

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شاهد

دانشکده فنی و مهندسی

**پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی صنایع گرایش صنایع**

**طراحی شبکه زنجیره تأمین چند دوره‌ای مستقیم / معکوس یکپارچه برای محصولات**

**دارای کیفیت تحت شرایط عدم قطعیت**

**استاد راهنما:**

دکتر راشد صحرائیان

**نگارش:**

محمد طاعتی

**تابستان ۱۳۹۲**

شماره: تاریخ:	<b>اظهارنامه دانشجو</b>	
<p>این جانب محمد طاعتی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع دانشکده فنی مهندسی دانشگاه شاهد، گواهی می‌دهم که پایان‌نامه تدوین شده حاضر با عنوان؛ «طراحی شبکه زنجیره تأمین چند دوره‌ای مستقیم / معکوس یکپارچه برای محصولات دارای کیفیت تحت شرایط عدم قطعیت» به راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر راشد صحرائیان، توسط شخص این جانب انجام و صحت و اصالت مطالب تدوین شده در آن، مورد تأیید است و چنان چه هر زمان، دانشگاه کسب اطلاع کند که گزارش پایان‌نامه حاضر صحت و اصالت لازم را نداشته، دانشگاه حق دارد، مدرک تحصیلی این جانب را مسترد و ابطال نماید هم چنین اعلام می‌دارد در صورت بهره‌گیری از منابع مختلف شامل؛ گزارش‌های تحقیقاتی، رساله، پایان‌نامه، کتاب، مقالات تخصصی و غیره، به منبع مورد استفاده و پدیدآورنده آن به طور دقیق ارجاع داده شده و نیز مطالب مندرج در پایان‌نامه حاضر تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط این جانب و یا سایر افراد به هیچ کجا ارائه نشده است. در تدوین متن پایان‌نامه حاضر، چارچوب (فرمت) مصوب تدوین گزارش‌های پژوهشی تحصیلات تکمیلی دانشگاه شاهد به طور کامل مراعات شده و نهایتاً این که کلیه حقوق مادی ناشی از گزارش پایان‌نامه / رساله حاضر، متعلق به دانشگاه شاهد است.</p> <p>نام و نام خانوادگی دانشجو (دست‌نویس): .....</p> <p style="text-align: center;">امضاء دانشجو:</p> <p style="text-align: center;">تاریخ:</p>		

تقدیم به:

ساحت مقدس حضرت علی اکبر (ع)، جوانه خورشید کربلا که الگویی تمام  
و کمال است برای همه جوانان این مرز و بوم.

امید است که گوشه چشمی نماید.

## تشکر و قدردانی

با تشکر و بوسه بر دستان پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم و تشکر فراوان از مادر عزیزتر از جانم که آفتاب مهرش در آستانه قلبم، همچنان پابرجاست و هرگز غروب نخواهد کرد.

با تشکر فراوان از تمامی اساتید گران قدر به خصوص جناب دکتر صحرائیان که با اخلاق خوش و دلسوزانه زمینه پیشرفت من را میسر نموده و با تشکر بسیار از دوست و برادر عزیزم، جناب آقای مهندس علی رضا غفاری مقدم و همسرشان سرکار خانم مهندس کریمی که در تمام مسیر پیشبرد پایان نامه و دیگر درجات علمی، دلسوزانه و با تمام وجود من را کمک نمودند.

## چکیده

در این پایان‌نامه مدلی منسجم از شبکه لجستیکی مستقیم/ معکوس (حلقه بسته) به صورت یکپارچه و به منظور جلوگیری از زیر بهینگی<sup>۱</sup> ناشی از طراحی‌های جداگانه فرایندهای رو به جلو و بازگشتی برای محصولات دارای کیفیت به همراه ویژگی‌های مختلف و با یک ساختار منظم ارائه می‌شود. در مدل ارائه‌شده کیفیت محصولات بازگشتی که پس از طی فرایند جمع‌آوری و بازرسی به مراکز تولید مجدد، انهدام یا بازار دست دوم انتقال می‌یابد، متأثر از محیط غیرقطعی است. محصولات تعمیر شده می‌توانند مجدد در بازار دست دوم به فروش برسند. مدل حاصل‌شده، مدلی چند دوره‌ای، چند محصولی و چند سطحی است که تحت شرایط عدم قطعیت برای کیفیت محصولات بازگشتی به طور هماهنگ لجستیک مستقیم و معکوس را در نظر می‌گیرد. مدل ارائه‌شده به اتخاذ یکپارچه تصمیمات استراتژیک و تاکتیکی می‌پردازد. بهینه‌سازی تصادفی مبتنی بر سناریوهای تولیدشده روشی است که در این پژوهش برای حل مدل و مهار کردن عدم قطعیت به کار گرفته شده است. در پایان به منظور نمایش کارایی و عملکرد مدل پیشنهادی، با مقایسه مدل‌های قطعی و تصادفی، پس از تولید مسائل آزمایشی در مقیاس‌های متفاوت، جواب‌های به دست آمده از مدل پیشنهادی با جواب‌های مدل قطعی مقایسه شده و نشان داده می‌شود که مدل پیشنهادی چگونه در شرایط عدم قطعیت قادر به تولید جواب خوب می‌باشد در حالی که مدل قطعی از این امکان ناتوان است.

