}\sum_{p\in P}A_{glmp}*(rf)_{glm}\right) \quad (۴)$$

$$+\left(\sum_{g\in G}\sum_{l\in L}\sum_{m\in M}\sum_{p\in P}A_{glmp}*(cc)_{glm}\right) \quad (۵)$$

$$+\left(\sum_{g\in G}\sum_{c\in C}\sum_{d\in D}\sum_{p\in P}F_{\text{gcd}p}*(wdc)_{gc}\right) \quad (۶)$$

$$+\left(\sum_{s\in S}\sum_{d\in D}\sum_{p\in P}N_{sdp}*O_{dp}\right) \quad (۷)$$

تابع هدف هزینه‌ی کل زنجیره را به حداقل می‌رساند که شامل:

(۱): هزینه‌های حمل‌ونقل بین تمام تسهیلات شبکه‌ی زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته

(۲): هزینه‌های خرید قطعات از تأمین‌کننده

(۳): هزینه‌های نوسازی محصولات جمع‌آوری شده

(۴): هزینه‌های بازپرداخت به مشتری بابت جمع‌آوری محصولات

(۵): هزینه‌های جمع‌آوری محصولات

(۶): هزینه‌های دفع قطعات

(۷): هزینه‌های ثابت ایستگاه‌های کاری

۳-۲-۳- محدودیت‌ها

۳-۲-۴- محدودیت‌های ظرفیت و تقاضا

$$\sum_{j \in J} X_{gcijp} \le a_{gcip} \qquad \forall g \in G, c \in C, i \in I, p \in P \qquad (۸)$$

$$\sum_{k \in K} Y_{gjkp} \le b_{gjp} \qquad \forall g \in G, j \in J, p \in P \qquad (۹)$$

$$\sum_{l \in L} W_{gklp} \le c_{gkp} \qquad \forall g \in G, k \in K, p \in P \qquad (۱۰)$$

$$\sum_{k \in K} W_{gklp} \ge u_{glp} \qquad \forall g \in G, l \in L, p \in P \qquad (۱۱)$$

$$\sum_{r \in R} B_{gmrp} + \sum_{d \in D} S_{gmdp} \le e_{gmp} \qquad \forall g \in G, m \in M, p \in P \qquad (۱۲)$$

$$\sum_{k \in K} E_{grkp} \le f_{grp} \qquad \forall g \in G, r \in R, p \in P \qquad (۱۳)$$

$$F_{\mathrm{gcd}\,p} + \sum_{j \in J} Z_{\mathrm{gcd}\,jp} \le g_{\mathrm{gcd}\,p} \qquad \forall g \in G, c \in C, d \in D, p \in P \qquad (۱۴)$$

محدودیت (۸) نشان می‌دهد که مقدار کل قطعات خریداری شده از تأمین‌کننده‌ها نمی‌تواند از ظرفیت آنها در هر دوره بیشتر باشد. محدودیت (۹) قید می‌کند که مقدار تولید محصولات نهایی نباید از ظرفیت تولید مرکز مونتاژ در هر دوره بیشتر باشد. محدودیت (۱۰) تضمین می‌کند که مقدار محصولی که از خرده‌فروش به مصرف‌کننده توزیع می‌شود نمی‌تواند از ظرفیت توزیع خرده‌فروش بیشتر باشد. محدودیت (۱۱) اطمینان می‌دهد که تقاضای تمامی مصرف‌کنندگان برآورده می‌شود. محدودیت (۱۲) نشان می‌دهدکه مقدار محصولی که از مرکز جمع‌آوری به مرکز نوسازی و جداسازی فرستاده می‌شود نمی‌تواند از ظرفیت مرکز جمع‌آوری بیشتر باشد. محدودیت (۱۳) نشان می‌دهد که مقدار محصولی که از مرکزنوسازی به خرده‌فروش فرستاده می‌شود نمی‌تواند از ظرفیت مرکز نوسازی بیشتر باشد. محدودیت (۱۴) نشان می‌دهد که مقدار قطعه‌ای که ازمرکزجداسازی به مرکز مونتاژ و دفع فرستاده می‌شود نمی‌تواند از ظرفیت مرکز جداسازی بیشتر باشد.

۳-۲-۵- محدودیت‌های تعادلی

$$\sum_{j\in J} Y_{gjkp} + \sum_{r\in R} E_{grk(p-1)} - \sum_{l\in L} W_{gklp} = 0 \qquad \forall g\in G, c\in C, j\in J, p\in P \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{i\in I} X_{gcijp} + \sum_{d\in D} Z_{gcdj(p-1)} - \sum_{k\in K} Y_{gjkp} * q_{gc} = 0 \qquad \forall g\in G, k\in K, p\in P \qquad (۱۶)$$

$$\theta_{\min} \sum_{k\in K} W_{gklp} \le \sum_{m\in M} A_{gklp} \le \theta_{\max} \sum_{k\in K} W_{gklp} \qquad \forall g\in G, l\in L, p\in P \qquad (۱۷)$$

$$\lambda \sum_{l\in L} A_{glmp} - \sum_{r\in R} B_{gmrp} = 0 \qquad \forall g\in G, m\in M, p\in P \qquad (۱۸)$$

$$\sum_{m\in M} B_{gmrp} - \sum_{k\in K} E_{grkp} = 0 \qquad \forall g\in G, r\in R, p\in P \qquad (۱۹)$$

$$(1-\lambda) \sum_{l\in L} A_{glmp} - \sum_{d\in D} S_{gmdp} = 0 \qquad \forall g\in G, m\in M, p\in P \qquad (۲۰)$$

$$(1-\mu) \sum_{m\in M} S_{gmdp} * q_{gc} - F_{gcdp} = 0 \qquad \forall g\in G, c\in C, d\in D, p\in P \qquad (۲۱)$$

$$\mu \sum S_{gmdp} * q_{gc} - \sum_{j\in J} Z_{gcdjp} = 0 \qquad \forall g\in G, c\in C, d\in D, p\in P \qquad (۲۲)$$

محدودیت (۱۵) تضمین می‌کند که مقدار قطعه‌ای که از تأمین‌کننده خریداری شده و مقداری که از مرکز جداسازی در دوره‌ی قبل به مرکز مونتاژ فرستاده شده برابر است با مقدار محصولی که در مرکز مونتاژ از این قطعات ساخته شده و به خرده‌فروش فرستاده شده است. محدودیت (۱۶) نشان می‌دهد که مقدار محصولی که از مرکز مونتاژ و مقداری که از مرکز نوسازی در دوره‌ی قبل به خرده‌فروش فرستاده می‌شود برابر است با مقداری که از خرده‌فروش به مصرف‌کننده فرستاده می‌شود. محدودیت (۱۷) اطمینان می‌دهد که مقدار محصول جمع‌آوری شده از مصرف‌کنندگان باید بین حداقل ($\Theta_{\min}$) و حداکثر ($\Theta_{\max}$) نرخ‌های جمع‌آوری باشد. محدودیت (۱۸) تضمین می‌کند که λ درصد از محصولات جمع‌آوری شده

از مصرف‌کنندگان برابر است با مقدار محصولی که از مرکز جمع‌آوری به مرکز نوسازی فرستاده می‌شود. محدودیت (۱۹) اطمینان می‌دهد که مقدار محصولی که در مرکز نوسازی، نوسازی می‌شود برابر است با مقداری که از آن مرکز به خرده‌فروش فرستاده می‌شود. محدودیت (۲۰) تضمین می‌کند که مقدار باقی‌مانده از محصولات جمع‌آوری شده به مراکز جداسازی فرستاده می‌شود. محدودیت (۲۱) تضمین می‌کند که مقدار قطعه‌ای که در مرکز جداسازی بدست آمده و در شرایط غیر معمول است با مقداری که دفع می‌شود برابر می‌باشد. محدودیت (۲۲) اطمینان می‌دهد که مقدار باقی‌مانده‌ی قطعاتی که در جداسازی بوده و در شرایط قابل استفاده می‌باشد برابر است با مقداری که از مرکز جداسازی به مرکز مونتاژ فرستاده می‌شود.

۳-۲-۶- محدودیت‌های تعادل خط جداسازی قطعات

$$\sum_{B_t \in S(A_a)} L_{gtdp} = 1 \qquad \forall a = 0, g \in G, d \in D, p \in P \qquad (۲۳)$$

$$\sum_{B_t \in S(A_a)} L_{gtdp} = \sum_{B_t \in P(A_a)} L_{gtdp} \qquad \forall a \neq 0, g \in G, d \in D, p \in P \qquad (۲۴)$$

$$\sum_{s \in S} M_{gtsdp} = L_{gtdp} \qquad \forall g \in G, t \in T, d \in D, p \in P \qquad (۲۵)$$

$$\sum_{t} M_{gtsdp} * d_{B_t} \leq (W_{time} \Big/ \sum_{j \in J} \sum_{c \in C} Z_{\gcd jp} + \sum_{c \in C} F_{\gcd p}) N_{gsdp} \qquad \forall g \in G, s \in S, d \in D, p \in P \qquad (۲۶)$$

محدودیت (۲۳) و (۲۴) تضمین می‌کند که دقیقاً یکی از شاخه‌های گراف جداسازی قطعات در هر دوره انتخاب می‌شود. محدودیت (۲۵) اطمینان می‌دهد که هر عملیات جداسازی دقیقاً به یکی از ایستگاه‌های کاری واگذار می‌شود. محدودیت (۲۶) اطمینان می‌دهد که مدت زمان صرف شده در هر ایستگاه‌کاری

نبایـــد از زمـــان چرخـــه بیشـــتر باشـــد؛ زمـــان چرخـــه از تقســـیم زمـــان کـــاری بـــر مقـــدار قطعات جداسازی شده بدست می‌آید.

۳-۲-۷- محدودیت‌های علامت و نوع متغیرها

$$X_{gcijp}, Y_{gjkp}, W_{gklp}, A_{glmp}, B_{gmrp}, S_{gmdp}, E_{grkp}, Z_{\mathrm{gcd}\,jp}, F_{\mathrm{gcd}\,p} \geq 0 \qquad \forall g \in G, c \in C, i \in I, j \in J, k \in K, l \in L, m \in M, r \in R, d \in D, p \in P \qquad (۲۷)$$

$$M_{tsdp}, N_{sdp}, L_{tdp} \in \{0,1\} \qquad \forall t \in T, s \in S, d \in D, p \in P \qquad (۲۸)$$

محـــدودیت (۲۷) قیـــد غیـــر منفـــی بـــودن را روی متغیرهـــای تصـــمیم اجـــرا مـــی‌کنـــد. محدودیت (۲۸) متغیرهای باینری را نشان می‌دهد.

