





دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی صنایع

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی صنایع - مهندسی سیستم‌های اقتصادی و اجتماعی

طراحی یک مدل موجودی بر پایه وابستگی بین نرخ‌های تقاضا و بازگشت
محصول در لجستیک معکوس

نگارش

مریم حافظی

استاد راهنما

جناب آقای دکتر سید محمد معطر حسینی

استاد مشاور

جناب آقای دکتر رضا زنجیرانی فراهانی

آبان ۱۳۸۶

بسمه تعالی

شماره:

تاریخ:



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

برگه اطلاعات پایان نامه

کارشناسی ارشد و دکترا

معاونت پژوهشی

برگه ی پروژه تحصیلات تکمیلی

مشخصات دانشجو

نام و نام خانوادگی: مریم حافظی

شماره دانشجویی: ۸۴۱۲۵۰۵۰

دانشجوی آزاد

بورسیه

معادل

رشته تحصیلی: مهندسی صنایع - سیستم های اقتصادی و اجتماعی

دانشکده: مهندسی صنایع

نام و نام خانوادگی استاد راهنما: دکتر محمد معطر حسینی

عنوان به فارسی: طراحی یک مدل موجودی بر پایه وابستگی بین نرخ های تقاضا و بازگشت محصول در لجستیک معکوس

عنوان به انگلیسی: **Designing an inventory Model based on Dependency between Demand and Return, in Reverse Logistics**

کارشناسی ارشد

نوع پروژه:

دکترا

نظری

توسعه ای

بنیادی

کاربردی

تعداد واحد: ۶

تاریخ خاتمه: ۱۳۸۶/۰۹/۱۰

تاریخ شروع: ۱۳۸۵/۰۷/۰۱

سازمان تأمین کننده اعتبار: دانشگاه صنعتی امیرکبیر

واژه های کلیدی به فارسی: لجستیک معکوس، شبیه سازی گسسته، جستجوی همسایگی متغیر، بازگشت وابسته به تقاضا، محصولات قابل استفاده مجدد

واژه های کلیدی به انگلیسی: Reverse logistic; discrete simulation; variable neighborhood search; Dependent Returns; reusable products

نظرها و پیشنهادهای به منظور بهبود فعالیت های پژوهشی دانشگاه:

استاد راهنما: جناب آقای دکتر محمد معطر حسینی

دانشجو: مریم حافظی

تاریخ:

امضای استاد راهنما:

+ چکیده: فارسی و لاتین

بر خود لازم می دانم از زحمات بی دریغ اساتید کراتقدر جناب

آقای دکتر سید محمد معطر حسینی و جناب آقای دکتر رضا

زنجیرانی فراهانی و تمامی عزیزانی که مراد انجام هر چه بهتر این

پروژه یاری نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده

در این مطالعه یک سیستم موجودی برای یک محصول با قابلیت استفاده در نظر گرفته می‌شود، با این فرض که بازگشت‌های احتمالی مستقیماً به جریان تقاضا وابسته هستند. یک مدل موجودی بر اساس مدل پایه در ادبیات مساله توسعه داده شده و با توجه به تاثیرگذاری چرخه عمر محصول بر تقاضا، یک سیاست مرور دوره‌ای با پنج سقف موجودی متفاوت پیشنهاد می‌شود. با تولید ۱۰۸ سناریوی مختلف و شبیه‌سازی دو مدل در شرایط برابر، سیستم پایه (با یک انبار محصولات نهایی)، سیستم پیشنهادی (با یک انبار محصول نهایی و یک انبار برای محصولات مستعمل) و اختلاف هزینه این دو سیستم تحلیل می‌شوند. نتایج محاسباتی نشان از برتری مدل پیشنهادی دارد.

در ادامه یک الگوریتم فراحسی جستجوی همسایگی متغیر ترکیبی ارائه می‌شود. این الگوریتم پیشنهادی تلفیقی از الگوریتم فراحسی و شبیه‌سازی است. زیرا ارزیابی جواب‌ها در این الگوریتم با اجرای مدل شبیه‌سازی صورت می‌گیرد. نتایج جواب‌های حاصل از حل ۱۰۸ سناریوی طراحی شده با نتایج بدست آمده از نرم‌افزار جانبی *OptQuest* در نرم‌افزار *Arena*، مقایسه می‌شوند. نتایج بدست آمده از الگوریتم ترکیبی از نظر سرعت و کیفیت جواب دارای برتری نسبت به جواب‌های نرم‌افزار *OptQuest* است. نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاداتی در پایان ارائه خواهد شد.