**کلیدواژه:** عدم قطعیت، برنامه‌ریزی تصادفی<sup>۲</sup>، محصولات دارای کیفیت، شبکه حلقه بسته

---

<sup>۱</sup> Sub-optimality

<sup>۲</sup> Stochastic programming

## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست جدول‌ها.....	ج
فهرست شکل‌ها.....	د
<b>فصل ۱- مقدمه</b> .....	۱
۱-۱- پیشگفتار.....	۱
۲-۱- ضرورت انجام تحقیق.....	۲
۳-۱- اهداف عمده تحقیق.....	۲
۴-۱- روش انجام تحقیق.....	۳
۵-۱- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات.....	۳
۶-۱- کاربران موضوع تحقیق.....	۳
۷-۱- آرایش کلی گزارش.....	۴
<b>فصل ۲- مروری بر پیشینه تحقیق</b> .....	۵
۱-۲- مقدمه.....	۵
۲-۲- زنجیره تأمین.....	۷
۳-۲- زنجیره تأمین حلقه بسته.....	۹
۱-۳-۲- مدیریت و تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین حلقه بسته.....	۹
۲-۳-۲- مفهوم و جایگاه شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته.....	۱۰
۴-۲- طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین.....	۱۱
۱-۴-۲- ساختار شبکه و لایه تسهیلات.....	۱۲
۲-۴-۲- پارامترهای قطعی/نامعلوم.....	۱۲
۳-۴-۲- تک دوره‌ای/چند دوره‌ای.....	۱۳
۴-۴-۲- تک محصولی/چند محصولی.....	۱۳
۵-۴-۲- توسعه ظرفیت.....	۱۴
۶-۴-۲- موجودی.....	۱۴
۷-۴-۲- تهیه و تدارکات.....	۱۴
۸-۴-۲- مسیریابی.....	۱۴
۹-۴-۲- نوع حمل‌ونقل.....	۱۵
۱۰-۴-۲- جنبه‌های مالی.....	۱۵
۱۱-۴-۲- مکان‌یابی چندگانه.....	۱۵
۱۲-۴-۲- قابلیت اطمینان.....	۱۵
۵-۲- لجستیک معکوس.....	۱۵
۱-۵-۲- تعاریف لجستیک معکوس.....	۱۷

۱۸	۲-۵-۲	لجستیک معکوس در برابر لجستیک مستقیم
۲۰	۶-۲	مروری بر ادبیات
۲۱	۱-۶-۲	شبکه‌های معکوس
۲۳	۲-۶-۲	شبکه‌های حلقه بسته و شبکه‌های منسجم معکوس و مستقیم
۲۵	۳-۶-۲	رویکرد عدم قطعیت در مرور ادبیات
۲۸	۷-۲	جمع‌بندی و نتیجه‌گیری مرور ادبیات
۳۲		<b>فصل ۳- ارائه مدل پیشنهادی</b>
۳۲	۱-۳	تعریف مساله
۳۳	۲-۳	شرح مدل
۳۶	۳-۳	فرض‌های مدل
۳۷	۴-۳	خروجی‌ها
۳۷	۵-۳	اندیس گذاری، پارامترها و متغیرها
۳۷	۱-۵-۳	اندیس‌ها
۳۷	۲-۵-۳	پارامترها
۳۹	۳-۵-۳	متغیرهای تصمیم
۳۹	۶-۳	تابع هدف و محدودیت‌ها
۴۲	۷-۳	تشریح تابع هدف و محدودیت‌ها
۴۳	۸-۳	مهار عدم قطعیت و رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی
۵۰		<b>فصل ۴- بررسی نتایج و مقایسات عددی</b>
۵۰	۱-۴	واقعی سازی و مقایسه مدل‌ها
۵۵	۲-۴	تحلیل بر روی پارامترها
۵۵	۱-۲-۴	هزینه‌های حمل‌ونقل
۵۶	۲-۲-۴	هزینه‌های انبارداری
۵۶	۳-۲-۴	تقاضا
۵۹		<b>فصل ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی</b>
۵۹	۱-۵	نتیجه‌گیری
۵۹	۲-۵	پیشنهادات آتی
۶۲		<b>مراجع</b>
۶۶		واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۶۸		واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۷۰		<b>Abstract</b>



## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۱۹	جدول ۱-۲: مقایسه میان شبکه‌های معکوس و روبه جلو
۳۰	جدول ۲-۲: مقایسه مدل پیشنهادی با مقالات مشابه
۵۰	جدول ۱-۴: مشخصات مثال‌های عددی
۵۲	جدول ۲-۴: مشخصات سناریوها و احتمال وقوع هر کدام
۵۲	جدول ۳-۴: جزئیات سناریوها
۵۳	جدول ۴-۴: نتایج اولیه حاصل از حل مدل‌های تصادفی و قطعی
۵۳	جدول ۵-۴: نتایج حاصل از واقعی سازی مدل‌ها

## فهرست شکل‌ها

صفحه

عنوان

- شکل ۱-۲: سطوح تصمیم‌گیری در لجستیک معکوس [۶] ..... ۱۰
- شکل ۲-۲: مروری بر زیرشاخه‌های زنجیره تأمین معکوس [۱۴] ..... ۲۰
- شکل ۱-۳: نمایی از شبکه یکپارچه مستقیم/معکوس پیشنهادی ..... ۳۵
- شکل ۲-۳: ساختار شبکه پیشنهادی ..... ۳۶
- شکل ۱-۴: روند فرایند واقعی سازی ..... ۵۱
- شکل ۲-۴: مقایسه ساختار هزینه‌ها در دو مدل ..... ۵۴
- شکل ۳-۴: تغییر تابع هدف در برابر هزینه‌های حمل‌ونقل ..... ۵۵
- شکل ۴-۴: تغییر تابع هدف در برابر هزینه‌های انبارداری ..... ۵۶
- شکل ۵-۴: تغییرات تابع هدف در برابر افزایش تقاضا در حالت وابستگی بازگشتی‌ها به تقاضا ... ۵۷
- شکل ۶-۴: تغییرات تابع هدف در برابر افزایش تقاضا در حالت وابستگی بازگشتی‌ها به تقاضا ..... ۵۷