۳-۳- جمع‌بندی

در این فصل ابتدا پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل حل پیشنهادی مسئله مورد بررسی شرح داده شد و سپس تابع هدف مدل و محدودیت‌های آن ارائه گردید.

٤- فصل چهارم

نتایج

پژوه

۴-۱- مقدمه

در این فصل به منظور کارایی و ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی، خلاصه‌ای از آزمایشات ارائه شده و می‌خواهیم ببینیم که چه منافعی در بهینه‌سازی شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته چندمحصولی و تعادل خط جداسازی قطعات وجود دارد. در ابتدا به توصیف جزییات داده‌هایی که مورد استفاده قرار گرفته‌اند می‌پردازیم وسپس مثالی جهت نشان دادن منافع مورد نظر ارائه می‌گردد.

جهت حل مدل از نرم افزار GAMZ 24.1 و یک رایانه شخصی با مشخصات Intel Core i7, (8GB RAM)استفاده شده است. در قسمت بعدی نتایج مربوط به تجزیه و تحلیل داده‌ها ارائه شده است.

۴-۲- شرح داده‌ها

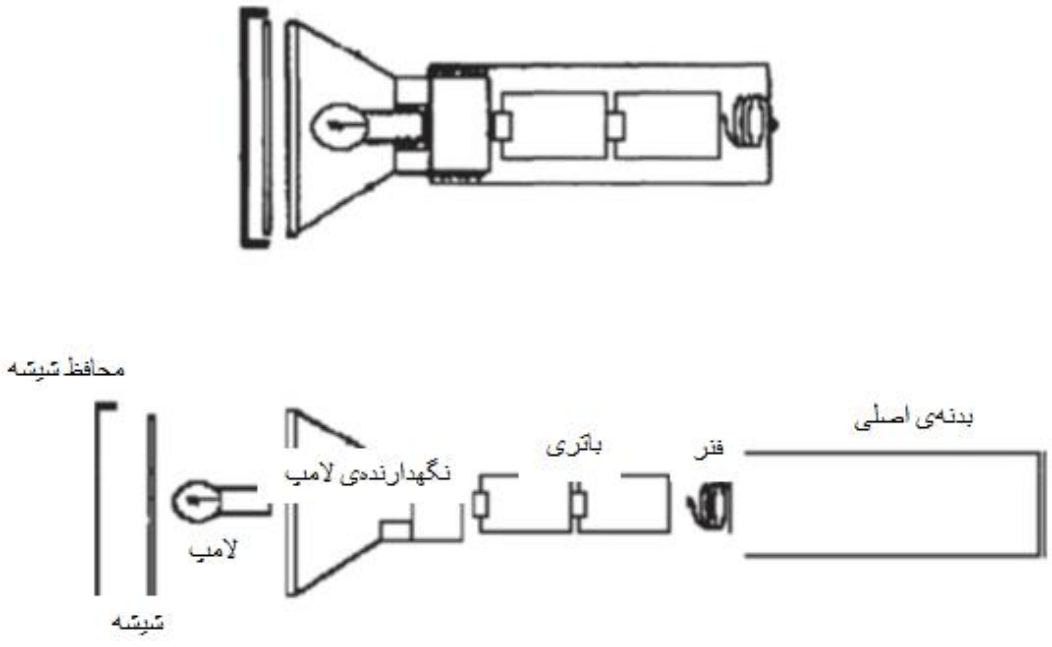
شبکه‌ی مورد بررسی برای مثال عددی در شکل (۳) نشان داده شده است که شامل: چهار کارخانه تأمین‌کننده‌ی قطعات، دو مرکز مونتاژ و خرده‌فروش و چهار مصرف‌کننده در زنجیره‌ی رو به جلو، دو مرکز جمع‌آوری محصولات، دو مرکز نوسازی محصولات، دو مرکزجداسازی قطعات و یک مرکز دفع در زنجیره‌ی برگشتی می‌باشد (ازسیلان و پاکسوی[۱۰۱]، ۲۰۱۳).

تأمین‌کنندگان قطعات گوناگون را برای مرکز مونتاژ که کار ساخت محصول را به عهده دارد، تهیه می‌کنند. محصول مورد آزمایش دراین تحقیق چراغ‌قوه می‌باشد که از هفت قطعه تشکیل شده است. شکل (۴-۱) یک چراغ‌قوه با قطعات تشکیل دهنده‌اش را نشان می‌دهد (تانگ[۱۰۲] و همکاران، ۲۰۰۲). در دوره‌ی اول، قطعات در مرکز مونتاژ به محصول نهایی تبدیل شده وسپس به خرده‌فروش و از آنجا برای مصرف‌کننده فرستاده می‌شود. جریان برگشتی با جمع‌آوری چراغ‌قوه‌های استفاده

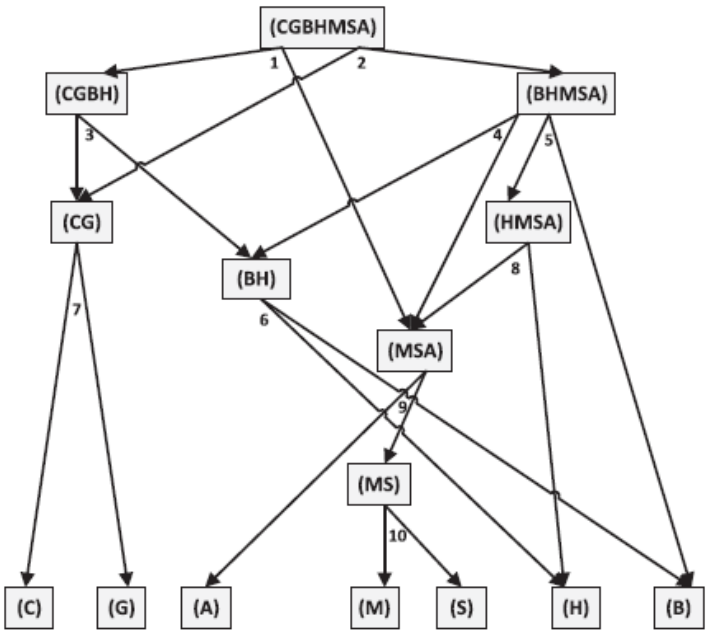
[۱۰۱] Ozceylan & Paksoy
[۱۰۲] Tang

شـــده از مشـــتریان (مقـــدار جمـــع‌آوری شـــده بایـــد بـــین Θ_{min} و Θ_{max} باشـــد) شـــروع مـــی-شـــود. (λ-1) درصـــد از محصـــولات جمـــع‌آوری شـــده بـــه مراکـــز جداســـازی و مـــابقی آنهـــا کـــه نیـــاز بـــه جداســـازی ندارنـــد بـــه مراکـــز نوســـازی فرســـتاده مـــی‌شـــوند. چـــراغ‌قـــوه‌هـــای کـــارکرده بعـــد از نوســـازی در مراکـــز موســـازی بـــه خـــرده‌فروشـــان بـــرای تحویـــل بـــه مصـــرف-کننـــده فرســـتاده مـــی‌شـــود. آن دســـته از محصـــولاتی کـــه بـــه مراکـــز جداســـازی فرســـتاده مـــی‌شـــوند، بـــه ایســـتگاه‌هـــای کـــاری جهـــت جداســـازی محصـــولات بـــه قطعـــات تشـــکیل-دهنـــده نیـــاز مـــی‌باشـــد کـــه ایـــن ایســـتگاه‌هـــا بـــا توجـــه بـــه مقـــدار محصـــولات بایـــد بـــه تعـــادل برســـند. در ادامـــه ایـــن قطعـــات بـــه دو بخـــش تفکیـــک مـــی‌شـــوند: قطعـــات قابـــل اســـتفاده کـــه بـــه مراکـــز مونتـــاژ فرســـتاده مـــی‌شـــوند، قطعـــات غیـــر قابـــل اســـتفاده کـــه بـــه مراکـــز دفـــع فرستاده می‌شوند.

گـــراف جداســـازی، تمـــام راه‌هـــای ممکـــن جداســـازی چـــراغ‌قـــوه بـــه قطعـــات تشـــکیل دهنـــده‌اش را در شـــکل (۵-۱) نمـــایش مـــی‌دهـــد. در ایـــن شـــکل هفـــت گـــره و ده عملیـــات جداسازی برای این محصول به تصویر کشیده شده است.



شکل ۴-۱: چراغ‌قوه و قطعات تشکیل دهنده‌اش (تانگ و همکاران، ۲۰۰۲)



شکل ۴-۲: گراف جداسازی (تانگ و همکاران، ۲۰۰۲)

برای مثال عددی، هزینه‌ی حمل‌ونقل را ۵.۲۳ هر تن-کیلومتر به عنوان یک کامیون حمل‌ونقل در نظر گرفتیم (فورکنبراک، ۲۰۰۱). هزینه‌ی ثابت باز کردن یک ایستگاه‌کاری در خط جداسازی قطعات ۱۰۰۰ دلار، حداکثر تعداد ایستگاه‌های کاری (S_{dp}) برای هر مرکز جداسازی در هر دوره‌ی زمانی شش ایستگاه در نظر گرفته شده است. یک دوره‌ی زمانی از ۴ ماه (۱۶ هفته)، با شش روز کاری در هفته و روزی ۹ ساعت در نظر گرفته می‌شود، به تبع آن، W_{time} برابر با ۵۱.۸۴۰ واحد زمان تنظیم شده است. در مسئله‌ی مورد نظراز دو دوره‌ی زمانی استفاده شده است. پارامترهای دیگر نیز بدین صورت در نظر گرفته شده‌اند: Θ_{min} = ٪۲۰، Θ_{max} = ٪۸۰، λ = ٪۳۰، μ = ٪۷۰، s_{ic} = ۲۵ دلار به ازای هر قطعه، w_r = ۱۰ دلار به ازای هر محصول. داده‌های استفاده شده در این فصل با توجه به مقالات اُزسیلان و پاکسوی (۲۰۱۳a)، اُزسیلان و پاکسوی (۲۰۱۳b) تعیین گردیده است.