کلمات کلیدی: لجستیک معکوس، شبیه‌سازی گسسته، جستجوی همسایگی متغیر، بازگشت وابسته به تقاضا، محصولات قابل استفاده مجدد

فصل اول: کلیات تحقیق و مباحث نظری

۱-۱- کلیات تحقیق.....	۱۳
۲-۱- مباحث نظری.....	۱۵
۱-۲-۱- مقدمه‌ای بر لجستیک معکوس (RL).....	۱۵
۲-۲-۱- تعاریف مربوط به لجستیک معکوس.....	۱۷
۳-۲-۱- انگیزه و ضرورت به کارگیری لجستیک معکوس.....	۲۰
۱-۳-۲-۱- فاکتورهای زیست محیطی.....	۲۰
۲-۳-۲-۱- فاکتورهای تجاری.....	۲۲
۴-۲-۱- عملکردهای مربوط به لجستیک معکوس.....	۲۳
۵-۲-۱- مشکلات موجود در مدیریت لجستیک معکوس.....	۲۷
۶-۲-۱- مقایسه میان لجستیک معکوس و لجستیک مستقیم (رو به جلو).....	۲۸
۷-۲-۱- حالات مختلف احیای اقلام در لجستیک معکوس (RL).....	۳۱
۸-۲-۱- تصمیم‌گیری در لجستیک معکوس.....	۳۶

فصل دوم: مرور ادبیات موضوع

۱-۲- بررسی مرور ادبیات موضوع، در زمینه لجستیک معکوس.....	۳۹
۲-۲- بررسی مرور ادبیات موضوع، در مدیریت موجودی سیستم لجستیک معکوس.....	۴۵
۱-۲-۲- مدیریت موجودی در لجستیک معکوس.....	۴۶
۱-۲-۲-۱- مدل‌های قطعی.....	۴۹
۲-۲-۲-۱- مدل‌های احتمالی.....	۵۲
۱-۲-۲-۲- سیستم‌های تعمیر.....	۵۲
۲-۲-۱-۲-۲- سیستم‌های احیای محصول.....	۵۳
۱-۲-۲-۱-۲-۲- مدل‌های مرور دوره‌ای.....	۵۳
۲-۲-۲-۱-۲-۲- مدل‌های مرور دائم.....	۵۶
۳-۲-۲-۱-۲-۲- مدل‌های مرور ترکیبی.....	۵۸
۳-۲- مطالعات موردی در زمینه مدیریت موجودی.....	۵۹
۱-۳-۲- بازگشت بنابر توجهات اقتصادی.....	۶۰
۲-۳-۲- بازگشت بدلیل دریافت خدمات.....	۶۱
۳-۳-۲- بازگشت کالاهایی که دیگر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.....	۶۳

فهرست مطالب

موضوع	صفحه
۲-۳-۴- بازگشت اقلام از رده خارج شده.....	۶۴
۲-۴- تحلیل مرور ادبیات مدیریت موجودی‌ها.....	۶۷
۲-۴-۱- دسته‌بندی مطالعات انجام شده.....	۶۷
۲-۴-۲- تحلیل مرور ادبیات.....	۷۰
۲-۴-۲-۱- ماهیت تقاضا.....	۷۰
۲-۴-۲-۲- ماهیت موعد تحویل.....	۷۰
۲-۴-۲-۳- ماهیت بازگشت.....	۷۱
۲-۴-۲-۴- افق زمانی.....	۷۱
۲-۴-۲-۵- دورریز.....	۷۲
۲-۴-۲-۶- تعداد محصولات.....	۷۲
۲-۴-۲-۷- وابستگی تقاضا و بازگشت.....	۷۳
۲-۴-۲-۸- سیاست‌های موجودی.....	۷۳
۲-۴-۲-۹- روش‌های حل.....	۷۴
۲-۴-۲-۱۰- تعداد انبارهای موجودی.....	۷۵
۲-۴-۲-۱۱- اهداف.....	۷۵
فصل سوم: تعریف مساله	
۳-۱- تشریح مدل پیشنهادی.....	۷۷
۳-۲- فرضیات مدل.....	۷۹
۳-۳- پارامترهای مدل.....	۸۲
۳-۴- متغیرهای تصمیم‌گیری.....	۸۳
۳-۵- تفسیر مدل دو انباره در شرایطی خاص.....	۸۳
فصل چهارم: ارائه روش حل بر پایه شبیه‌سازی	
۴-۱- ضرورت به‌کارگیری شبیه‌سازی در حل مدل.....	۸۷
۴-۲- گام‌های اساسی در انجام شبیه‌سازی.....	۹۰
۴-۳- تشریح مدل شبیه‌سازی.....	۹۴
۴-۳-۱- مدل شبیه‌سازی سیستم موجودی تک انباره.....	۹۵
۴-۳-۲- مدل شبیه‌سازی سیستم موجودی دو انباره.....	۱۰۱

فصل پنجم: ارائه روش حل بر اساس تعریف یک الگوریتم فراحسی ترکیبی و تلفیق آن با شبیه‌سازی

۱-۵- الگوریتم ترکیبی جستجوی همسایگی متغیر و تلفیق آن با شبیه‌سازی.....	۱۰۷
۱-۱-۵- نحوه کدکردن جواب.....	۱۰۷
۲-۱-۵- ایجاد جواب اولیه.....	۱۰۸
۳-۱-۵- ساختار ایجاد همسایگی.....	۱۰۸
۴-۱-۵- ارزیابی جواب‌ها.....	۱۰۹
۵-۱-۵- لیست تابو.....	۱۰۹
۶-۱-۵- معیار توقف.....	۱۰۹
۷-۱-۵- نحوه ارتباط دو برنامه <i>Matlab 7.0</i> و <i>Arena 7.0</i>	۱۱۰