## فصل ۱ - مقدمه

### ۱-۱ - پیشگفتار

امروزه به دلیل عوامل محیطی، اقتصادی و تجاری، زنجیره تأمین به عنوان کلیدی‌ترین عنصر هر سازمان تلقی می‌گردد. مدیریت اثربخش زنجیره تأمین، نقشی حیاتی در موفقیت شرکت به همراه خواهد داشت و مزایای رقابتی بی‌شماری را برای شرکت به ارمغان می‌آورد. از سوی دیگر با توجه به رشد سریع دانش و فناوری، بر پیچیدگی عملیات زنجیره تأمین روزانه افزوده می‌شود و سازمان‌ها در مدیریت آن با چالش‌ها و ریسک‌های متعددی مواجه خواهند شد. بیشتر سازمان‌ها با منابع، قابلیت‌ها و دانش محدود و همچنین باهدف صرفه‌جویی در هزینه‌ها و افزایش رضایت‌مندی مشتریان خدمات لجستیک خود را برون‌سپاری می‌نمایند.

از سوی دیگر کشورها به دلیل روند جهانی شدن<sup>۱</sup>، کوچک شدن جهان و تشدید فضای رقابتی را بیشتر احساس می‌کنند. مشتریان به دنبال کالاها و خدماتی که پاسخگوی نیازهای آن‌ها باشد، هستند و شرکت‌ها به دنبال حفظ سود و خلق مزیت‌های رقابتی باهدف دوام بیشتر در بازار می‌باشند. همه عوامل فوق به توجه بیشتر به زنجیره تأمین و لجستیک یکپارچه منجر شده است. تشدید فضای رقابتی در بازار، سازمان‌ها را مجبور به تمرکز بر زنجیره تأمین و لجستیک یکپارچه کرده است. طراحی مناسب شبکه زنجیره تأمین از مزایای رقابتی مداوم و برجسته برای هر شرکتی به حساب می‌آید و سازمان را در تقابل با سایر مسائل و مشکلات پیشرو کمک می‌کند. طراحی شبکه‌های روبه جلو و روبه عقب در زنجیره تأمین تأثیر قابل توجهی بر عملکرد یکدیگر دارد از همین رو طراحی همزمان شبکه‌های روبه جلو و روبه عقب در زنجیره تأمین باعث کاهش هزینه‌ها و ضررهای ناشی از طراحی‌های جداگانه می‌شود. در این میان نگرانی‌ها نسبت به عوامل زیست‌محیطی و اجتماعی اهمیت استفاده سازمان‌ها از لجستیک معکوس را تشدید نموده است. از دیگر سو منافع اقتصادی حاصل از استفاده مجدد از کالاهای مصرف‌شده نیز موجب استقبال شرکت‌ها از ایجاد و مدیریت شبکه‌های لجستیک معکوس گشته است. شبکه‌های لجستیک معکوس به دلیل ارزش بالقوه محصولات استفاده‌شده، یکی از مهم‌ترین زمینه‌های تحقیقی شناخته می‌شود.

در دنیای واقعی تخمین دقیق پارامترها و یا توزیع احتمال آن‌ها به سادگی امکان‌پذیر نیست. در طراحی زنجیره تأمین نیز همین موضوع باعث شده است که پژوهشگران عدم قطعیت را جزء چالش‌های انگیزترین موضوعات در طراحی و مدیریت زنجیره تأمین بدانند. در سال‌های اخیر محققان، مقالات زیادی را در زمینه عدم قطعیت در زنجیره تأمین منتشر کردند که عدم قطعیت موجود در این مقالات بیشتر در زمینه عرضه و تقاضای محصولات بوده است. همچنین اکثر مدل‌های ارائه‌شده در این مقالات تنها

<sup>۱</sup> globalization

لجستیک مستقیم را مد نظر قرار داده‌اند و لجستیک معکوس در نظر گرفته نشده است. در چند سال گذشته مدل‌هایی ارائه شدند که برای حجم محصولات بازگشتی در لجستیک معکوس عدم قطعیت را وارد مدل‌سازی کردند. از طرف دیگر با توجه به اینکه کارخانه‌ها محصولات گوناگون و با درجه‌بندی کیفی گوناگونی تولید می‌کنند و همچنین نظر به اینکه محصولات بازگشتی به دلایل مختلفی (خرابی، پایان عمر، دلایل رقابت تجاری، گارانتی محصولات) به کارخانه بازگشت داده می‌شوند می‌توان برای محصولات بازگشتی درجه‌های کیفی متفاوتی را در نظر گرفت. همین موضوع محققان را بر آن داشته تا این موضوع را وارد مدل‌سازی مسائل زنجیره تأمین نمایند. در این پژوهش مساله طراحی یک شبکه زنجیره تأمین یکپارچه برای محصولات دارای کیفیت به همراه ویژگی‌های مختلف و با یک ساختار منظم ارائه می‌شود. در این مدل کیفیت محصولات بازگشتی که به منظور تعمیر و استفاده مجدد به مراکز تولیدی بازگردانده می‌شوند، متأثر از محیط غیرقطعی هست. محصولات بازگشتی در این مدل می‌توانند تعمیر شوند و مجدداً به فروش برسند که این فروش می‌تواند در بازار دست دوم صورت گیرد. مدل حاصل شده، مدلی چند دوره‌ای، چند محصولی و چند سطحی است که تحت شرایط عدم قطعیت برای کیفیت محصولات بازگشتی به طور هماهنگ لجستیک مستقیم و معکوس را در نظر می‌گیرد.