فرمول‌های برنامه‌نویسی عدد صحیح مختلط شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته مورد بررسی (فرمول-های ۱ تا ۲۸) شامل ۵۸۰ متغیر و ۵۲۱ محدودیت می‌باشد. جداول (۴-۱)، (۴-۲)، (۴-۳)، (۴-۴)

فواصل بین تسهیلات، مقدار ظرفیت‌ها و تقاضاها را نشان می‌دهند. جدول (۴-۵) نتایج حاصل از حل مدل و جداول (۴-۶) و (۴-۷) تعادل خط جداسازی بهینه را در دو دوره‌ی زمانی ارائه می‌دهد.

جدول ۴-۱: فواصل بین تسهیلات (کیلومتر)

	مرکز مونتاژ ۱	مرکز مونتاژ ۲	مرکز جمع-آوری ۱	مرکز جمع-آوری ۲	مرکز دفع
تأمین‌کننده ۱	۱۰۰	۱۳۰	-	-	-
تأمین‌کننده ۲	۱۱۰	۱۵۰	-	-	-
تأمین‌کننده۳	۱۴۰	۸۰	-	-	-
تأمین‌کننده۴	۱۹۰	۱۸۵	-	-	-
خرده‌فروش ۱	۱۶۰	۱۲۰	-	-	-
خرده‌فروش ۲	۸۰	۱۰۰	-	-	-
مرکز جداسازی ۱	۱۲۰	۱۵۰	۱۳۰	۱۱۰	۵۰
مرکز جداسازی ۲	۲۹۰	۲۷۰	۱۶۰	۱۲۰	۶۰

جدول ۴-۲: فواصل بین تسهیلات (کیلومتر)

	مصرف‌کننده ۱	مصرف‌کننده ۲	مصرف‌کننده ۳	مصرف‌کننده ۴	مرکز نوسازی ۱	مرکز نوسازی ۲
خرده‌فروش ۱	۲۲۰	۲۶۰	۱۵۰	۱۷۰	۲۲۰	۲۶۰
خرده‌فروش ۲	۳۲۰	۲۹۰	۲۱۰	۳۳۰	۱۸۰	۱۵۰
مرکز جمع-آوری ۱	۵۰	۸۰	۱۰۰	۹۰	۹۰	۱۰۰
مرکز جمع-آوری۲	۱۱۰	۹۵	۶۵	۸۷	۸۰	۹۵

جدول ۴-۳: ظرفیت تأمین‌کنندگان و مراکز جداسازی برای قطعات محصول (تُن)

قطعات	قطعه ۱	قطعه ۲	قطعه ۳	قطعه ۴	قطعه ۵	قطعه ۶	قطعه ۷
تأمین-کننده ۱							
دوره اول	۵۸۵	۴۵۱	۴۲۴	۵۲۳	۵۶۷	۵۵۹	۴۸۰
دوره دوم	۴۳۵	۵۵۷	۵۳۹	۵۷۹	۴۸۵	۴۸۹	۵۰۹
تأمین-کننده ۲							
دوره اول	۴۰۱	۴۸۰	۴۴۷	۴۳۷	۴۶۰	۴۲۲	۴۱۶
دوره دوم	۵۰۳	۴۰۸	۵۹۲	۴۸۰	۵۲۷	۵۸۸	۴۱۵
تأمین-کننده۳							
دوره اول	۵۷۷	۴۶۵	۵۱۲	۵۳۷	۵۷۸	۴۵۷	۵۰۹
دوره دوم	۴۹۸	۵۹۱	۴۶۵	۴۹۹	۵۴۴	۴۲۵	۴۰۸
تأمین-کننده۴							
دوره اول	۵۰۷	۴۷۵	۴۵۳	۴۸۵	۴۳۴	۴۹۶	۴۴۹
دوره دوم	۴۳۱	۴۹۶	۵۰۸	۴۲۵	۵۵۹	۴۵۱	۴۸۰
مرکز جداسازی۱							
دوره اول	۲۸۰	۲۱۹	۲۹۵	۲۷۹	۲۹۲	۲۸۹	۲۲۴
دوره دوم	۲۳۲	۲۵۴	۲۰۳	۲۲۸	۲۲۱	۲۷۹	۲۸۳
مرکز جداسازی۲							
دوره اول	۴۷۱	۴۲۶	۴۲۶	۴۴۹	۴۲۰	۴۵۲	۴۸۷
دوره دوم	۴۷۱	۴۸۲	۴۴۴	۴۱۵	۴۳۶	۴۷۱	۴۳۷

جدول ۴-۴: ظرفیت تسهیلات و تقاضای مشتریان برای محصول نهایی (تُن)

دوره زمانی	مرکز مونتاژ ۱	مرکز مونتاژ ۲	خرده-فروش ۱	خرده-فروش ۲	مشتری ۱	مشتری ۲	مشتری ۳	مشتری ۴	مرکز جمع‌آوری۱	مرکز جمع‌آوری۲	مرکز نوسازی ۱	مرکز نوسازی ۲
اول	۶۷۰	۵۹۰	۵۲۰	۵۸۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۸۰	۱۹۰	۲۰۰	۲۳۰	۲۴۰	۲۱۰
دوم	۵۵۰	۴۷۰	۵۳۰	۳۳۰	۱۷۰	۱۸۰	۱۷۰	۱۸۰	۲۳۰	۲۲۰	۲۱۰	۲۶۰

جدول ۴-۵: نتایج

تابع هدف	مقدار (دلار)	درصد از هزینه‌ی کل
هزینه‌های کل	۳۱۹۵۲۴.۹۷	۱۰۰
هزینه‌های کل حمل‌ونقل	۹۴۳۳۴.۹۷	۲۹.۵۲
هزینه‌های کل خرید قطعات	۲۱۰۱۶۰.۰۰	۶۵.۷۷
هزینه‌های کل نوسازی	۱۸۱۰.۰۰	۰.۵۷
هزینه‌های جمع‌آوری	۹۶۰.۰۰	۰.۳۰
هزینه‌های بازپرداخت به مشتری	۴۴۰۰.۰۰	۱.۳۸
هزینه‌های دفع	۷۶۰.۰۰	۰.۲۴
هزینه‌های کل ایستگاه‌های کاری	۷۱۰۰.۰۰	۲.۲۲

جدول ۴-۶: تعادل خط جداسازی بهینه در دوره‌ی اول

	ایستگاه‌کاری	عملیات جداسازی	زمان انجام عملیات (واحد زمان)
مرکز جداسازی ۱	۱	۹ ، ۱	۲۵
	۲	۱۰ ، ۷ ، ۶ ، ۳	۴۹
مرکز جداسازی ۲	۱	۳ ، ۱	۲۲
	۲	۶	۲۱
	۳	۱۰ ، ۹ ، ۷	۳۱

جدول ۴-۷: تعادل خط جداسازی بهینه در دوره‌ی دوم

	ایستگاه‌کاری	عملیات جداسازی	زمان انجام عملیات (واحد زمان)
مرکز جداسازی ۱	۱	۱۰ ، ۹ ، ۷ ، ۶ ، ۳ ، ۱	۷۴
مرکز جداسازی ۲	۱	۱۰ ، ۹ ، ۷ ، ۶ ، ۴ ، ۲	۹۴

جواب بهینه با توجه به جدول (۴-۵) برابر با ۳۱۹۵۲۴.۹۷ دلار است. با توجه به جدول نتایج هزینه-های خرید قطعات با ۶۵.۷۷ درصد، بیشترین هزینه و بعد از آن به ترتیب هزینه‌های حمل‌ونقل با ۲۹.۵۲ درصد، هزینه‌های کل ایستگاه‌های کاری با ۲.۲۲ درصد، هزینه‌های بازپرداخت به مشتری با ۱.۳۸ درصد، هزینه‌های نوسازی با ۰.۵۷ درصد، هزینه‌های جمع‌آوری با ۰.۳۰ درصد و هزینه‌های دفع با ۰.۲۴ درصد کمترین هزینه می‌باشد.

با توجه به داده‌های جدول نتایج، در دوره‌ی اول ۵۵۲۰ تُن قطعه از تأمین‌کنندگان خریداری می‌شود. ۶۹۰ تُن از محصولات نهایی که در مراکز مونتاژ تولید شده به خرده‌فروشان فرستاده می‌شود. با توجه به عدم قطعیت در جمع‌آوری، ۴۵٪ تا ۸۰٪ از محصولات کارکرده نزد مشتریان جمع‌آوری می‌شوند. ۴۳۰ تُن از محصولات نهایی به مراکز جمع‌آوری فرستاده می‌شوند. ۱۲۹ تُن از محصولات به مراکز نوسازی جهت تعمیر و نوسازی و از آنجا به خرده‌فروشان فرستاده می‌شود. باقیمانده‌ی محصولات جمع‌آوری شده (۳۰۱ تُن) به مراکز جداسازی فرستاده می‌شوند. در طی عملیات جداسازی ۲۴۰۸ تُن قطعه (۸۹۶ تُن در مرکز جداسازی اول و ۱۵۱۲ تُن در مرکز جداسازی دوم) بدست می‌آید که ۷۲۲ تُن از آنها به مراکز دفع و مابقی آنها به مراکز مونتاژ جهت استفاده به عنوان قطعات نو فرستاده می‌شوند. در دوره‌ی دوم نیز، ۲۸۸۰ تُن قطعه از تأمین‌کنندگان خریداری و به همراه ۱۰۵۷ تُن قطعه که از دوره‌ی قبل در مراکز جداسازی بازیافت شده به مراکز مونتاژ فرستاده می‌شود. ۵۷۱ تُن از محصولات نهایی تولید شده به خرده‌فروشان فرستاده می‌شود. در این دوره، ۱۴۰ تُن از محصولات کارکرده جمع‌آوری می‌شود که ۴۲ تُن از آنها به سمت مراکز نوسازی و ۹۸ تُن به مراکز جداسازی فرستاده می‌شوند. در طی عملیات جداسازی، ۷۰۰ تُن قطعه در مرکز جداسازی اول و ۸۸ تُن قطعه در مرکز جداسازی دوم بدست می‌آید. بعد از جداسازی، ۲۳۲ تُن از قطعات دفع و مابقی به مراکز مونتاژ فرستاده می‌شوند. پس می‌توان مشاهده کرد که در دوره‌ی دوم به دلیل استفاده از قطعات بازیافتی، قطعات کمتری از تأمین‌کنندگان خریداری شده است. راه‌حل مورد استفاده همچنین تمام ایستگاه‌های کاری جداسازی قطعات را به تعادل می‌رساند. به عنوان مثال زمان چرخه (CT) در مراکز جداسازی اول و دوم، در دوره‌ی اول به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CT_{11} = \frac{W_{time}}{\sum_c \sum_j Z_{c1j1} + \sum_c F_{c11}} = \frac{51.840}{896} = 57.86; CT_{21} = \frac{W_{time}}{\sum_c \sum_j Z_{c2j1} + \sum_c F_{c21}} = \frac{51.840}{88} = 34.29$$