فصل ششم: نتایج محاسباتی

۱-۶- نتایج محاسباتی.....	۱۱۴
۱-۱-۶- تنظیم پارامترها.....	۱۱۵
۲-۱-۶- تحلیل مدل تک انباره، دو انباره و تحلیل مقایسه‌ای آن‌ها.....	۱۱۶
۱-۲-۱-۶- تحلیل مدل تک‌انباره (مدل پایه).....	۱۱۶
۲-۲-۱-۶- تحلیل مدل دو انباره (مدل پیشنهادی).....	۱۱۸
۳-۲-۱-۶- تحلیل مقایسه‌ای دو انبار.....	۱۲۱
۱-۳-۲-۱-۶- مقایسه بین هزینه‌های دو مدل بر اساس تحلیل آماری.....	۱۲۱
۲-۳-۲-۱-۶- بررسی پارامترهای مساله بر روی اختلاف هزینه دو انبار از طریق آنالیز واریانس.....	۱۲۹
۳-۱-۶- تحلیل نتایج محاسباتی الگوریتم فوق ابتکاری پیشنهادی و اعتبارسنجی آن با استفاده از نرم‌افزار <i>OptQuest</i>	۱۳۲

فصل هفتم: نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاد برای تحقیقات آتی

۱-۷- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی.....	۱۳۷
۲-۷- ارائه پیشنهاد برای تحقیقات آتی.....	۱۳۸
۱-۲-۷- تغییر در فرضیات مدل.....	۱۳۸
۲-۲-۷- تغییر در ساختار مدل.....	۱۳۹
۳-۲-۷- تغییر در روش حل.....	۱۳۹
مراجع (<i>References</i>).....	۱۴۰
ضمیمه الف: برنامه کد شده در نرم‌افزار <i>Matlab 7.0</i>	۱۴۳

فهرست اشکال

شکل	صفحه
۱-۱: تعامل میان لجستیک معکوس و لجستیک سبز.....	۲۰
۲-۱: گام‌های سیستمی RL.....	۲۵
۳-۱: روند سیستماتیک ورودی‌ها، خروجی‌ها، فعالیت‌ها در فرایند کانال RL.....	۲۵
۴-۱: لجستیک معکوس در مقایسه با زیرسیستم لجستیک سنتی.....	۳۰
۵-۱: جریان مواد و قطعات طی حالات مختلف احیا.....	۳۴
۶-۱: جریان بازگشت در زنجیره تامین.....	۳۵
۷-۱: هرم مربوط به نحوه احیای مجدد محصولات در زنجیره تامین بر اساس ارزش آن‌ها.....	۳۶
۲-۱: حوزه‌های بررسی لجستیک معکوس.....	۴۶
۲-۲: ساختار مدیریت موجودی سیستم دارای بازگشت.....	۴۷
۲-۳: تقسیم‌بندی مدل‌های موجودی در سیستم لجستیک معکوس.....	۴۹
۲-۴: ماهیت تقاضا در مدل مدیریت موجودی.....	۶۰
۲-۵: ماهیت موعد تحویل در مدل مدیریت موجودی.....	۷۱
۲-۶: ماهیت بازگشت در مدل مدیریت موجودی.....	۷۱
۲-۷: بررسی افق زمانی در مدل مدیریت موجودی.....	۷۲
۲-۸: بررسی دورریز در مدل مدیریت موجودی.....	۷۲
۲-۹: بررسی تعداد محصولات در مدل مدیریت موجودی.....	۷۳
۲-۱۰: بررسی وابستگی تقاضا و برگشت در مدل مدیریت موجودی.....	۷۳
۲-۱۱: سیاست‌های موجودی در مدل مدیریت موجودی.....	۷۴
۲-۱۲: روش‌های حل در مدل مدیریت موجودی.....	۷۴
۲-۱۳: تعداد انبارها در مدل مدیریت موجودی.....	۷۵
۲-۱۴: اهداف مطرحه در مدل مدیریت موجودی.....	۷۵
۳-۱: مدل مورد بررسی.....	۷۷
۳-۲: نمودار مربوط به چرخه عمر محصول.....	۷۹
۴-۱: گام‌های اساسی در شبیه‌سازی.....	۹۴
۴-۲: نمودار تاثیر تغییر P_r بر موقعیت موجودی.....	۹۲
۴-۳: فراوانی نسبی تقاضا در چرخه عمر محصول.....	۹۵
۴-۴: شمایی کلی از قسمت اول مدل تک‌انباره شبیه‌سازی شده.....	۹۸