## ۲-۱- ضرورت انجام تحقیق

لجستیک معکوس مفهومی است که از سال ۱۹۹۵ وارد دنیای تحقیقات آکادمیک گشت. در طی یک دهه و تا سال ۲۰۰۵ مسائل پایه‌ای و مسائلی که صرفاً جنبه تحقیقاتی داشتند و در عمل بدون کاربرد بودند در مقالات خودنمایی می‌کردند و توجه بسیار کمی به دنیای واقعی و مشکلات اساسی زنجیره تأمین و لجستیک معکوس می‌کردند. از سال ۲۰۰۵ و ملموس‌تر شدن هزینه‌های هنگفت لجستیکی و به خصوص لجستیک معکوس برای شرکت‌ها سیر تولید مقالات در حوزه لجستیک معکوس و حلقه بسته به شدت رشد پیدا کرد و تا جایی پیشرفت کرده است که امروزه سخن از مدل‌سازی کامل یک زنجیره تأمین واقعی با در نظر گرفتن تمام جوانب است. طبیعت پویا و پیچیده زنجیره تأمین باعث درجه عدم قطعیت بالا در تصمیم‌گیری‌های برنامه‌ریزی زنجیره تأمین می‌شود و تأثیرات قابل توجهی در عملکرد کل شبکه زنجیره تأمین می‌گذارد. تا کنون مدل‌های زیادی برای طراحی شبکه‌های لجستیک معکوس و حلقه بسته ارائه شده‌اند که هر کدام از آن‌ها به دنبال نزدیک‌تر کردن مدل خود به دنیای واقعی بوده‌اند. همین موضوع ما را بر آن داشت تا به دنبال طراحی مدلی باشیم که تا حد ممکن جنبه‌های کاربردی داشته باشد و در عین حال از یک جامعیت نسبی جهت به‌کارگیری در صنایع مختلف برخوردار باشد.

## ۳-۱- اهداف عمده تحقیق

همان طور که پیش‌تر ذکر گردید هدف اصلی این تحقیق ارائه یک مدل عمومی و یکپارچه مستقیم/معکوس برای کالاهای دارای کیفیت در جهت بازگشت است. به طور خلاصه اهداف این تحقیق عبارتند از:

- تأمین تمام و کمال تقاضای مشتریان اولیه
- فروش محصولات بازگشتی در بازار دست دوم
- تعیین برنامه تولید کارخانه‌ها
- تعیین مقدار جریان کالا مابین کارخانه‌ها، مراکز توزیع، مشتریان، مراکز بازرسی و جمع‌آوری و مشتریان بازار دست دوم
- تأمین و تخصیص تقاضای مشتریان بازار دست دوم تا حد ممکن
- دسته‌بندی کیفی مواد بازگشتی و تعیین کالاهای بازگشتی که ارزش سرمایه‌گذاری مجدد را دارند.
- اتخاذ تصمیمات استراتژیک و تاکتیکی در قالب یک مدل واحد

#### ۴-۱- روش انجام تحقیق

- آشنایی با نحوه‌ی یکپارچه‌سازی لجستیک مستقیم و معکوس در زنجیره تأمین
- تصمیم‌گیری در مورد متغیرهای مساله با مرور ادبیات موضوع
- آشنایی با سیستم‌های بهبود<sup>۱</sup> در زنجیره تأمین و نحوه‌ی مدل‌سازی آن‌ها
- پیدا کردن راهکاری مناسب برای حل مدل و ارائه یک مثال برای مدل مطرح‌شده

#### ۵-۱- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

پس از ارائه شبکه لجستیکی و همچنین استفاده از نرم‌افزارها جهت کد نویسی مدل پیشنهادی از مثال عددی به همراه تحلیل حساسیت برای بررسی کارایی و مناسب بودن مدل پیشنهادی استفاده می‌شود. بدین منظور از تکنیک‌های برنامه‌نویسی با نرم‌افزارهای تحقیق در عملیات برای حل مدل و بررسی نتایج استفاده می‌کنیم.

#### ۶-۱- کاربران موضوع تحقیق

با توجه به زمینه‌های مطالعاتی فراوان پیرامون مدل ارائه‌شده می‌توان اساتید محترم و دانشجویان را مهم‌ترین کاربران این پایان‌نامه برشمرد. همچنین دستگاه‌های اجرایی، صنعتگران و مدیران واحدهای

---

<sup>۱</sup> Recovery systems

تولیدی و صنعتی و همچنین صنایع خدماتی نیز می‌توانند از مفاهیم مطرح‌شده در این پایان‌نامه استفاده نمایند.

## **۷-۱- آرایش کلی گزارش**

در فصل دوم به مرور ادبیات موضوع و بیان مفاهیم مرتبط پیرامون موضوع تحقیق می‌پردازیم. تشریح مدل پیشنهادی در فصل سوم خواهد آمد. در فصل چهارم به نتایج محاسباتی، جهت مقایسه و ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی می‌پردازیم و در نهایت در فصل پایانی به نتیجه‌گیری و بیان زمینه‌های آتی تحقیقات خواهیم پرداخت.