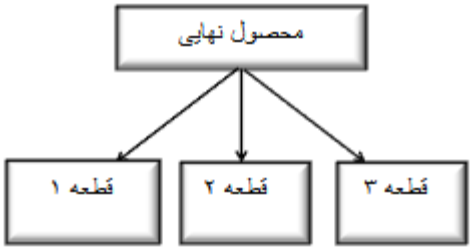
همانطور که مشاهده می‌کنید، با توجه به مقدار قطعاتی که در مراکز جداسازی بدست می‌آید زمان چرخه در مراکز به صورت بالا محاسبه می‌شوند که این مقادیر در مرکز جداسازی اول منجر به راه

اندازی ۲ ایستگاه و در مرکز جداسازی دوم منجر به راه اندازی ۳ ایستگاه می‌شود زیرا زمان صرف شده در هر ایستگاه نباید از زمان چرخه (CT) بیشتر باشد که نتایج جدول (۴-۶) نیز نشان‌دهنده‌ی این موضوع می‌باشد. زمان کاری کمتر در مرکز جداسازی دوم اشاره به وجود یک ایستگاه‌کاری اضافی در آن مرکز دارد. همچنین در دوره‌ی دوم نیز CT به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$CT_{12} = \frac{W_{time}}{\sum_c \sum_j Z_{c1j2} + \sum_c F_{c12}} = \frac{51.840}{700} = 74.05 \quad CT_{22} = \frac{W_{time}}{\sum_c \sum_j Z_{c2j2} + \sum_c F_{c22}} = \frac{51.840}{88} = 589.1$$

با توجه به مقدار قطعاتی که در مراکز جداسازی بدست می‌آید، زمان چرخه در مراکز به صورت بالا محاسبه می‌شوند که این مقادیر در مرکز جداسازی اول و دوم منجر به راه اندازی ۱ ایستگاه می‌شود زیرا زمان صرف شده در هر ایستگاه نباید از زمان چرخه (CT) بیشتر باشد که نتایج جدول (۴-۷) نیز نشان‌دهنده‌ی این موضوع می‌باشد.

در ادامه، مسئله را برای محصول دوم حل می‌کنیم. همانطور که در شکل (۴-۳) نشان داده شده است، این محصول از سه قطعه تشکیل شده است.



شکل ۴-۳: محصول دوم و قطعات تشکیل دهنده‌اش (ازسیلان و پاکسوی، ۲۰۱۲)

برای سادگی، باقی پارامترها (هزینه‌های حمل‌ونقل، هزینه‌های خرید قطعات و ...) مانند محصول اول در نظر گرفته شده است.

جداول (۴-۸) و (۴-۹) به ترتیب ظرفیت تأمین‌کنندگان و مراکز جداسازی برای قطعات محصول، ظرفیت تسهیلات و تقاضای مشتریان برای محصول نهایی را نشان می‌دهند.

جدول ۴-۸: ظرفیت تأمین‌کنندگان و مراکز جداسازی برای قطعات محصول (تُن)

قطعات	قطعه ۱	قطعه ۲	قطعه ۳
تأمین‌کننده ۱			
دوره اول	۶۲۰	۳۲۰	۴۲۰
دوره دوم	۶۱۰	۳۱۰	۴۱۰
تأمین‌کننده ۲			
دوره اول	۷۲۰	۳۵۰	۵۲۰
دوره دوم	۷۱۰	۳۴۰	۵۱۰
تأمین‌کننده ۳			
دوره اول	۶۲۰	۳۲۰	۴۲۰
دوره دوم	۶۱۰	۲۱۰	۴۱۰
تأمین‌کننده ۴			
دوره اول	۸۸۰	۳۷۰	۴۲۰
دوره دوم	۸۵۰	۳۳۰	۴۱۰
مرکز جداسازی ۱			
دوره اول	۶۴۰	۴۵۰	۶۸۰
دوره دوم	۵۶۰	۴۳۰	۷۴۰
مرکز جداسازی ۲			
دوره اول	۶۸۰	۶۲۰	۷۵۰
دوره دوم	۵۸۰	۵۴۰	۶۳۰

جدول ۴-۹: ظرفیت تسهیلات و تقاضای مشتریان برای محصول نهایی (تُن)

دوره زمانی	مرکز مونتاژ۱	مرکز مونتاژ۲	خرده-فروش۱	خرده-فروش۲	مشتری ۱	مشتری ۲	مشتری ۳	مشتری ۴	مرکز جمع-آوری۱	مرکز جمع-آوری۲	مرکز نوسازی ۱	مرکز نوسازی ۲
اول	۵۷۰	۳۹۰	۴۲۰	۴۸۰	۲۳۰	۱۶۰	۲۴۰	۲۶۰	۲۰۰	۲۳۰	۹۰	۱۰۰
دوم	۴۵۰	۳۷۰	۴۳۰	۲۳۰	۲۲۰	۱۸۰	۲۳۰	۲۵۰	۲۳۰	۲۲۰	۱۰۰	۱۱۰

نتایج حاصل از حل شبکه مورد بررسی برای محصول دوم در جدول (۴-۱۰) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود با توجه به جداول داده‌های ورودی که تقاضا نسبت به محصول دوم تقریبا دو برابر شده، هزینه‌ها نیز دو برابر شده است.

جدول ۴-۱۰: نتایج

تابع هدف	مقدار (دلار)	درصد از هزینه‌ی کل
هزینه‌های کل	۶۹۴۳۲۸.۶	۱۰۰
هزینه‌های کل حمل‌ونقل	۲۱۰۶۸۸.۰۳	۳۰.۳۴
هزینه‌های کل خرید قطعات	۴۵۰۳۲۰.۱۰	۶۴.۸۶
هزینه‌های کل نوسازی	۳۸۲۰.۱۵	۰.۵۵
هزینه‌های جمع‌آوری	۲۲۰۰.۰۶	۰.۳۲
هزینه‌های بازپرداخت به مشتری	۱۰۴۰۰.۰۰	۱.۴۸
هزینه‌های دفع	۱۹۰۰.۱۲	۰.۲۷
هزینه‌های کل ایستگاه‌های کاری	۱۵۰۰۰.۱۴	۲.۱۸

۴-۳- تحلیل حساسیت

در این قسمت می‌خواهیم برای ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی، تأثیرات تابع هدف را با توجه به تغییرات پارامترها مشاهده کنیم. به عنوان مثال محصول اول را در نظر می‌گیریم و طی چهار سناریو تغییرات تابع هدف و اجزاء آن را نسبت به پارامترهای مورد نظر بررسی می‌کنیم.

- سناریوی اول

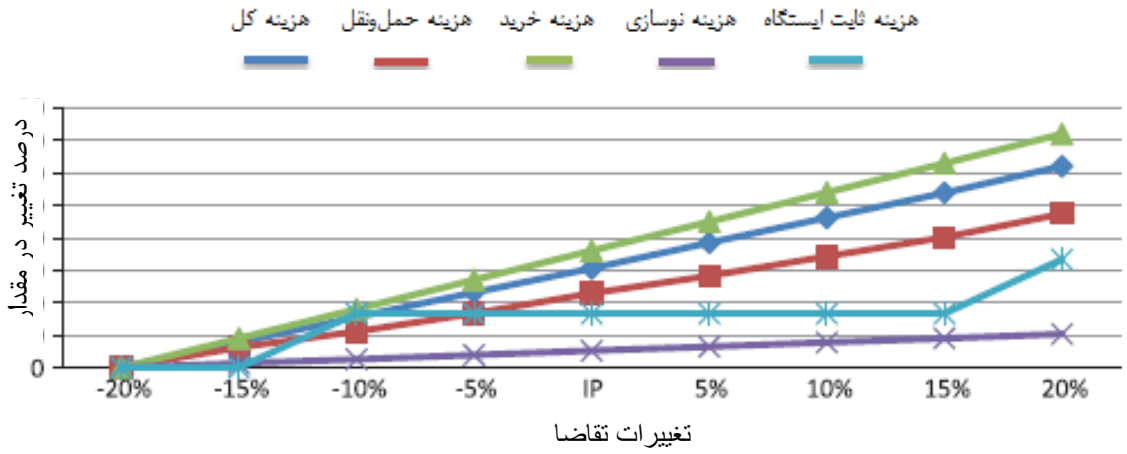
اثر تغییرات در تقاضای مشتریان را برروی توابع هدف بررسی می‌کنیم. جدول (۴-۱۱) تغییرات تابع هدف کل و اجزا آن را نسبت به تغییرات تقاضا نشان می‌دهد. تقاضا را در بازه‌ی (٪۲۰-) تا (٪۲۰+) تغییر می‌دهیم.

