



دانشگاه صنعتی ارومیه  
دانشکده مهندسی صنایع  
گروه صنایع

عنوان:

مدیریت اختلالات در طراحی شبکه زنجیره تأمین

پژوهشگر:

عاطفه بقالیان کشتان

اساتید راهنما:

دکتر شبنم رضاپور

دکتر مقصود سلیمانپور

استاد مشاور:

دکتر رضا زنجیرانی فراهانی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

شهریور ماه ۱۳۹۰

## چکیده

امروزه با توسعه تکنولوژی و ظهور فناوری‌های جدید، سازمان‌ها بیش از پیش به اهمیت مدیریت زنجیره تأمین پی بردند. همچنین با تغییرات سریع تقاضای مشتریان به علت افزایش تنوع در محصولات و نیز آسیب‌پذیر شدن زنجیره‌ها به علت افزایش منابع ریسک توجه به مدیریت اختلالات بیشتر شده است. در همین راستا در این پایان نامه، مدیریت اختلالات در مرحله طراحی شبکه زنجیره تأمین که اولین و مهم‌ترین تصمیم مدیریتی است، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در این پایان نامه یک مدل ریاضی احتمالی برای طراحی شبکه یک زنجیره تأمین شامل تسهیلات تولید ظرفیت دار، مراکز توزیع و خرده فروشان در شرایط عدم قطعیت فرمول‌بندی شده است. این مدل عدم قطعیت تقاضا، تأمین و ارتباطات شبکه را به طور هم‌زمان در نظر گرفته است که این مدل را واقعی‌تر می‌کند. در این مدل، ما مکان مراکز توزیع و خرده فروشان از یک مجموعه گسسته از مکان‌های بالقوه انتخاب می‌کنیم و اثر تصمیمات استراتژیک مکان‌یابی تسهیلات را بر تصمیمات عملیاتی نگهداری موجودی و حمل‌ونقل در زنجیره بررسی می‌کنیم. در تابع هدف که بدنبال حداکثر کردن سود زنجیره است، علاوه بر هزینه‌های استراتژیک، هزینه‌های عملیاتی، هزینه‌ی کمبود برای تقاضای برآورده نشده و مازاد برای محصولات اضافی در پایان دوره فروش در نظر گرفته شده است. در نظر گرفتن این هزینه‌ها تضمین می‌کند که سطح سرویس مشخصی به مشتریان ارائه گردد. برای حداقل کردن انحراف از میانگین هزینه‌های عملیاتی که مربوط به آینده است، ما مدل را استوار می‌کنیم.

مدل حاصل یک مسأله غیر خطی مختلط عدد صحیح است. برای حل این مدل و رسیدن به جواب بهینه، ما آن را به روش مبتکرانه‌ای با استفاده از تقریب رگرسیون خطی به مدل خطی تبدیل می‌کنیم. در پایان نتایج را با مثال عددی توضیح می‌دهیم و تغییر پارامترهای مختلف را بر مدل بررسی می‌کنیم.

کلید واژگان: مدیریت زنجیره تأمین، طراحی شبکه، برنامه‌ریزی احتمالی، اختلال، بهینه سازی استوار.

صفحه	عنوان
۱	فصل اول مقدمه .....
۲	۱-۱- زنجیره تأمین و مدیریت آن .....
۲	۲-۱- طراحی شبکه زنجیره تأمین .....
۴	۳-۱- انواع تصمیمات در طراحی شبکه زنجیره تأمین .....
۶	۴-۱- عدم قطعیت و اهمیت آن .....
۹	۵-۱- انواع ریسک .....
۱۰	۶-۱- راهکارهای مقابله با ریسک اختلال زنجیره تأمین .....
۱۱	۱-۶-۱- مقابله با اختلال از طریق استراتژی‌های پایداری .....
۱۲	۲-۶-۱- مقابله با اختلال از طریق افزایش خاصیت ارتجاعی زنجیره .....
۱۳	۳-۶-۱- مقابله با اختلال از طریق افزایش امنیت .....
۱۳	۴-۶-۱- مقابله با اختلال از طریق افزایش چابکی .....
۱۴	۷-۱- روش‌های به کار رفته برای مدل‌سازی ریسک .....
۱۴	۸-۱- جمع بندی .....
۱۵	فصل دوم مرور ادبیات .....
۱۶	۱-۲- مرور ادبیات طراحی شبکه .....
۲۲	۲-۲- طبقه بندی ریسک .....
۲۲	۳-۲- انواع عدم قطعیت .....
۲۴	۴-۲- مفهوم استواری و انواع آن .....