## فصل ۲- مروری بر پیشینه تحقیق

### ۲-۱- مقدمه

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

تغییرات در عرصه اقتصاد و صنعت با سرعت بیشتری نسبت به گذشته در حال وقوع است. کشورها به دلیل روند جهانی شدن، افزایش رقابت را بیشتر احساس می‌کنند. مشتریان به دنبال کالاها و خدماتی که پاسخگوی نیازهای آن‌ها باشد، هستند و از سوی دیگر شرکت‌ها به دنبال حفظ سود و خلق مزیت‌های رقابتی باهدف دوام بیشتر در بازار می‌باشند. همه عوامل فوق به توجه بیشتر به زنجیره تأمین و لجستیک یکپارچه منجر شده است. یکی از مزیت‌های رقابتی پایدار برای کشورها و شرکت‌ها، کارا تر و اثربخش‌تر کردن فعالیت‌های زنجیره تأمین است. یکی از بخش‌های عمده این فعالیت‌ها که می‌تواند موجب صرفه-جویی بسیار در هزینه‌ها شود، فعالیت‌های لجستیکی می‌باشد. مدیریت کارای فعالیت‌های لجستیکی علاوه بر اینکه یک منبع مهم برای خلق مزیت‌های رقابتی است، می‌تواند موجبات رضایت مشتریان و پاسخگویی به نیازهای خاص آن‌ها را فراهم آورد. توزیع محصولات و خدمات از نقطه اصلی به نقطه مصرف یکی از بخش‌های مهم تولید ناخالص ملی است که نشان می‌دهد یک کشور چه مقدار ثروت تولید می‌کند.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که کشورهای جهان اول توانسته‌اند در پنجاه سال اخیر در هزینه‌های حمل‌ونقل و موجودی، به عنوان دو بخش اصلی و عمده فعالیت‌های لجستیک، به کاهش‌های قابل توجهی دست یابند. در پژوهش‌های انجام‌شده، یکی از عوامل کلیدی موثر بر میزان متعالی بودن سیستم لجستیکی کشورها، موجود بودن زیرساخت‌های مناسب شامل شبکه‌های راهی و لجستیکی برای حالت‌های مختلف حمل‌ونقل تعیین شد. تعالی سیستم لجستیکی در رضایت مشتری و کاهش هزینه‌ها تأثیر بسزایی دارد، زیرا نتایج تحقیقات گذشته نمایانگر آن است که سهم هزینه‌های لجستیک از کل هزینه‌ها در شرکت‌ها به بیست تا سی درصد هم می‌رسد. امروزه سهم زیادی از قیمت محصولات و خدمات را فعالیت‌های لجستیکی به خود اختصاص می‌دهد، لذا هر نوع بهینه‌سازی در این فعالیت‌ها می‌تواند خالق مزیت رقابتی برای شرکت‌ها باشد و به دوام بیشتر آن‌ها در بازار منجر شود. [۱]

عوامل محرک شرکت‌ها برای رو آوردن به برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل لجستیک معکوس را می‌توان در سه دسته اصلی الزامات قانونی، حساسیت‌های محیط‌زیستی و سودآوری اقتصادی احصاء کرد. در قوانینی که به تازگی در کشورها به ویژه در اتحادیه اروپا به تصویب رسیده است، شرکت‌ها مسئول جمع-

آوری محصولات اسقاطی و برگشتی خود شناخته می‌شوند، زیرا در صورت عدم جمع‌آوری، احیا و بازیافت یا انهدام ایمن این محصولات، محیط‌زیست از آن‌ها متضرر خواهد گشت [۲]

همگام با بالا رفتن آگاهی‌ها نسبت به محصولات دوستدار محیط‌زیست، نیاز به اجرای موثر لجستیک معکوس و هدایت و اداره ضایعات و مواد خطرناک روزبه‌روز افزایش یافته است تا بدین ترتیب فاکتورهای تجاری و زیست‌محیطی باهم مرتبط گشته و در تصمیم‌گیری خرید مصرف‌کنندگان موثر واقع شوند. تعریف لجستیک معکوس از منظر احترام به محیط‌زیست، بر بازگرداندن مواد و محصولات قابل احیا/بازیافت و قابلیت استفاده مجدد در زنجیره تأمین روبه جلو دلالت دارد، لذا لجستیک معکوس به منظور تکمیل چرخه زیست‌محیطی صنعتی، نظارت بر محصول، بالا بردن عمر مواد و محصولات و بستن چرخه عمر آن‌ها ضروری است و از فعالیت‌هایی همچون بازیافت، تولید مجدد، احیا و بازسازی که می‌توانند در سطوح مختلف به کار روند، حمایت می‌نمایند. به طور معمول، هدف اصلی لجستیک معکوس، طولانی‌تر نمودن چرخه عمر مواد و محصولاتی است که دارای مزایای زیست‌محیطی می‌باشند. می‌توان اذعان داشت که این تلاش‌ها، تنها دارای مزایای زیست‌محیطی نیستند، بلکه فرصت‌های اقتصادی و مالی مناسبی را نیز بر پایه اصل برنده-برنده ایجاد می‌نمایند.