جدول ۴-۱۱: تغییرات هزینه نسبت به تغییرات تقاضا

تغییرات در تقاضا	هزینه کل	هزینه حمل‌ونقل	هزینه خرید	هزینه نوسازی	هزینه ایستگاه کاری
+۲۰٪	۳۸۸۴۶۴.۰۰	۱۰۹۱۱۹.۵۴	۲۶۱۷۸۵.۸۹	۱۸۶۴.۶۲	۷۹۲۴.۶۶
+۱۵٪	۳۶۷۹۷۳.۰۰	۱۰۳۷۶۸.۳۸	۲۴۸۰۸۷.۳۹	۱۸۳۹.۸۶	۶۹۵۴.۶۸
+۱۰٪	۳۴۹۴۷۲.۰۰	۹۹۳۵۴.۸۸	۲۳۴۳۵۵.۹۲	۱۸۱۷.۲۵	۶۹۸۹.۴۴
+۵٪	۳۳۰۹۶۷.۴۸	۹۴۹۵۴.۵۷	۲۱۹۷۶۲.۴۰	۱۷۸۷.۲۲	۶۹۵۰.۳۱
IP	۳۱۹۵۲۴.۹۷	۹۴۳۳۴.۹۷	۲۱۰۱۶۰.۰۰	۱۸۱۰.۰۰	۷۱۰۰.۰۰
-۵٪	۲۹۴۲۴۵.۱۱	۸۷۹۲۰.۴۳	۱۹۱۸۴۷.۸۱	۱۷۳۶.۰۴	۶۹۴۴.۱۸
-۱۰٪	۲۷۶۰۷۹.۶۷	۸۵۱۴۲.۹۷	۱۷۸۴۰۲.۶۸	۱۷۱۱.۶۹	۶۹۵۷.۲۰
-۱۵٪	۲۵۷۳۷۵.۸۹	۸۱۳۵۶.۵۱	۱۶۴۶۹۴.۸۳	۱۶۹۸.۶۸	۵۹۱۹.۶۴
-۲۰٪	۲۳۸۷۲۶.۴۰	۷۶۶۳۱.۱۷	۱۵۰۹۹۴.۴۴	۱۶۷۱.۰۷	۵۹۲۰.۴۱

با توجه به جدول، به وضوح می‌توان دید که افزایش در تقاضای مشتریان باعث افزایش در هزینه‌های کل سیستم می‌شود. دلیل اصلی این افزایش در هزینه‌ی کل؛ افزایش در مواد اولیه، فعالیت‌های حمل‌ونقل، بازسازی و بازیافت می‌باشد که این موارد منجر به افزایش هزینه‌های خرید قطعات، هزینه-های حمل‌ونقل، نوسازی و جداسازی می‌شود.

شکل (۴-۴) تغییرات هر یک از اجزاء تابع هدف را با توجه به تغییرات در تقاضای مشتریان نشان می-دهد.



شکل ۴-۴: نمودار تغییرات هزینه نسبت به تغییرات تقاضا

با توجه به شکل، بیشترین تغییر در هزینه‌ی خرید قطعات و کمترین تغییر در هزینه‌ی ثابت ایستگاه-های کاری می‌باشد. به عبارتی دیگر، افزایش در تقاضای مشتریان بنا به دلایلی از قبیل بازاریابی و ... بیشتر از هر جزء دیگری از تابع هدف باعث افزایش در هزینه‌های خرید قطعات و سپس هزینه‌های حمل‌ونقل می‌شود.

- سناریوی دوم

اکنون تغییرات تابع هدف و اجزای آن را با توجه به تغییرات در نسبت هزینه‌ی خرید به نوسازی محصولات مورد بررسی قرار می‌دهیم.

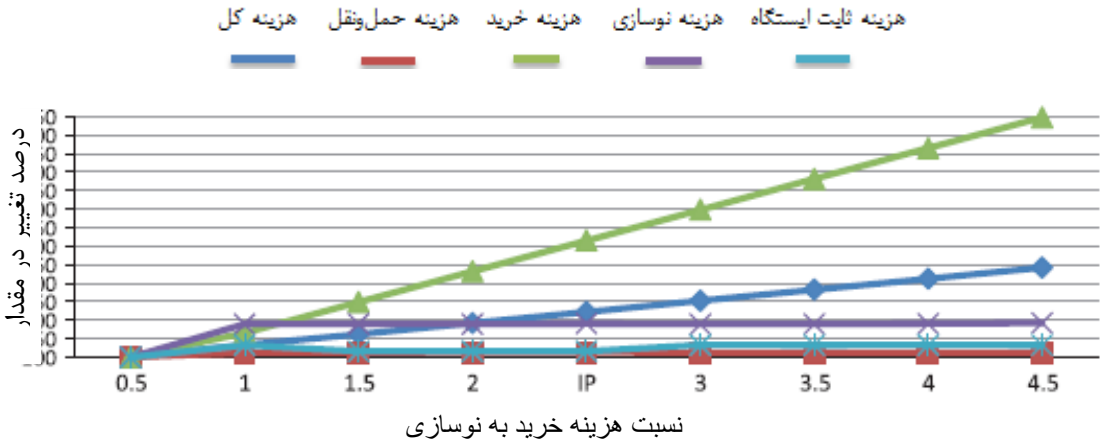
جدول (۴-۱۲) تغییرات تابع هدف کل و اجزا آن را با توجه به تغییرات در نسبت هزینه‌ی خرید به نوسازی محصولات نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۲: تغییرات هزینه با توجه به تغییرات در نسبت هزینه خرید به نوسازی

نسبت هزینه‌ی خرید به نوسازی	هزینه کل	هزینه حمل‌ونقل	هزینه خرید	هزینه نوسازی	هزینه ایستگاه کاری
۴.۵	۴۸۱۵۷۸.۱۱	۹۳۷۲۱.۲۵	۳۷۸۰۸۶.۸۸	۱۷۳۳.۶۸	۷۹۹۴.۱۹
۴	۴۴۰۵۶۸.۱۱	۹۳۷۲۹.۸۵	۳۳۶۰۹۳.۶۹	۱۷۱۴.۳۱	۸۰۰۰.۱۳
۳.۵	۴۰۰۵۴۸.۱۱	۹۳۷۳۱.۸۱	۲۹۴۰۶۶.۲۵	۱۷۰۹.۴۵	۷۹۹۰.۷۱
۳	۳۶۰۵۳۸.۱۱	۹۳۷۵۵.۳۷	۲۵۲۰۷۶.۴۴	۱۷۰۶.۵۸	۷۹۹۹.۶۰
IP (۲.۵)	۳۱۹۵۲۴.۹۷	۹۴۳۳۴.۹۷	۲۱۰۱۶۰.۰۰	۱۸۱۰.۰۰	۷۱۰۰.۰۰
۲	۲۸۱۹۹۴.۹۷	۹۴۳۴۴.۶۱	۱۶۸۰۴۳.۳۷	۱۸۲۰.۲۶	۶۹۹۱.۶۴
۱.۵	۲۳۰۵۰۸.۱۱	۹۴۷۵۶.۸۳	۱۲۶۰۴۵.۱۳	۱۸۲۳.۸۱	۶۹۹۲.۳۴
۱	۱۹۰۴۹۲.۱۱	۹۴۷۸۳.۴۹	۸۴۰۱۵.۱۶	۱۸۲۵.۶۸	۷۹۸۷.۱۵
۰.۵	۱۷۱۶۳۶.۶۲	۹۴۷۹۶.۱۹	۵۰۵۴۴.۵۷	۱۶۲۴.۶۶	۶۰۰۵.۱۵

نسبت هزینه‌ی خرید به نوسازی محصولات یک پارامتر مهم برای تصمیم‌گیرنده می‌باشد که مزایای بالقوه‌ای را به همراه دارد. نسبت قابل قبول، یک پارامتر کلیدی برای عملکرد مؤثر در شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته می‌باشد. هدف کلی از این تغییرات این است که آیا می‌توان با تغییرات در این نسبت باعث بهبود در هزینه‌های کل سیستم شد؟

با توجه به جدول، می‌توان مشاهده کرد که افزایش در نسبت هزینه‌ی خرید به نوسازی منجر به افزایش در هزینه‌های خرید قطعات و هزینه‌های کل سیستم می‌شود. شکل (۴-۵) تغییرات هر یک از اجزاء تابع هدف را با توجه به تغییرات در نسبت هزینه‌ی خرید به نوسازی نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵: نمودار تغییرات هزینه نسبت به تغییرات در نرخ هزینه خرید

با توجه به شکل نیز، می‌توان مشاهده کرد که افزایش در نسبت هزینه‌ی خرید به نوسازی منجر به افزایش در هزینه‌های خرید قطعات و هزینه‌های کل سیستم می‌شود. این حقیقت نیز قابل رؤیت است که افزایش در این نسبت منجر به کاهش هزینه‌های حمل‌ونقل، نوسازی و ایستگاه‌های کاری می‌شود.

- سناریوی سوم

اکنون تغییرات تابع هدف و اجزای آن را با توجه به تغییرات در نرخ محصولات برگشتی (جمع‌آوری شده) مورد بررسی قرار می‌دهیم. جدول (۴-۱۳) تغییرات تابع هدف کل و اجزا آن را نسبت به تغییرات در نرخ محصولات برگشتی نشان می‌دهد.

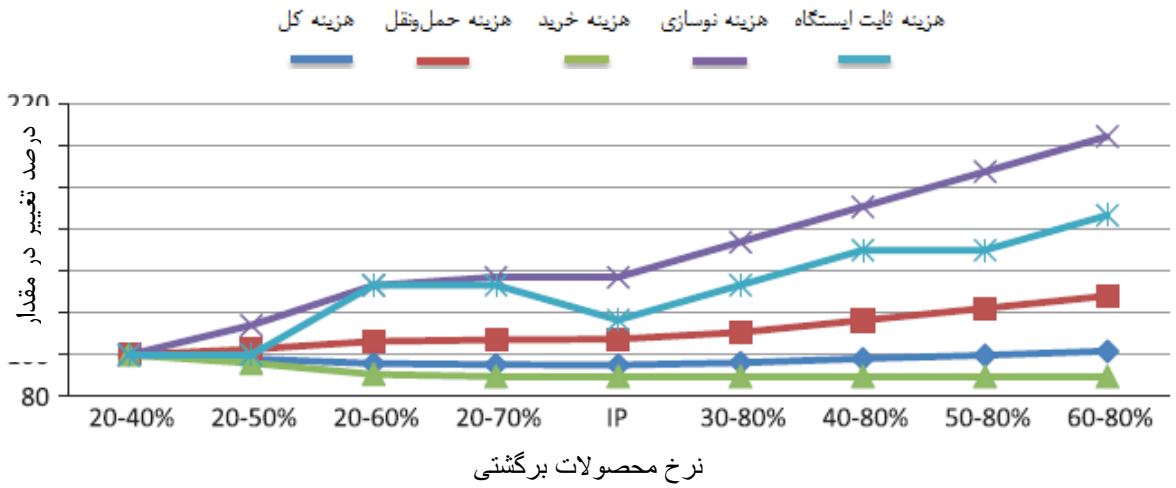
جدول ۴-۱۳: تغییرات هزینه نسبت به تغییرات در نرخ محصولات برگشتی