۲۹	..... ۲-۵- جمع بندی
۳۲	..... فصل سوم تعریف مسأله و مدل سازی ریاضی
۳۳	..... ۳-۱- تعریف مسأله
۳۴	..... ۳-۲- مدل سازی ریاضی
۳۴	..... ۳-۲-۱- مجموعه ها و اندیس ها
۳۵	..... ۳-۲-۲- پارامترها
۳۶	..... ۳-۲-۳- متغیرهای تصمیم گیری
۳۶	..... ۳-۲-۴- مدل ریاضی
۳۸	..... ۳-۲-۵- مدل ریاضی استوار
۴۱	..... فصل چهارم روش حل پیشنهادی
۴۵	..... فصل پنجم نتایج محاسباتی
۴۶	..... ۵-۱- مسأله نمونه
۵۰	..... ۵-۲- آنالیز حساسیت
۵۰	..... ۵-۲-۱- تأثیر تغییر احتمالات سناریوها بر مدل
۵۵	..... ۵-۲-۲- تأثیر ضریب استواری بر مدل
۷۱	..... فصل ششم نتیجه گیری و پیشنهاد
۷۴	..... منابع
۸۱	..... Abstract

۴	شکل (۱-۱) تصمیمات استراتژیک زنجیره تأمین.
۴۲	شکل (۱-۴) تقریب انتگرال توزیع تجمعی یکنواخت.
۴۲	شکل (۲-۴) تقریب انتگرال توزیع تجمعی نرمال استاندارد.
۴۷	شکل (۱-۵) ساختار شبکه بالقوه زنجیره تأمین جدید.
۴۹	شکل (۲-۵) ساختار شبکه بهینه زنجیره تأمین جدید.
۵۱	شکل (۳-۵) ساختار بهینه شبکه زنجیره تأمین برای حالت ۲، ۳ و ۴.
۵۱	شکل (۴-۵) ساختار بهینه شبکه زنجیره تأمین برای حالت ۵ و ۶.
۵۲	شکل (۵-۵) ساختار بهینه شبکه زنجیره تأمین برای حالت ۷ و ۸.
۵۲	شکل (۶-۵) تغییرات هزینه، درآمد و سود با توجه به احتمال سناریوی سوم.
۵۴	شکل (۷-۵) ساختار شبکه بهینه برای حالت ۱، ۲، ۳، ۴، ۵.
۵۴	شکل (۸-۵) ساختار شبکه بهینه برای حالت ۶ و ۷.
۵۴	شکل (۹-۵) تغییرات هزینه، درآمد و سود با توجه به احتمال سناریوی دوم.
۵۷	شکل (۱۰-۵) ساختار شبکه بهینه برای $\lambda=0.4, 0.6, 0.8, 1$ .
۵۷	شکل (۱۱-۵) ساختار شبکه بهینه برای حالت $\lambda=1.5, 2$ .
۵۷	شکل (۱۲-۵) ساختار شبکه بهینه برای $\lambda=2.5$ .
۵۷	شکل (۱۳-۵) ساختار شبکه بهینه برای $\lambda \geq 3$ .
۷۰	شکل (۱۴-۵) تابع سود مسائل بررسی شده با توجه به $\lambda$ .