از دیدگاه اقتصادی، شرکت‌ها می‌توانند از سود حاصل از احیا و بازیافت محصولات به طور مستقیم استفاده نمایند. در برخی از محصولات ایجاد خدمات تعمیر پس از فروش می‌تواند رضایت بیشتر مشتریان را فراهم آورد که بدین ترتیب به طور غیرمستقیم سود بیشتری برای شرکت کسب می‌گردد. در تجارت الکترونیک، لجستیک معکوس یک موضوع حیاتی است، زیرا خریداران از امکان بازگرداندن کالاهای درخواستی و جایگزینی آن با پول پرداختی یا کالای جایگزین اطمینان حاصل می‌کنند. بر اساس آمار ارائه‌شده از سوی انجمن لجستیک معکوس، شرکت‌های آمریکایی سالیانه بیش از ۳۵ میلیارد دلار صرف جابه‌جایی، حمل‌ونقل و پردازش کالاهای الکترونیک می‌کنند که این مقدار رو به افزایش است. همچنین این انجمن اعلام کرده، هزینه‌های لجستیک معکوس در ایالت متحده در سال ۲۰۰۴، برابر با ۰/۵ درصد تولید ناخالص ملی این کشور معادل ۵۸/۳۴ میلیارد دلار بوده است.

متأسفانه در ایران، توجه چندانی بر ارزش پنهان لجستیک معکوس نمی‌شود و بسیاری از مواد و محصولات با ارزش دفع می‌گردند. به عنوان مثال تلفن همراه که یکی از پرمصرف‌ترین کالاها در ایران می‌باشد، درصد طلای قابل برداشت از آن، بیشتر از درصد طلای سنگ معدن می‌باشد. با وجود چنین ارزش قابل توجهی در گوشی‌های اسقاطی، هم‌اکنون در ایران هیچ‌گونه برنامه‌ای در این خصوص طراحی نشده است.

در این فصل به مرور ادبیات در حوزه زنجیره تأمین حلقه بسته پرداخته می‌شود اما از آنجایی که محققان این حوزه مرز خاصی برای لجستیک معکوس و شبکه‌های حلقه بسته در نظر نمی‌گیرند ما نیز به بررسی ادبیات زنجیره تأمین حلقه بسته در کنار لجستیک معکوس خواهیم پرداخت.



## ۲-۲- زنجیره تأمین

زنجیره تأمین نتیجه کلی تکامل مدیریت انبارداری است. در دهه ۶۰ کارشناسان با مطالعه در زمینه رابطه داخلی بین انبارداری و حمل و نقل و نیز یکپارچه سازی آن‌ها، قادر به کاهش موجودی خود شدند. حاصل این مطالعات، مدیریت توزیع نام گرفت. بعدها با اضافه شدن مباحث مدیریت ساخت، تدارکات و سفارشات به مدیریت توزیع، مفهوم لجستیک پدید آمد. زنجیره تأمین نتیجه به هم پیوستن حلقه‌های عملیاتی مختلف است که در ابتدای آن عرضه‌کنندگان و در انتهای آن مشتریان قرار دارند [۳]

در دو دهه ۶۰ و ۷۰، رفتار بازار دارای ثبات نسبی گشت؛ و تغییرات تقاضای مشتریان قابل پیش‌بینی به صورت خطی شده بود. لذا پیش‌بینی آینده ممکن بود و بازار دارای حالت غیراشباع بود و همه می‌توانستند در بازار حضور داشته باشند. رقابت میان سازمان‌ها بسیار کم یا متوسط بود. تفکر غالب در آن زمان تولید منسجم و هماهنگ، همراه با طراحی قوی در محصولات بوده‌است؛ و سازمان‌ها همواره در کسب و کار خود، افزایش تولید را به عنوان یک عامل رقابتی مهم مد نظر قرار می‌دادند [۴].

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

از مهم‌ترین ویژگی‌های این دهه از منظر رفتار بازار می‌توان به مواردی همچون ثبات و تکرارپذیری کم و تغییرات غیرقابل پیش‌بینی و غیرخطی در تقاضای مشتریان و غیرممکن بودن پیش‌بینی آینده اشاره کرد. از منظر شیوه رقابت نیز می‌توان به مواردی همچون اشباع بودن بازار و رقابت سنگین و بدون حیطه بندی اشاره کرد.

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

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

- بهبود در فرآیند تولید و کاهش هزینه‌ها.
- ایجاد احساس مسئولیت در تأمین‌کنندگان و توزیع‌کنندگان به عنوان شریانات اصلی سازمان در جهت جلب رضایت هرچه بیشتر مشتریان.
- ایجاد یک محیط پویا و پر تغییر و بالطبع آن رقابتی شدن بازار.
- هماهنگ شدن با تأمین‌کنندگان جهت پاسخگویی سریع به خواسته‌های مشتریان [۴].

به طور کلی زنجیره تأمین، زنجیره‌ای است که همه فعالیت‌های مرتبط با جریان کالا و تبدیل مواد اولیه به محصول، از مرحله تهیه مواد اولیه تا مرحله تحویل کالای نهایی به مصرف‌کننده نهایی را شامل می‌شود.

زنجیره همه فعالیت‌های مرتبط با جریان تبدیل کالاها از مرحله ماده خام (استخراج) به حالت نهایی (برای مصرف) و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها را شامل می‌شود. مواد و اطلاعات هر دو در بالا و پایین زنجیره تأمین جریان دارند [۴].