فهرست اشکال

شکل	صفحه
۴-۵: شمایی کلی از قسمت دوم مدل تک‌انباره شبیه‌سازی شده.....	۹۹
۴-۶: شمایی کلی از قسمت سوم و چهارم مدل تک‌انباره شبیه‌سازی شده.....	۱۰۰
۴-۷: شمایی کلی از قسمت اول مدل دو انباره شبیه‌سازی شده.....	۱۰۳
۴-۸: شمایی کلی از قسمت دوم مدل دو انباره شبیه‌سازی شده.....	۱۰۴
۴-۹: شمایی کلی از قسمت سوم و چهارم مدل دو انباره شبیه‌سازی شده.....	۱۰۵
۵-۱: نمونه یک جواب کد شده برای الگوریتم پیشنهادی.....	۱۰۷
۵-۲: قدم‌های الگوریتم جستجوی همسایگی متغیر ترکیبی.....	۱۱۲
۶-۱: نمودار میله‌ای مقایسه دو مدل.....	۱۲۲
۶-۲: کاهش هزینه در صورت استفاده از الگوریتم ترکیبی برای تمام سناریوها.....	۱۳۳

فهرست جداول

صفحه	جدول
۲۶.....	۱-۱: عملکرد RL در ادبیات موضوع.....
۳۱.....	۲-۱: مقایسه میان لجستیک معکوس و لجستیک روبه جلو.....
۳۷.....	۳-۱: سطوح مختلف تصمیم‌گیری.....
۴۰.....	۱-۲: مروری جامع بر ادبیات و طبقه‌بندی‌های لجستیک معکوس در سال‌های اخیر.....
۴۵.....	۲-۲: خلاصه‌ای از طبقه‌بندی ادبیات و فازهای مدیریت پروژه.....
۶۵.....	۳-۲: مطالعات موردی مربوط به مدیریت موجودی.....
۶۸.....	۴-۲: تعداد مقالات مرتبط در هر زمینه کاری.....
۶۹.....	۵-۲: جمع‌بندی مطالعات صورت گرفته.....
۸۹.....	۱-۴: جمع‌بندی مقالات از حیث وجود تقاضا و بازگشت احتمالی در مدل.....
۱۱۴.....	۱-۶: نحوه کددهی مسائل نمونه.....
۱۱۶.....	۲-۶: جدول ANOVA مربوط به مدل تک انباره.....
۱۱۷.....	۳-۶: تست SNK فاکتور CL مربوط به مدل تک انباره.....
۱۱۷.....	۴-۶: تست SNK فاکتور LP مربوط به مدل تک انباره.....
۱۱۸.....	۵-۶: تست SNK فاکتور PR مربوط به مدل تک انباره.....
۱۱۸.....	۶-۶: تست SNK فاکتور RH مربوط به مدل تک انباره.....
۱۱۸.....	۷-۶: تست SNK فاکتور RO مربوط به مدل تک انباره.....
۱۱۹.....	۸-۶: جدول ANOVA مربوط به مدل دو انباره.....
۱۱۹.....	۹-۶: تست SNK فاکتور CL مربوط به مدل دو انباره.....
۱۲۰.....	۱۰-۶: تست SNK فاکتور LP مربوط به مدل دو انباره.....
۱۲۰.....	۱۱-۶: تست SNK فاکتور PR مربوط به مدل دو انباره.....
۱۲۱.....	۱۲-۶: تست SNK فاکتور RH مربوط به مدل دو انباره.....
۱۲۱.....	۱۳-۶: تست SNK فاکتور RO مربوط به مدل دو انباره.....
۱۲۳.....	۱۴-۶: مقایسه میانگین هزینه‌های دو مدل در فاصله اطمینان ۹۵٪.....
۱۲۹.....	۱۵-۶: جدول ANOVA مربوط به مقایسه دو مدل.....
۱۳۰.....	۱۶-۶: تست SNK فاکتور CL مربوط به مقایسه دو مدل.....
۱۳۰.....	۱۷-۶: تست SNK فاکتور LP مربوط به مقایسه دو مدل.....
۱۳۱.....	۱۸-۶: تست SNK فاکتور PR مربوط به مقایسه دو مدل.....

فهرست جداول

صفحه	جدول
۱۳۱.....	۶-۱۹: تست SNK فاکتور RH مربوط به مقایسه دو مدل.....
۱۳۲.....	۶-۲۰: تست SNK فاکتور RO مربوط به مقایسه دو مدل.....
۱۳۴.....	۶-۲۱: خلاصه نتایج حاصل از حل ۳۰ سناریوی توسط OptQuest و الگوریتم ترکیبی.....

فصل اول:

کلیات تحقیق و مباحث نظری

۱-۱- کلیات تحقیق

در چند دهه اخیر، رشد روزافزون ملاحظات زیست‌محیطی، وجود قوانین سخت‌گیرانه در مورد بازپس‌گیری محصولات مستعمل بمنظور احیا و یا انهدام آنها توسط تولیدکنندگان و همچنین مزایای رقابتی و سودآوری‌های اقتصادی حاصل از این امر، استفاده از چرخه اقتصادی محصول را جایگزین جریان اقتصادی یک‌طرفه محصول نموده است. بدین جهت چرخه بازسازی محصولات مستعمل مورد توجه محققین قرار گرفته است.