۱۸	جدول (۱-۲) مروری بر ادبیات طراحی شبکه زنجیره تأمین.
۴۹	جدول (۱-۵) نتایج محاسباتی حل مدل مسأله نمونه.
۵۰	جدول (۲-۵) نتایج محاسباتی آنالیز حساسیت احتمال سناریو سوم.
۵۳	جدول (۳-۵) نتایج محاسباتی آنالیز حساسیت در احتمال سناریوی دوم.
۵۵	جدول (۴-۵) نتایج محاسباتی آنالیز حساسیت در وزن استواری.
۵۸	جدول (۵-۵) نتایج محاسباتی آنالیز حساسیت در وزن استواری در مسأله اول.
۶۰	جدول (۶-۵) نتایج محاسباتی آنالیز حساسیت در وزن استواری در مسأله دوم.
۶۲	جدول (۷-۵) نتایج محاسباتی آنالیز حساسیت در وزن استواری در مسأله سوم.
۶۴	جدول (۸-۵) نتایج محاسباتی آنالیز حساسیت در وزن استواری در مسأله چهارم.
۶۵	جدول (۹-۵) نتایج محاسباتی آنالیز حساسیت در وزن استواری در مسأله پنجم.
۶۷	جدول (۱۰-۵) نتایج محاسباتی آنالیز حساسیت در وزن استواری در مسأله ششم.
۶۹	جدول (۱۱-۵) سود مسائل بررسی شده با توجه به $\lambda$ .

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱- زنجیره تأمین و مدیریت آن

زنجیره تأمین سیستمی متشکل از تسهیلات و فعالیت‌هاست که توأمأً به منظور تدارک، تولید و توزیع کالا به مشتریان کار می‌کند. مدیریت زنجیره تأمین مجموعه‌ای از روش‌هایی است که برای ادغام کارای تأمین‌کنندگان، سازندگان، انبارها و خرده‌فروشان بکار می‌رود تا کالاهای مربوطه در حجم مناسب، در مکان مناسب و در زمان مناسب با کم‌ترین هزینه ممکن (بیشترین درآمد ممکن) با سطح سرویس مناسب در اختیار مشتریان قرار گیرد [۶۹]. مفهوم مدیریت زنجیره تأمین که در اوایل سال ۱۹۹۰ به وجود آمد، اخیراً توجه زیادی به خود جلب کرده است، چون با مدیریت یکپارچه‌ی زنجیره تأمین می‌توان وقوع رویدادهای نامطلوب و غیر قابل پیش‌بینی را در سراسر شبکه کاهش داد و در نتیجه بر سوددهی تمام اعضای زنجیره تأثیر گذاشت [۱].

طی چند سال اخیر ظهور فناوری 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 محصولات و خدمات، کیفیت، تحویل، تکنولوژی و زمان سیکل تعهد شده با توجه به رقابت فزاینده در بازارهای جهانی و... 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 [۹۳].

## ۱-۲- طراحی شبکه زنجیره تأمین

رقابت شدید در بازارهای امروزی، تغییرات سریع نوع تقاضای مشتریان، توسعه سریع تکنولوژی و جهانی شدن، سازمان‌ها را وادار می‌کند تا به جای فعالیت‌های انفرادی به عنوان عضوی از زنجیره تأمین فعالیت کنند. موفقیت یک زنجیره تأمین بستگی به یکپارچگی و هماهنگی همه‌ی موجودیت‌های آن زنجیره در قالب یک ساختار شبکه کارا و بهره‌ور دارد. موجودیت‌های مهم یک شبکه زنجیره تأمین عمدتاً شامل تأمین‌کنندگان خارجی، تسهیلات تولید محصولات، مراکز توزیع، مراکز فروش، مناطق تقاضا و تسهیلات حمل و نقل است. یک شبکه کارا نه تنها منجر به کاهش هزینه‌ها در طول زنجیره می‌شود بلکه به زنجیره کمک می‌کند تا بتواند به سرعت نسبت به تغییر نیازهای مشتریان عکس‌العمل نشان دهد. ساختار فیزیکی زنجیره به وضوح بر عملکرد آن تأثیرگذار است و می‌توان با طراحی ساختاری کارا برای زنجیره تأمین، حرکت مواد در طول زنجیره را بسیار تسهیل نمود [۶۹]. بر اساس ادعای [۷۲]، طراحی شبکه زنجیره تأمین