تغییرات در نرخ محصولات برگشتی	هزینه کل	هزینه حمل‌ونقل	هزینه خرید	هزینه نوسازی	هزینه ایستگاه کاری
۶۰-۸۰	۳۳۸۸۸۰.۰۰	۱۱۲۲۸۵.۲۶	۲۱۰۰۵۱.۲۲	۲۵۴۵.۰۸	۱۰۰۱۲.۹۱
۵۰-۸۰	۳۳۲۵۲۰.۱۲	۱۰۷۱۳۰.۳۷	۲۱۰۰۵۵.۶۸	۲۳۳۲.۴۹	۹۰۰۱.۴۴
۴۰-۸۰	۳۲۸۱۸۰.۰۰	۱۰۱۹۹۵.۶۰	۲۱۰۰۶۷.۰۰	۲۱۳۲.۹۸	۸۹۸۴.۴۰
۳۰-۸۰	۳۲۱۹۶۳.۷۲	۹۶۹۹۰.۶۷	۲۱۰۰۷۰.۳۸	۱۹۳۳.۴۷	۷۹۸۷.۴۶
IP (۲۰-۸۰)	۳۱۹۵۲۴.۹۷	۹۴۳۳۴.۹۷	۲۱۰۱۶۰.۰۰	۱۸۱۰.۰۰	۷۱۰۰.۰۰
۲۰-۷۰	۳۲۰۱۱۰.۹۲	۹۳۷۸۹.۶۸	۲۱۰۰۶۲.۵۵	۱۷۲۴.۶۵	۷۹۹۶.۱۱
۲۰-۶۰	۳۲۲۴۳۵.۹۸	۹۳۱۷۹.۴۹	۲۱۲۶۰۳.۱۹	۱۶۷۱.۸۰	۸۰۱۲.۰۴
۲۰-۵۰	۳۲۹۵۱۱.۹۸	۸۹۹۸۰.۵	۲۲۵۱۱۲.۶۷	۱۴۱۹.۰۴	۵۹۹۸.۷۰
۲۰-۴۰	۳۳۶۲۸۲.۰۲	۸۷۶۵۴.۸۶	۲۳۴۳۸۲.۹۲	۱۲۵۱.۲۷	۵۹۹۲.۹۳

با توجه به تحقیقاتی که صورت گرفته نرخ برگشتی محصولاتی از قبیل (مواد شیمیایی خانگی، قطعات خودرو، پرینتر و...) ۲ تا ۸ درصد و محصولاتی از قبیل مجلات و روزنامه‌ها ۵۰ درصد می‌باشد که برای در نظر گرفتن این تنوع در نرخ برگشتی، ۹ بازه‌ی مختلف تعریف شده است(راجرس[۱۰۳] و همکاران، ۲۰۱۲).

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌کنید، افزایش در نرخ محصولات برگشتی منجر به افزایش در هزینه‌های حمل‌ونقل، نوسازی و ایستگاه‌های کاری و کاهش در هزینه‌های خرید قطعات می‌شود.

شکل (۴-۶) تغییرات هر یک از اجزاء تابع هدف را با توجه به تغییرات در نرخ محصولات برگشتی نشان می‌دهد.



شکل ۴-۶: نمودار تغییرات هزینه نسبت به تغییرات در نرخ محصولات برگشتی

با توجه به شکل نیز، می‌توان مشاهده کرد که افزایش در نرخ محصولات برگشتی منجر به افزایش در هزینه‌های حمل‌ونقل، نوسازی و ایستگاه‌های کاری و کاهش در هزینه‌های خرید قطعات می‌شود. اگر چه افزایش در نرخ محصولات برگشتی باعث کاهش هزینه‌های خرید قطعات می‌شود، اما افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل، نوسازی و ایستگاه‌های کاری، هزینه‌های سیستم را موازنه می‌کند.

[۱۰۳] Rogers

- سناریوی چهارم

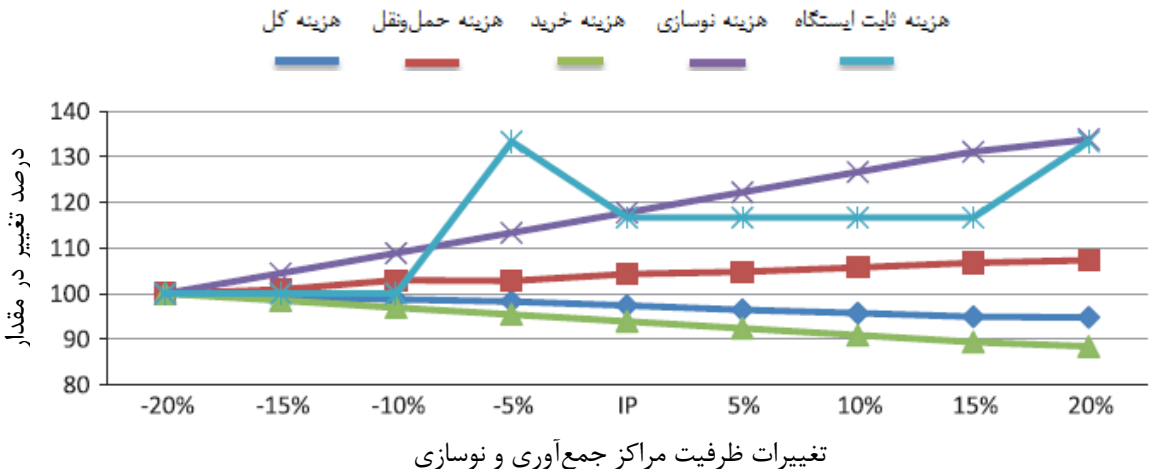
در آخر تغییرات تابع هدف و اجزای آن را با توجه به تغییرات در ظرفیت مراکز جمع‌آوری و نوسازی مورد بررسی قرار می‌دهیم. برای این منظور ظرفیت را در بازه‌ی (٪۲۰-) تا (٪۲۰+) تغییر می‌دهیم. جدول (۴-۱۴) تغییرات تابع هدف کل و اجزا آن را نسبت به تغییرات تقاضا نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۴: تغییرات هزینه نسبت به تغییرات در ظرفیت مراکز جمع‌آوری و نوسازی

تغییرات در ظرفیت	هزینه کل	هزینه حمل‌ونقل	هزینه خرید	هزینه نوسازی	هزینه ایستگاه کاری
+۲۰٪	۳۱۰۶۶۶.۴۳	۹۶۹۷۵.۱۸	۱۹۷۷۵۸.۷۰	۱۹۴۹.۸۶	۸۰۱۲.۷۱
+۱۵٪	۳۱۱۱۸۸.۳۴	۹۶۴۰۸.۸۸	۱۹۹۸۶۷.۶۲	۱۸۹۲.۷۶	۷۱۸۸.۱۴
+۱۰٪	۳۱۳۶۳۸.۲۶	۹۵۵۲۱.۵۹	۲۰۳۲۵۶.۴۲	۱۸۶۵.۸۲	۷۱۱۴.۸۰
+۵٪	۳۱۶۴۷۸.۱۸	۹۴۴۳۵.۸۰	۲۰۶۶۶۶.۹۸	۱۸۳۷.۴۴	۷۱۰۷.۷۶
IP	۳۱۹۵۲۴.۹۷	۹۴۳۳۴.۹۷	۲۱۰۱۶۰.۰۰	۱۸۱۰.۰۰	۷۱۰۰.۰۰
-۵٪	۳۲۱۹۷۸.۰۳	۹۲۹۶۵.۹۳	۲۱۳۴۷۴.۶۵	۱۶۴۳.۰۸	۷۹۹۴.۲۴
-۱۰٪	۳۲۳۴۱۷.۹۵	۹۲۸۷۱.۴۳	۲۱۶۸۵۹.۲۹	۱۵۸۷.۰۸	۵۹۹۴.۱۸
-۱۵٪	۳۲۴۸۶۷.۸۷	۹۱۱۰۰.۳۰	۲۲۰۲۴۱.۴۳	۱۵۳۰.۵۶	۵۹۹۹.۶۹
-۲۰٪	۳۲۷۴۲۳.۹۹	۹۰۳۱۹.۸۶	۲۲۳۶۴۶.۱۲	۱۴۴۶.۴۰	۶۰۱۰.۶۱

با توجه به جدول، می‌توان مشاهده کرد که افزایش در ظرفیت مراکز جمع‌آوری و نوسازی منجر به افزایش در هزینه‌های حمل‌ونقل، نوسازی و ایستگاه‌های کاری و کاهش در هزینه‌های خرید قطعات می‌شود.

شکل (۴-۷) تغییرات هر یک از اجزاء تابع هدف را با نسبت به تغییرات در ظرفیت مراکز جمع‌آوری و نوسازی نشان می‌دهد.



شکل ۴-۷: نمودار تغییرات هزینه نسبت به تغییرات در ظرفیت مراکز جمع‌آوری و نوسازی

با توجه به شکل نیز، می‌توان مشاهده کرد که افزایش در ظرفیت مراکز جمع‌آوری و نوسازی منجر به افزایش در هزینه‌های حمل‌ونقل، نوسازی و ایستگاه‌های کاری و کاهش در هزینه‌های خرید قطعات می‌شود. از آنجایی که تأثیر هزینه‌های خرید قطعات در هزینه‌ی کل سیستم از هزینه‌های دیگر بیشتر است، می‌توان دید که افزایش در ظرفیت مراکز باعث کاهش هزینه‌های خرید شده که این امر نیز منجر به کاهش هزینه‌ی کل سیستم می‌شود.

۴-۴- جمع‌بندی

در این فصل به منظور کارایی و ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی، مثال‌هایی ارائه گردید. نتایج حاصل از حل مدل برای این مثال‌ها در جداول مربوطه نشان داده شد. سپس تغییرات تابع هدف و اجزاء آن را نسبت به تغییرات برخی از پارامترهای مسئله مورد بررسی قرار گرفته شد.