براساس ادبیات موجود در این زمینه، دریافتیم که تعداد کمی از مقالات به وابستگی میان تقاضا و بازگشت محصول توجه نموده‌اند، که در شرایط عدم قطعیت تقاضا، تعداد تحقیقات محدودتر می‌گردد. لذا با توجه به اهمیت در نظر گرفتن وابستگی میان این دو، نوظهوری مباحث مطروحه و امکان بررسی دقیق‌تر در این خصوص، تحقیق اخیر صورت پذیرفت.

بدین ترتیب، سیستم موجودی تک‌محصولی‌ای بر اساس مدل (Kiesmuller & Van der Laan, ۲۰۰۱) با فرض وابستگی مستقیم میان بازگشتی‌ها و جریان تقاضا در نظر گرفته شده است، که هدف حداقل نمودن کل هزینه‌های سیستم اعم از هزینه‌های نگهداری، کمبود، حمل و نقل، خرید، ساخت‌مجدد، انهدام و غیره را دنبال می‌نماید. توسعه‌های مدنظر در این مطالعه از دو بعد مفهومی و تکنیکی تحقق یافته است. از نظر مفهومی، در مقایسه با مدل پایه که فقط انبار محصول نهایی در آن منظور شده، مدل مطروحه دارای دو انبار مجزا جهت محصولات مستعمل و محصولات نهایی است. همچنین بعضی محدودیت‌های ساده‌سازی منظور شده در مدل پایه، در مدل پیشنهادی مرتفع گردیده است. علاوه بر آن با در نظر گرفتن تغییرات تقاضا در چرخه عمر محصول، سیاست مرور دوره‌ای با پنج سقف موجودی متفاوت پیشنهاد شده است.

از منظر تکنیک حل نیز، در ابتدا با توجه به روش‌های حل ارائه شده در ادبیات موضوع، از شبیه‌سازی بمنظور دستیابی به جواب‌هایی قابل مقایسه استفاده گردید. سپس تلفیقی از الگوریتم فراحسی جستجوی همسایگی متغیر ترکیبی (HVNS) و مدل شبیه‌سازی مطروحه بمنظور مقایسه و ارزیابی نتایج حاصل از الگوریتم پیشنهادی و نتایج حاصل از نرم افزار جانبی *OptQuest* در محیط *Arena*، ارائه شد.

بمنظور تحلیلی جامع برمدل پیشنهادی و مقایسه آن با مدل پایه، و همچنین ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی، نتایج در سه بخش مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. در بخش اول، در شرایطی برابر مقایسه‌ای میان مدل پایه و پیشنهادی انجام پذیرفت که نتایج حاصل با اطمینان ۹۵ درصد، مدل پیشنهادی را برتر و کاراتر از مدل پایه

می‌دانست. این برتری از طریق مقایسه متوسط هزینه‌های کل این دو مدل و عدم وجود همپوشانی میان فواصل اطمینان مربوط به هزینه‌های دو مدل تحقق یافته است.

در بخش دوم، ابتدا در هر دو مدل به صورت جداگانه تاثیر هر یک از پارامترهای اساسی (چون طول عمر مفید کالا، موعد تحویل خرید محصولات جدید، احتمال بازگشت محصولات قابل ساخت مجدد، نسبت هزینه‌های نگهداری در هر دو انبار و نسبت هزینه‌های خرید به ساخت مجدد) بر متغیر پاسخ (هزینه کل) از طریق آنالیز واریانس (جدول *ANOVA*) مورد توجه قرار گرفت. سپس پارامترهای تاثیرگذار مورد آزمایش *SNK* قرار گرفتند. همچنین در این بخش، شرایط ارجحیت هر یک از مدل‌ها در هنگام تغییر پارامترهای مطرحه نیز مورد بحث و بررسی واقع شده است.

در بخش سوم، ارزیابی جواب‌های حاصل از تلفیق الگوریتم پیشنهادی و مدل شبیه‌سازی مورد توجه قرار گرفته است. بدین ترتیب، نتایج حاصل از الگوریتم *HVNS* در مقایسه با نتایج حاصل از *OptQuest* بررسی گردید که در تمامی سناریوها برتری الگوریتم پیشنهادی کاملاً مشهود بوده است. این برتری هم از نظر کیفیت جواب و هم از لحاظ سرعت همگرایی جواب‌ها به جوابی مناسب قابل ملاحظه است.

این پایان‌نامه، در هفت فصل به ترتیب ذیل تنظیم شده است. در فصل اول، مفاهیمی کلی از موضوع مورد بحث بیان گردید و در فصل دوم، مروری بر ادبیات موضوع و تحلیل آن صورت گرفته است. در فصل سوم، مدل پایه و پیشنهادی به طور کامل تشریح گردیده‌اند و در فصل چهارم و پنجم، روش حل و الگوریتم پیشنهادی به تفصیل مورد توجه قرار گرفته است. در فصل ششم نیز، تحلیل و ارزیابی نتایج محاسباتی مطرح شده و در فصل هفتم، جمع‌بندی مطالب و پیشنهاد برای تحقیقات آتی ارائه گردیده است. در انتها نیز مراجع مورد استفاده در این پایان‌نامه و ضمائم مربوطه آورده شده است.