یک زنجیره تأمین، به جریان مواد، اطلاعات، وجوه و خدمات از کارگاه‌ها و انبارهای تأمین‌کنندگان مواد خام تا مشتریان پایانی اشاره دارد و شامل سازمان‌ها و فرآیندهایی می‌شود که کالاها، اطلاعات و خدمات را ایجاد و به مصرف‌کنندگان تحویل می‌دهند. این زنجیره شامل بسیاری وظایف نظیر خرید، جریان وجوه، باربری مواد، برنامه‌ریزی و کنترل تولید، کنترل موجودی، لجستیک، تولید و تحویل می‌شود.

یک زنجیره تأمین به طور مستقیم یا غیرمستقیم شامل تمام مراحل مورد نیاز جهت برآورده کردن درخواست‌های مشتری است. یک زنجیره تأمین یک شبکه از سازمان‌هاست که دارای فرآیندها و فعالیت‌های متفاوتی هستند؛ که ایجاد ارزش در غالب یک محصول یا سر ویس برای مشتری نهایی می‌نمایند؛ به عبارت دیگر زنجیره تأمین شامل کلیه فرآیندهای لازم به منظور تولید، توزیع و رساندن محصول یا خدمت به دست مشتری نهایی است. زنجیره تأمین پویاست و شامل جریان دائمی اطلاعات، محصول و سرمایه بین مراحل مختلف است. در هر مرحله از زنجیره تأمین فرآیندهای مختلفی انجام می‌گیرد؛ و این مراحل بر یکدیگر تأثیر متقابل دارند.

جامع‌ترین مساله استراتژیک در مدیریت زنجیره تأمین، طراحی یا پیکربندی شبکه لجستیک است. مساله مکان‌یابی تسهیلات<sup>۱</sup> به عنوان حوزه تحقیقاتی مناسبی در حوزه تحقیق در عملیات قرار گرفته است؛ طوری که مقالات و کتب زیادی شاهدهی بر این مدعاست. بر اساس تحقیقات شیروانی طراحی استراتژیک شبکه زنجیره تأمین می‌تواند تعیین موارد زیر را مشخص سازد:

- تعداد، مکان، ظرفیت و نوع کارخانه‌ها، انبارها، مراکز توزیع و دیگر تسهیلات مورد نیاز در شبکه لجستیک
- انتخاب مجموعه تأمین‌کنندگان
- میزان مواد اولیه خریداری‌شده از تأمین‌کنندگان برای تولید محصولات
- میزان محصولات تولیدی منتقل‌شده بین کارخانه‌ها، مراکز توزیع، تسهیلات برگشتی و مشتریان

---

<sup>۱</sup> Facility location

- میزان محصولات نگهداری شده در انبارهای تسهیلات زنجیره برای پاسخگویی مشتریان در دوره‌های زمانی آتی

تصمیمات مرتبط با جایابی تسهیلات یک عنصر حیاتی در برنامه‌ریزی استراتژیک برای دامنه گسترده‌ای از شرکت‌های خصوصی و دولتی هست. هزینه‌های بسیار بالای کسب دارایی و ساخت تسهیلات، پروژه‌های مکان‌یابی و یا مکان‌یابی مجدد تسهیلات را به سرمایه‌گذاری بلندمدت مبدل نموده‌است. هزینه‌های بالای این فرآیند تقریباً تمامی پروژه‌های مکان‌یابی را به یک سرمایه‌گذاری بلندمدت مبدل نموده‌است؛ بنابراین انتظار می‌رود تسهیلاتی که امروز مستقر می‌شوند برای یک دوره زمانی گسترده فعالیت نمایند. تغییرات پارامترها در طول دوره عمر یک تسهیل می‌تواند به گونه‌ای مؤثر گرایش به سمت یک محل خاص را تغییر دهد و مکان بهینه امروزی را به اشتباه فاحش فردا مبدل سازد. از این رو ویژگی استراتژیک مسائل مکان‌یابی تسهیلات الزام می‌نماید که هر مدل منطقی عدم قطعیت آینده را نیز لحاظ نماید. از آنجایی که سرمایه مورد نیاز استقرار مجدد تسهیلات معمولاً بالا است، انتظار می‌رود تسهیلات برای یک دوره گسترده فعالیت نمایند؛ بنابراین تعیین بهترین مکان‌ها برای تسهیلات جدید یک چالش مهم استراتژیک است. این در حالی است که در مسائل واقعی و کاربردی طراحی شبکه زنجیره عرضه، اغلب اهداف متضادی همچون حداقل سازی هزینه کل زنجیره، حداکثر سازی ارزش کل خرید مواد و قطعات، حداقل سازی اقلام معیوب و کمینه کردن تأخیر در تحویل محصولات و... می‌توانند مد نظر قرار گیرند.