۵-فصل پنجم

نتیجه‌گیری و

پیشنهادات

۵-۱- مقدمه

در سال‌های اخیر، مصرف محصولات و تولید به طور گسترده و پیوسته افزایش یافته است. حجم محصولات تولیدی مصرف شده، خسارات قابل ملاحظه ای را در جهت تخریب محیط‌زیست به بارآورده است و همگان اعم از مصرف کنندگان و مسئولان نگران وضعیت محیط‌زیست خود هستند و با دغدغه فراوان، روند رو به بهبودی را برای وضعیت محیط زیست خود دنبال می‌کنند. به نحوی که همگان، از تولیدکنندگان مختلف کالاها و اقلام انتظار دارند تا هزینه ضایعات و جمع‌آوری زباله‌های ناشی از تولیدات خود را بپذیرند و یا حداقل ضایعات کالاهای مصرفی را کاهش دهند. این توجه روزافزورن به مدیریت ضایعات و وضع قوانین جدید در خصوص ضایعات محصولات تولیدی، تولیدکنندگان کالاها را به سمت بهبود فرآیند تولید خود کشانده است، چرا که هزینه‌های انهدام و پاکسازی محیط زیست بسیار بالاست. پیامد قوانین سخت‌گیر و تجارت بالقوه سودمند بازیابی محصولات، توجه زیادی را به لجستیک معکوس و زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته جلب کرده است. این تحقیق، مدل چندمحصولی را با استفاده از برنامه ریزی عدد صحیح مختلط برای حداقل کردن هزینه‌های کل در طراحی و برنامه-ریزی شبکه زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته ارائه داده است.

۵-۲- **خلاصه‌ی نتایج**

شبکه‌ی زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته شامل دو بخش زنجیره‌ی رو به جلو و زنجیره‌ی برگشتی می‌باشد. فعالیت‌ها در زنجیره‌ی رو به جلو شامل تهیه‌ی مواد اولیه، تولید، ذخیره، حمل‌ونقل و توزیع می‌باشد. عملیات زنجیره‌ی برگشتی نیز شامل دریافت محصول، بازرسی، طبقه‌بندی، بازیافت، بازتولید و عملیات دورریزی ضایعات می‌باشد.

در تحقیق ارائه شده، طراحی استراتژیک زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته همزمان با برنامه‌ریزی تاکتیکی عملیات آن، شامل تولید، توزیع، بازپس‌گیری، بازیافت و استفاده‌ی مجدد، در نظر گرفته شده‌اند. مدلی برای شبکه زنجیره‌ی تأمین یکپارچه حلقه بسته چندمحصولی با در نظر گرفتن تعادل خط جداسازی قطعات با هدف کمینه کردن تمامی المان‌های هزینه‌ای توسعه و تمامی متغیرها و پارامترهای مدل

مورد نظر شناسایی و تعریف گردید. این مدل به تقاضای بازار برای محصولات نهایی و قطعات یدکی به‌صورت همزمان پاسخگو می‌باشد و هزینه‌های حمل‌ونقل در زنجیره‌های رفت و برگشت، هزینه‌های خرید محصولات در قسمت مونتاژ، هزینه‌های نوسازی محصولات جمع‌آوری شده، هزینه‌های جمع-آوری محصولات، هزینه‌های بازپرداخت به مشتری، هزینه‌های دفع و هزینه‌های ثابت ایستگاه‌های کاری جدا سازی قطعات را به حداقل می‌رساند. سپس به منظور کارایی و ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی، مثال‌هایی ارائه گردید. نتایج حاصل از حل مدل برای این مثال‌ها در جداول مربوطه نشان داده شد. در آخر تغییرات تابع هدف و اجزاء آن را نسبت به تغییرات برخی از پارامترهای مسئله از قبیل تقاضای مشتریان، نرخ هزینه‌ی خرید قطعات، نرخ محصولات برگشتی و ظرفیت مراکز جمع-آوری و نوسازی مورد بررسی قرار گرفته شد.

۵-۳- پیشنهادات

۵-۳-۱- پیشنهادات کاربردی

بر اساس نتایج بدست آمده، شرکت‌هایی که قصد دارند زنجیره‌های تأمین حلقه بسته موقتی را ساخته و نگه‌داری کنند باید نرخ محصولات برگشتی (جمع‌آوری شده) در انتهای دوره‌ی عمر مشتریان خود را توسعه دهند. این می‌تواند با طراحی آرام وساده‌ی فرآیند بازپس‌گیری، مدیریت و افزایش دانش محیطی مشتریان، طراحی تشویق‌های مناسب شامل سپرده و برنامه‌های بازپرداختی و غیره انجام شود. شرکت‌ها باید استراتژی‌های بازاریابی‌شان را با نیازمندی‌های زنجیره‌ی تأمین حلقه بسته تنظیم کنند. فاکتور مهم دیگر برای سودآوری کانال برگشتی، کیفیت محصولات می‌باشد که می‌تواند بین بازیابی محصولات سودآور و ایجاد کننده‌ی ارزش تفاوت ایجاد کند. برگشتی‌های با کیفیت پایین بیشتر باری هستند تا درآمد.

بنابراین مدیران باید برای راه‌اندازی شبکه‌های بازیابی محصولات نسبت به کیفیت برگشتی‌ها و برنامه برای افزایش آن آگاه باشند. آن‌ها باید قبل از پذیرش برگشتی‌ها روندهای ارزشیابی را طراحی کنند. استراتژی‌های بازاریابی از قبیل تشویق کردن مشتریان در بازگرداندن محصولات و ... می‌تواند به طور

عمده کیفیت برگشتی‌ها را ارتقا دهد. استقرار استراتژی‌ها و برنامه‌های ذکر شده می‌تواند در بالا بردن هزینه‌ی بازپرداخت به مشتری تأثیرگذار باشد. در اینجا موازنه‌ی مهمی باید در نظر گرفته شود، زیرا هزینه‌ی بازپرداخت به مشتری برای محصولات برگشتی یک عامل تعیین‌کننده‌ی مهم در بازیابی محصول می‌باشد و می‌تواند به عنوان قیمت خرید برگشتی‌ها ار بازار در نظر گرفته شود.

۵-۳-۲-پیشنهادات برای تحقیقات آتی

رویکردهای مدل‌سازی ارائه شده در این تحقیق می‌تواند در حل مسائل طراحی شبکه‌ی زنجیره تأمین حلقه بسته با ابعاد کوچک و متوسط مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان تحقیقات آتی می توان این مسئله را در ابعاد بزرگ با استفاده از توسعه الگوریتم های فراابتکاری از قبیل الگوریتم ژنتیک؛ جستجوی ممنوع و یا تجمع ذرات نیز حل کرد.

همچنین می توان مسئله را در شرایط کاربردی‌تری نیز بررسی و حل کرد. از آن‌جمله می‌توان مسئله را در حالت دینامیک و نه ایستا مورد مطالعه قرار داد. لحاظ نمودن اختلال در پارامترهای مختلف مسئله و بررسی آن در شرایط عدم قطعیت نیز می تواند موضوع مناسبی برای تحقیقات آتی باشد.

منابع

Akçalı, E., Çetinkaya, S., & Üster, H. (2009). Network design for reverse and closed-loop supply chains: An annotated bibliography of models and solution approaches. *Networks*, *53*(3), 231-248.

Altekin, F. T., Kandiller, L., & Ozdemirel, N. E. (2008). Profit-oriented disassembly-line balancing. *International Journal of Production Research*, *46*(10), 2675-2693.

Altekin, F. T., & Akkan, C. (2012). Task-failure-driven rebalancing of disassembly lines. *International Journal of Production Research*, *50*(18), 4955-4976.

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.

Assavapokee, T., & Wongthatsanekorn, W. (2012). Reverse production system infrastructure design for electronic products in the state of Texas. *Computers & Industrial Engineering*, *62*(1), 129-140.

Atasu, A., Guide, V. D. R., & Wassenhove, L. N. (2008). Product reuse economics in closed-loop supply chain research. *Production and Operations Management*, *17*(5), 483-496.

Ballou, R. H. (2007). *Business logistics/supply chain management: planning, organizing, and controlling the supply chain*. Pearson Education India.

Barros, A. I., Dekker, R., & Scholten, V. (1998). A two-level network for recycling sand: a case study. *European Journal of Operational Research*, *110*(2), 199-214.

Blumberg, D. F. (2004). *Introduction to management of reverse logistics and closed loop supply chain processes*. CRC Press.

Che, Z. G., Che, Z. H., & Hsu, T. A. (2009). Cooperator selection and industry assignment in supply chain network with line balancing technology. *Expert Systems with Applications*, *36*(7), 10381-10387.

Chopra, S., & Sodhi, M. S. (2004). Managing risk to avoid supply-chain breakdown. *MIT Sloan management review*, *46*(1), 53.

Christopher, M. (2014). *Logistics & supply chain management*. Pearson Higher Ed.

Croom, S., Romano, P., & Giannakis, M. (2000). Supply chain management: an analytical framework for critical literature review. *European journal of purchasing & supply management*, *6*(1), 67-83.

Cruz-Rivera, R., & Ertel, J. (2009). Reverse logistics network design for the collection of end-of-life vehicles in Mexico. *European Journal of Operational Research*, *196*(3), 930-939.

Das, K., & Chowdhury, A. H. (2012). Designing a reverse logistics network for optimal collection, recovery and quality-based product-mix planning. *International Journal of Production Economics*, *135*(1), 209-221.

Dat, L. Q., Linh, D. T. T., Chou, S. Y., & Vincent, F. Y. (2012). Optimizing reverse logistic costs for recycling end-of-life electrical and electronic products. *Expert Systems with Applications*, *39*(7), 6380-6387.

Dekker, R., Fleischmann, M., Inderfurth, K., & van Wassenhove, L. N. (Eds.). (2013). *Reverse logistics: quantitative models for closed-loop supply chains*. Springer Science & Business Media.

Ding, L. P., Feng, Y. X., Tan, J. R., & Gao, Y. C. (2010). A new multi-objective ant colony algorithm for solving the disassembly line balancing problem. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *48*(5-8), 761-771.

Easwaran, G., & Üster, H. (2009). Tabu search and benders decomposition approaches for a capacitated closed-loop supply chain network design problem. *Transportation Science*, *43*(3), 301-320.

Easwaran, G., & Üster, H. (2010). A closed-loop supply chain network design problem with integrated forward and reverse channel decisions. *IIE Transactions*, *42*(11), 779-792.

Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Beullens, P., & Dekker, R. (2004). Reverse logistics network design. In *Reverse Logistics* (pp. 65-94). Springer Berlin Heidelberg.

Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van der Laan, E., Van Nunen, J. A., & Van Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European journal of operational research*, *103*(1), 1-17.

Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R., & Flapper, S. D. P. (2000). A characterisation of logistics networks for product recovery. *Omega*, *28*(6), 653-666.