۱-۲- مباحث نظری

۱-۲-۱- مقدمه‌ای بر لجستیک معکوس (RL)^۱

لجستیک معکوس بر فعالیتهایی چون مدیریت و هدایت فعالیتهای مرتبط با تجهیزات، محصولات، اجزا، مواد و یا کل سیستم‌هایی که مجدداً احیا می‌شوند، می‌پردازد. در ساده‌ترین شکل ممکن، احیای مجدد^۲ می‌تواند تنها مربوط به فروش مجدد یک محصول بوده و یا با مجموعه‌ای از فعالیتهایی چون جمع‌آوری، بازرسی، جداسازی و غیره که منجر به ساخت مجدد یا بازیافت است، همراه گردد. بدست آوردن مجدد مواد و محصولات، و یا استفاده مجدد بخشی از تجهیزات، از قدیمی‌ترین فعالیتهای در این زمینه به‌شمار می‌رود. در گذشته، کمیابی منابع اصلی‌ترین انگیزه این فعالیتهای، بود و علیرغم وجود مباحثی در زمینه محدودیت‌های رشد و تعالی که توسط انجمن علمی رم^۳ در اوایل دهه هفتاد صورت گرفت، توجه به ملاحظات زیست‌محیطی و توسعه تدریجی در بازار رقابتی از اهداف اصلی این فعالیتهای به‌شمار نمی‌آمد، اما در سال‌های پس از آن، بلايای زیست‌محیطی، اذهان عمومی بالاخص دانشگاهیان، سیاستمداران، پزشکان و جامعه‌شناسان را به خود معطوف داشت. چنان‌که این موضوع در قالب اسامی‌ای چون بازیافت^۴، استفاده مجدد^۵، کاهش منابع^۶، مسئولیت‌های زیست‌محیطی تولید^۷، و محصولات سبز^۸، مورد بحث و بررسی قرار گرفت. از اواسط دهه نود، بخصوص در اروپا، این موضوع با قوانین اجرایی‌ای درمورد تولید محصول، بازیافت و یا انهدام مناسب آن‌ها همراه گردید. در آمریکا نیز، افزایش هزینه‌های مربوط به دفن مواد و محدودیت‌های مربوط به آن موجب توجه هرچه بیشتر به این مقوله گردید. در اوایل قرن ۲۰م، سودآوری حاصل از فعالیتهای مربوط به احیای مجدد محصولاتی چون موبایل و امثالهم، بیش از توجهات زیست‌محیطی موجب بالا رفتن هرچه بیشتر ارزش حاصل از چنین اقداماتی گردید (Guide and Wassenhove, ۲۰۰۱).

همچنین، رقابت‌پذیری، کسب بازار و مبادلات استراتژیک نیز شرکت‌ها را وادار به اجرای سیاست‌های بازگشتی متعددی نمود، تا بدین ترتیب محصولات بازگشتی نیز همانند محصولات تازه تولید شده، در بازارهایی مشابه از طریق

^۱ Reverse Logistics

^۲ Recovery

^۳ Club of Rom

^۴ Recycling

^۵ Reuse

^۶ Resource reduction

^۷ Environmental manufacturing responsibility

^۸ Green products

شرکت‌های تجاری مجدداً توزیع کردند.

در چند دهه گذشته، RL در هر دو زمینه تحقیقات تئوری و عملی، توجهات خاصی را به خود جلب نموده است. در اوایل دهه نود، انجمن مدیریت لجستیک، دو کتاب درباره RL منتشر نمود، که اولین کتاب توسط Stock (۱۹۹۲) در مورد شناسایی زمینه‌هایی از RL مرتبط با جوامع و بنگاه‌ها به چاپ رسید. یکسال بعد در سال ۱۹۹۳، Kopicki و همکارانش بر روی ساختار نظام‌یافته و عملکرد RL، فرصت‌های ایجاد شده از طریق استفاده مجدد و احیا، تمرکز ویژه‌ای نمودند. در اواخر قرن نوزدهم، مطالعات متعدد دیگری در این زمینه تحقق یافت. (Kostecki (۱۹۹۸)، در مورد بازاریابی محصولات مورد استفاده مجدد قرار گرفته و چگونگی افزایش عمر آن‌ها بحث نمود و Stock (۱۹۹۸)، جزئیات نحوه راه‌اندازی، هدایت و کنترل برنامه‌های RL را تشریح نمود. همچنین Rogers and Tibben-Lembke (۱۹۹۸)، مجموعه وسیعی از فعالیتهای بنگاه‌های RL را با تمرکز ویژه بر تجربیات شرکت‌های آمریکایی مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. Guide و همکارانش نیز در سال ۲۰۰۰، مشخصات RL در سیستم‌های ساخت مجدد را مورد توجه قرار داده و نحوه مدیریت و بهینه‌سازی آن را ارزیابی نمودند (de Brito et al., ۲۰۰۲).