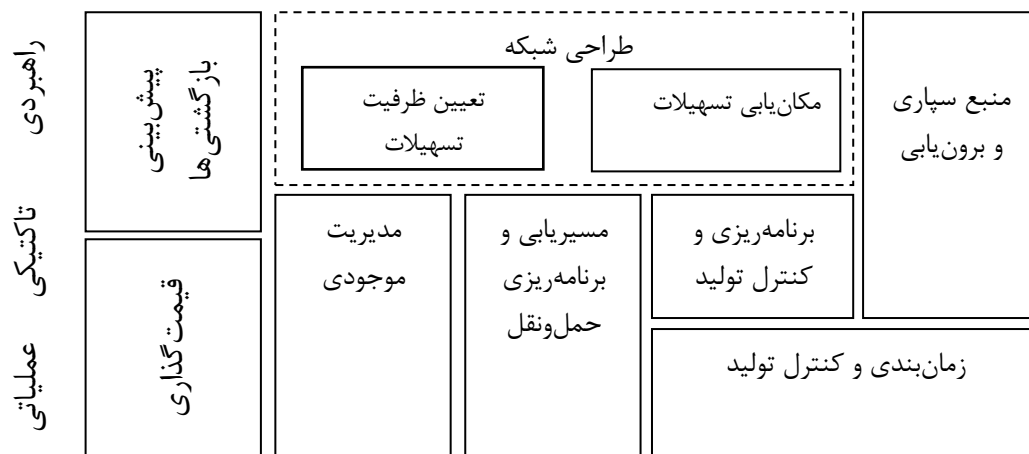
## ۲-۳- زنجیره تأمین حلقه بسته

امروزه به دلیل پیاده‌سازی قوانین دولتی و افزایش آگاهی مشتریان نسبت به مسائل زیست‌محیطی، صرفه‌جویی در مصرف مواد اولیه و افزایش بهره‌وری و جلب بیش از پیش اعتماد مشتری، صنایع مختلف نسبت به بازگشت محصولات خود مسئول می‌باشند. از این رو مدیریت زنجیره تأمین حلقه بسته که دربردارنده ساختار اصلی لجستیک معکوس است مورد توجه زیاد محققان و تولیدکنندگان قرار گرفته است. محققان مفاهیم مدیریت زنجیره تأمین را در قالب شبکه‌های زنجیره تأمین حلقه بسته و لجستیک معکوس پیاده می‌نمایند و در آن جریان‌های رفت و بازگشت محصولات را مورد لحاظ قرار داده که مستلزم توجه همزمان به شبکه‌های لجستیک معکوس و روبه جلو است. با روشن شدن اهمیت شبکه‌های مزبور، بیشتر شرکت‌های تولیدی جریان‌های معکوس را در شبکه زنجیره تأمین خود در کنار جریان‌های روبه جلو وارد می‌نمایند تا سود بیشتری عاید آن‌ها گردد و روابط میان مشتریان و خود را ارتقاء بخشند.

## ۲-۳-۱- مدیریت و تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین حلقه بسته

با توجه به پیچیدگی‌های موجود در لجستیک معکوس می‌توان این نتیجه را گرفت که مدیریت و تصمیم‌گیری در حوزه زنجیره تأمین حلقه بسته از پیچیدگی بیشتری برخوردار است. می‌توان تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین حلقه بسته با محوریت لجستیک معکوس را در سه سطح راهبردی، تاکتیکی و عملیاتی طبقه‌بندی نمود [۵]. سطح راهبردی شامل تصمیمات بلندمدتی است که به سختی

قابل تغییر هستند. در تصمیمات راهبردی به طراحی شبکه لجستیک شامل تعیین محل انبارها، جایگاه‌های توزیع مجدد و به طور همزمان مقدار ظرفیت مناسب آینده پرداخته می‌شود. این امر مستلزم پیش‌بینی کالاهای بازگشتی است. در سطح تاکتیکی، هماهنگی‌های داخلی و یکپارچگی بازگشت محصول به خصوص در مورد حمل اقلام، نقل و انتقالات و انبارش بازگشتی‌ها، مورد توجه قرار می‌گیرد. تصمیم‌گیری در مورد تجهیزات مورد نیاز محصولات بازگشتی، همانند پیش‌بینی فناوری‌های لازم، ارتباطات سریع در زنجیره، نیاز به برون سپاری (بخشی از) فعالیت‌های بازگشت و هماهنگی در مورد راه‌اندازی مکانیزم آن نیز جزء این دسته می‌باشند.



شکل ۱-۲: سطوح تصمیم‌گیری در لجستیک معکوس [۶]

همچنین تصمیم‌گیری‌های معمول در مورد برنامه‌ریزی تولید و مدیریت موجودی در مورد بازگشت محصول و بازیافت آن و به خصوص تعیین ارزش محصولات قابل احیا و دوباره احیاء شده نیز در این سطح تعیین شده و طریقه بازاریابی و قیمت‌گذاری برای این محصولات نیز لحاظ می‌شود. در سطح عملیاتی، زمان‌بندی و کنترل تولید و موجودی مرتبط با تصمیمات اتخاذ شده در مورد عملیات دمونتازژ و مونتاژ مجدد مورد بررسی قرار می‌گیرد. جزئیات بیشتر نحوه اداره عملیات و اطلاعات کنترلی مشترک نیز در این سطح مورد بازبینی قرار خواهد گرفت. شکل (۱-۲) یک تقسیم‌بندی دقیق از تصمیمات مدیریت لجستیک معکوس با توجه به سطوح تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد.

### ۲-۳-۲- مفهوم و جایگاه شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته

در کل، طراحی شبکه زنجیره تأمین (هم مستقیم و هم معکوس) شامل تعیین تعداد، مکان و ظرفیت تسهیلات، موجودی هر تسهیل و کمیت جریان بین آن‌ها است. آن طور که ادبیات موضوع زنجیره تأمین با حلقه بسته نشان می‌دهد، در این حوزه مدل‌های برنامه‌ریزی (MIP<sup>۱</sup>) مدل‌های متداولی هستند که از مدل‌های ساده تک محصولی با ظرفیت نامحدود شروع شده و به مدل‌های پیچیده چند محصولی با ظرفیت محدود یا چند هدف ختم می‌شوند [۷]. از آنجایی که اکثر این مدل‌های MIP، NP-

<sup>۱</sup> Mixed Integer Programming