Fleischmann, M., Beullens, P., BLOEMHOF-RUWAARD, J. M., & Wassenhove, L. N. (2001). The impact of product recovery on logistics network design. *Production and operations management*, *10*(2), 156-173.

Fonseca, M. C., García-Sánchez, Á., Ortega-Mier, M., & Saldanha-da-Gama, F. (2012). A
stochastic bi-objective location model for strategic reverse logistics. *Top*, *18*(1), 158-184.

Ganeshan, R., & Harrison, T. P. (1995). An introduction to supply chain management. *Department of management sciences and information systems*, *303*.

Guide Jr, V. D. R., & Van Wassenhove, L. N. (2002). The reverse supply chain. *Harvard business review*, *80*(2), 25-26.

Guide Jr, V. D. R., & Van Wassenhove, L. N. (2009). OR FORUM-the evolution of closed-loop supply chain research. *Operations research*, *57*(1), 10-18.

Guide, V. D. R., & Wassenhove, L. N. (2006). Closed-Loop Supply Chains: An Introduction to the Feature Issue (Part 1). *Production and Operations Management*, *15*(3), 345-350.

Gungor, A., Gupta, S.M., (1999). Issues in environmentally conscious manufacturing and product recovery: a survey. *Computers & Industrial Engineering 36 (4), 811–853.*

Gungor, A., & Gupta, S. M. (1999, March). Disassembly line balancing. In *Proceedings of the 1999 Annual Meeting of the Northeast Decision Sciences Institute* (pp. 24-26).

Güngör, A., & Gupta, S. M. (2002). Disassembly line in product recovery. *International Journal of Production Research*, *40*(11), 2569-2589.

Hugos, M. H. (2011). *Essentials of supply chain management* (Vol. 62). John Wiley & Sons.

Ilgin, M. A., & Gupta, S. M. (2010). Environmentally conscious manufacturing and product recovery (ECMPRO): a review of the state of the art. *Journal of environmental management*, *91*(3), 563-591.

Jayaraman, V., Guide Jr, V. D. R., & Srivastava, R. (1999). A closed-loop logistics model for remanufacturing. *Journal of the operational research society*, *50*(5), 497-508.

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.

Kara, S. S., & Onut, S. (2012). A two-stage stochastic and robust programming approach to strategic planning of a reverse supply network: The case of paper recycling. *Expert Systems with Applications*, *37*(9), 6129-6137.

Kenne, J. P., Dejax, P., & Gharbi, A. (2012). Production planning of a hybrid manufacturing–remanufacturing system under uncertainty within a closed-loop supply chain. *International Journal of Production Economics*, *135*(1), 81-93.

Koc, A., Sabuncuoglu, I., & Erel, E. (2009). Two exact formulations for disassembly line balancing problems with task precedence diagram construction using an AND/OR graph. *IIE Transactions*, *41*(10), 866-881.

Krikke, H., Bloemhof-Ruwaard, J., & Van Wassenhove, L. N. (2003). Concurrent product and closed-loop supply chain design with an application to refrigerators. *International journal of production research*, *41*(16), 3689-3719.

Lambert, D. M., Stock, J. R., & Ellram, L. M. (1998). *Fundamentals of logistics management*. McGraw-Hill/Irwin.

Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2002). Management Information System. Seven Edition.

Lee, D. H., & Dong, M. (2011). Dynamic network design for reverse logistics operations under uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *45*(1), 61-71.

Listeş, O. (2007). A generic stochastic model for supply-and-return network design. *Computers & Operations Research*, *34*(2), 417-442.

Manzini, R., & Bindi, F. (2009). Strategic design and operational management optimization of a multi stage physical distribution system. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *45*(6), 915-936.

McGovern, S. M., & Gupta, S. M. (2007). Combinatorial optimization analysis of the unary NP-complete disassembly line balancing problem. *International Journal of Production Research*, *45*(18-19), 4485-4511.

McGovern, S. M., & Gupta, S. M. (2007). A balancing method and genetic algorithm for disassembly line balancing. *European Journal of Operational Research*, *179*(3), 692-708.

Meade, L., Sarkis, J., & Presley, A. (2007). The theory and practice of reverse logistics. *International Journal of Logistics Systems and Management*, *3*(1), 56-84.

Melo, M. T., Nickel, S., & Saldanha-da-Gama, F. (2009). Facility location and supply chain management–A review. *European journal of operational research*, *196*(2), 401-412.

Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business logistics*, *22*(2), 1-25.

Min, H., Ko, C. S., & Ko, H. J. (2006). The spatial and temporal consolidation of returned products in a closed-loop supply chain network. *Computers & Industrial Engineering*, *51*(2), 309-320.

Miranda, P. A., & Garrido, R. A. (2004). Incorporating inventory control decisions into a strategic distribution network design model with stochastic demand. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *40*(3), 183-207.

Mutha, A., & Pokharel, S. (2011). Strategic network design for reverse logistics and remanufacturing using new and old product modules. *Computers & Industrial Engineering*, *56*(1), 334-346.

Ozceylan, E., Paksoy, T., (2013). A mixed integer programming model for a closed-loop supply chain network. *International Journal of Production Research 51* (3), 718–734.

Özceylan, E., & Paksoy, T. (2013). Reverse supply chain optimisation with disassembly line balancing. *International Journal of Production Research*, *51*(20), 5985-6001.

Paksoy, T., Bektaş, T., & Özceylan, E. (2011). Operational and environmental performance measures in a multi-product closed-loop supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *47*(4), 532-546.

Paksoy, T., Güngör, A., Özceylan, E., & Hancilar, A. (2013). Mixed model disassembly line balancing problem with fuzzy goals. *International Journal of Production Research*, *51*(20), 6082-6096.

Petek, J., & Glavic, P. (1996). An integral approach to waste minimization in process industries. *Resources, Conservation and Recycling*, *17*(3), 169-188.

Pishvaee, M. S., Farahani, R. Z., & Dullaert, W. (2013). A memetic algorithm for bi-objective integrated forward/reverse logistics network design. *Computers & operations research*, *37*(6), 1100-1112.

Pishvaee, M. S., Jolai, F., & Razmi, J. (2011). A stochastic optimization model for integrated forward/reverse logistics network design. *Journal of Manufacturing Systems*, *28*(4), 107-114.

Pishvaee, M. S., Rabbani, M., & Torabi, S. A. (2011). A robust optimization approach to closed-loop supply chain network design under uncertainty. *Applied Mathematical Modelling*, *35*(2), 637-649.

Pishvaee, M. S., & Torabi, S. A. (2010). A possibilistic programming approach for closed-loop supply chain network design under uncertainty. *Fuzzy sets and systems*, *161*(20), 2668-2683.

Qiang, Q., Ke, K., Anderson, T., & Dong, J. (2013). The closed-loop supply chain network with competition, distribution channel investment, and uncertainties. *Omega*, *41*(2), 186-194.

Rogers, D. S., Melamed, B., & Lembke, R. S. (2012). Modeling and analysis of reverse logistics. *Journal of Business Logistics*, *33*(2), 107-117.

Salema, M. I. G., Barbosa-Povoa, A. P., & Novais, A. Q. (2007). An optimization model for the design of a capacitated multi-product reverse logistics network with uncertainty. *European Journal of Operational Research*, *179*(3), 1063-1077.

Salema, M. I. G., Barbosa-Povoa, A. P., & Novais, A. Q. (2012). Simultaneous design and planning of supply chains with reverse flows: a generic modelling framework. *European Journal of Operational Research*, *203*(2), 336-349.

Salema, M. I. G., Póvoa, A. P. B., & Novais, A. Q. (2009). A strategic and tactical model for closed-loop supply chains. *OR spectrum*, *31*(3), 573-599.

Sim, E., Jung, S., Kim, H., & Park, J. (2004, June). A generic network design for a closed-loop supply chain using genetic algorithm. In *Genetic and Evolutionary Computation Conference* (pp. 1214-1225). Springer Berlin Heidelberg.

Simchi-Levi, D., Simchi-Levi, E., & Kaminsky, P. (1999). *Designing and managing the supply chain: Concepts, strategies, and cases*. New York: McGraw-Hill.

Tang, Y., Zhou, M., Zussman, E., & Caudill, R. (2002). Disassembly modeling, planning, and application. *Journal of Manufacturing Systems*, *21*(3), 200-217.

Üster, H., Easwaran, G., Akçali, E., & Çetinkaya, S. (2007). Benders decomposition with alternative multiple cuts for a multi-product closed-loop supply chain network design model. *Naval Research Logistics (NRL)*, *54*(8), 890-907.

Wang, H. F., & Hsu, H. W. (2010). A closed-loop logistic model with a spanning-tree based genetic algorithm. *Computers & operations research*, *37*(2), 376-389.

Yang, G. F., Wang, Z. P., & Li, X. Q. (2009). The optimization of the closed-loop supply chain network. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *45*(1), 16-28.

Zhang, Z. H., Jiang, H., & Pan, X. (2012). A Lagrangian relaxation based approach for the capacitated lot sizing problem in closed-loop supply chain. *International Journal of Production Economics*, *140*(1), 249-255.

Zhou, G. G., & Wang, Z. P. (2008). A Genetic Algorithm Approach to Location-Allocation Problem in Reverse Logistic Network [J]. *Chinese Journal of Management Science*, *1*, 007.

ABSTRACT

The problem of closed-loop supply chain and reverse logistics has been an increasing attention because of the environmental worrying, strict rules, and the benefit of this kind of supply chain management. This study aims to develop a model for the problem of closed-loop supply chain network with ability of recycling the products. So, after definition the parameters and variables, a nonlinear mixed integer mathematical model in multi-product condition has been developed to minimizing total cost. Purchasing cost in the assembly section, renovation the collected products, gathering cost, repayment to customer, and eexcretions cost have been minimized in the sweep networks. Strategic design of the supply chain with tactical planning contains of the production, distribution, Reclaiming, recycle, and reusing is done simultaneously in the proposed model. The proposed model is run by GAMS and the result is analysed for some sample problems.

KEYWORDS

closed-loop supply chain, disassembly line balancing, mixed integer programming.

Faculty of Industrial Engineering and Management
M.Sc. Thesis in Master of Business Adminstration

Modeling and optimizing the integrated closed-loop multi-product supply chain network via considering disassembly line balancing

By: Ali Derakhshan

Supervisor:
Dr. Seyyed Mohammad Hasan Hoseini

Advisor:
Dr. Ali Akbar Hasani

February 2017