مشخصاً اصول مطالعات صورت گرفته در مورد RSCM^۹، بر مرور ادبیات صورت گرفته در مقاله "Quantitative models for reverse logistics: a Review" توسط Fleishmann et al. (۱۹۹۷)؛ مطالعات موردی اشاره شده در مقاله "Reverse logistics: a review of case studies" توسط de Brito et al. (۲۰۰۲)؛ و ساختارهای تئوری بیان شده در مقالاتی چون "The growing strategic of end-of-life product management" نوشته Toffel M.W. در سال ۲۰۰۳؛ "Strategic issues in product recovery management" نوشته Salmon و همکارانش در سال ۱۹۹۵؛ "Remanufacturing. Technology Review" نوشته Lund در سال ۱۹۸۴، قرار دارد (Prahinski & Kocabasoglu, ۲۰۰۶).

در سال‌های اخیر نیز با توجه به اهمیت روزافزون RL و توجهات زیست‌محیطی، همواره بر شمار کتب و مقالات منتشر شده در این زمینه افزوده شده است.

^۹ Reverse Supply Chain Management

۱-۲-۲- تعاریف مربوط به لجستیک معکوس

نمی‌توان به‌طور دقیق، زمان پیدایش تفکر در مورد لجستیک معکوس را مشخص نمود. هرچند واژگانی چون کانال‌های معکوس^{۱۰}، یا جریان بازگشت^{۱۱}، در دهه هفتاد در مقالات علمی به‌چشم می‌خورد، اما این واژگان در تناقض با بازیافت در نظر گرفته شده بودند (Gintler and Starling, ۱۹۷۸; Guiltinan and Nwokoye, ۱۹۷۴).

در اوایل دهه نود، انجمن مدیریت لجستیک (CLM)^{۱۲}، اولین تعاریف شناخته شده از RL را در قالبی عمومی بدین شرح منتشر نمود: "... این واژه غالباً در تشریح نقش لجستیک در بازیافت، انهدام زایدات و مدیریت مواد خطرناک به‌کار می‌رود و از منظری جامع‌تر شامل تمامی فعالیت‌های لجستیکی‌ای که با کاهش منابع، بازیافت، تعویض، استفاده مجدد از مواد و انهدام آن‌ها در ارتباطند، می‌گردد." (Stock, ۱۹۹۲)

در همان سال (Pohlen and Farris, ۱۹۹۲)، لجستیک معکوس را با بهره‌گیری از اصول و قواعد بازاریابی به عنوان "جریان محصولات در کانال توزیع از سوی مصرف‌کنندگان به سوی سازندگان" توصیف نمود.

Kopicky (۱۹۹۳)، لجستیک معکوس را مشابه با آنچه Stock در سال ۱۹۹۲ بیان نموده بود، تعریف کرد؛ اما مفاهیمی را نیز که (Pohlen and Farris, ۱۹۹۲) در مورد جهت مسیرها در قیاس با جریان توزیع سنتی در نظر گرفته بود، مدنظر قرار داد: "لجستیک معکوس، واژه‌ای گسترده است که بر مدیریت لجستیک و انهدام زایدات خطرناک و غیرخطرناک حاصل از بسته‌بندی‌ها و تولیدات دلالت دارد. این واژه شامل توزیع معکوسی (...) است که موجب جریان محصولات و اطلاعات در جهتی مخالف فعالیت‌های لجستیک معمول می‌گردد."

در سال ۱۹۹۷، Fleischmann و همکارانش اذعان داشتند که "RL فرایندی است که تمامی فعالیت‌های لجستیکی مربوط به محصولات مستعملی که دیگر مورد نیاز نیستند را، از سوی مصرف‌کنندگان تا ساخت مجدد آن‌ها بمنظور استفاده در بازار در برمی‌گیرد."

Krikke (۱۹۹۸)، RL را به معنای "جمع‌آوری، انتقال، انبارسازی و پردازش محصولات به دور انداخته شده" می‌داند.

در اواخر دهه نود، Roger and Tibben-Lembke (۱۹۹۹)، لجستیک معکوس را با در نظر گرفتن اهداف و فعالیت‌هایی که در لجستیک صورت می‌گیرد، توصیف نمودند: "RL فرایند برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل مربوط به

^{۱۰} Reverse Channels

^{۱۱} Reverse Flow

^{۱۲} Council of Logistics Management

کارایی، جریان موثر هزینه مواد اولیه، موجودی در جریان، محصولات نهایی و اطلاعات مرتبط با آن، از سوی مصرف‌کنندگان تا منشا اصلی آن با هدف کسب مجدد ارزش اقلام یا انهدام مناسب آنهاست.^{۱۳}

به گفته (Carter and Ellram، ۱۹۹۸)، این تعریف می‌تواند به وضوح شامل توزیع معکوس مواد و بازیافت آنها، بمنظور کاهش مواد در سیستم رو به جلو نیز باشد.

از سویی دیگر، گروه محققان اروپایی‌ای که در زمینه لجستیک معکوس کار می‌کنند، (Revlog، ۱۹۹۸)، تعریف ذیل را در این مورد ارائه نموده‌اند: "RL فرایند برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل جریان‌های مربوط به مواد اولیه، موجودی در جریان و محصولات نهایی‌ای است که از سوی تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان یا مصرف‌کنندگان به جایگاه‌های بازیافت یا انهدام مناسب آنها در جریان است."

(Dowlatshahi، ۲۰۰۰) RL را به عنوان "فرایندی که در آن سازندگان اصلی از قبل، به‌صورتی نظام‌مند حمل و نقل محصولات یا قطعات را از نقطه مصرف، بمنظور بازیافت، ساخت مجدد یا انهدام آنها برعهده می‌گیرد"، تعریف می‌نماید.

در همان سال، V. Daniel و همکارانش، "RL را عمل بازیافت محصولات دور انداخته شده برشمردند، عملی که ممکنست شامل بسته‌بندی، حمل مواد و بازگشت آنها به مراکز جمع‌آوری مرکزی باشد تا بتواند آنها را مورد ساخت مجدد قرار داده و یا بازیافت قرار دهد."

در سال‌های دیگر نیز تعاریفی کم و بیش مشابه با آنچه بیان شد، ارائه گردید، که هریک از منظری لجستیک معکوس را مود بررسی قرار داده‌اند.

علاوه بر تعاریف متعددی که در مورد RL بیان شد، واژگان کلیدی دیگری نیز همچون لجستیک معکوس شده^{۱۳}،

لجستیک بازگشتی^{۱۴}، لجستیک در جهت مخالف^{۱۵}، و یا توزیع معکوس^{۱۶}، در ادبیات موضوع وجود دارند؛ که این مقوله را مورد بررسی قرار داده‌اند.

با به‌کار بردن واژه RL، لازمست خطوط مرزی و تفاوت‌های آن با لجستیک رو به جلو^{۱۷}، را نیز در نظر گرفت. اما،

^{۱۳} Reversed Logistics

^{۱۴} Return Logistics

^{۱۵} Retro Logistics

^{۱۶} Reverse Distribution

^{۱۷} Forward Logistics

از آن جا که این فعالیت‌ها کاملاً با هم در تعاملند، لذا نمی‌توان مرزی مشخص میان این دو در نظر گرفت؛ به همین دلیل و بنابر یکپارچه‌سازی این جریان، در ادبیات مربوطه واژه زنجیره تامین حلقه بسته (CLSC)^{۱۸}، در نظر گرفته شده است. این لغت، فعالیت‌های بازیافت را در زمره مدیریت زنجیره تامین قرار داده و همچنین بر فرایندهای فیزیکی و عملکردی حلقه بسته نیز دلالت می‌نماید. از سویی دیگر نیز RL را در ساختار مدیریت زنجیره تامین قرار داده و به این نکته اشاره می‌نماید که لجستیک معکوس، نباید تنها به جریان معکوس بپردازد، بلکه باید به تلفیق آن با جریان رو به جلو نیز توجه‌ای ویژه داشته باشد. از آن جا که در بازگشت CLSC، الزاماً حلقه یا جریانی بسته نیست، بنابر پیشنهاد (۲۰۰۲) de Brito et al. می‌توان واژگان معنادارتری چون زنجیره حلقه بسته ساده یا حلقه زنجیره تامین را جایگزین آن نمود.

از سویی دیگر RL، متفاوت از مدیریت زایداتی^{۱۹} است که اساساً تنها به جمع‌آوری و پردازش آن‌ها بمنظور کارایی و اثربخشی بیشتر می‌نماید.

همچنین، RL متفاوت از لجستیک سبزی است، که تنها بر جنبه‌های زیست‌محیطی کلیه فعالیت‌های RL تاکید داشته و در لجستیک رو به جلو تحقق می‌یابد. آگاهی از ملاحظات زیست‌محیطی تولید، فراتر از تولیدات در لجستیک رو به جلو است. چرا که اثرات بلندمدت آن تا انتهای عمر محصول سایه‌افکن خواهد بود،^{۲۰} شکل ۱-۱، هم‌پوشانی طبیعی میان فرایندهای لجستیک معکوس و لجستیک سبز مورد توجه محیط‌زیست را نشان خواهد داد.

^{۱۸} Closed-Loop Supply Chain

^{۱۹} منظور از زایدات، محصولاتی هستند که نمی‌توانند از نو مورد استفاده قرار گیرند. دشواری مساله در این رابطه، تعبیر متعدد زایدات است که می‌تواند دارای پیامدهای قانونی گوناگونی باشد. به‌طور کلی، RL بر جریان‌هایی تمرکز دارد، که از طریق بازیافت آن‌ها بتوان ارزشی کسب نمود و خروجی حاصل از این فعالیت‌ها را، وارد زنجیره تامین تازه‌ای کرد.

^{۲۰} در این زمینه می‌توان به مقاله (۱۹۹۹) Gungor and Gupta رجوع کرد.