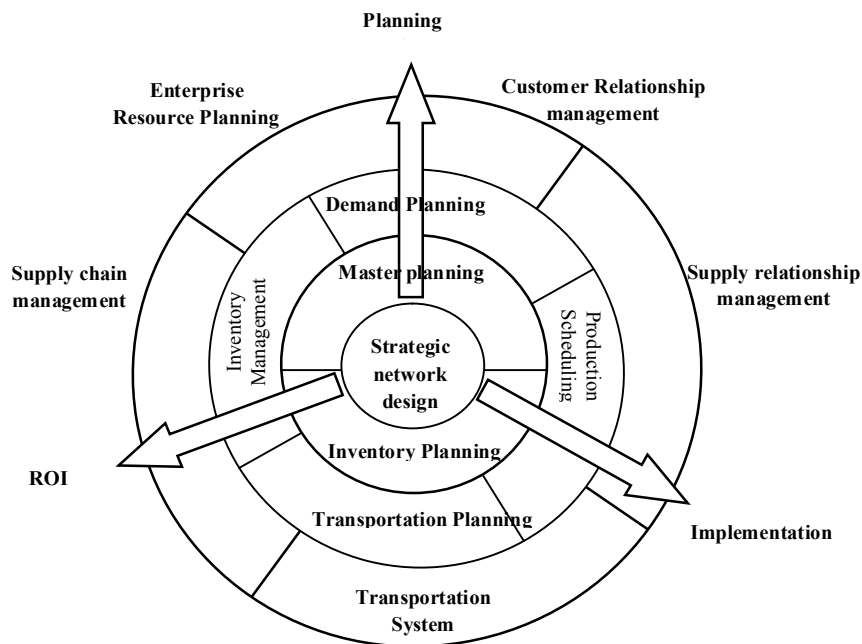


اولین تصمیم مدیریتی در زنجیره تأمین است که همه تصمیمات بعدی زنجیره تأمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بیشترین اثر را بر عملکرد کلی و نرخ بازگشت سرمایه در زنجیره دارد (شکل ۱-۱). این شکل تصمیمات سلسله مراتبی یک زنجیره را به تصویر کشیده است. همان‌طور که نشان داده شده است، با حرکت از لایه‌های داخلی به خارجی افق برنامه ریزی تصمیمات و اثر آن‌ها بر نرخ بازگشت سرمایه<sup>۱</sup> در زنجیره شروع به کاهش می‌کند. مسأله تعیین ساختار زنجیره تأمین به علت به کار بردن منابع سرمایه‌ای قابل توجه برای دوره‌ی زمانی طولانی، مسئله بسیار مهمی می‌باشد [۱]. [۳۸] طراحی شبکه زنجیره تأمین را به عنوان یک پیکربندی یکپارچه از زیر سیستم‌های تأمین، تولید و تقاضا تعریف می‌کند. طراحی شبکه زنجیره تأمین با تصمیمات استراتژیک زنجیره مثل تعداد، مکان و ظرفیت موجودیت‌های هر لایه از زنجیره مرتبط است. همچنین طراحی شبکه شامل تصمیمات مربوط به انتخاب تأمین کنندگان، پیمانکاران، لجستیک طرف سوم<sup>۲</sup> هم می‌شود. تصمیمات استراتژیک تصمیماتی هستند که باید در مرحله‌ی اولیه‌ی طراحی زنجیره گرفته شوند ولی بعد از پیاده سازی، برای یک افق زمانی طولانی به طور پیوسته مورد استفاده قرار خواهند گرفت. ساختار استراتژیک زنجیره تأمین یک فاکتور کلیدی است که سایر عملیات زنجیره در سطوح عملیاتی و تاکتیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اثر بلند مدتی بر عملکرد شرکت دارد [۶۰]. به علت اینکه ساختار شبکه کاملاً بر تصمیمات عملیاتی بعدی مدیریت جریان در زنجیره تأثیر دارد، لذا علاوه بر هزینه‌های استراتژیک مکان‌یابی و تعیین ظرفیت، هزینه‌های عملیاتی بعدی نظیر هزینه نگهداری موجودی و هزینه حمل و نقل باید در مرحله طراحی شبکه در نظر گرفته شوند. نادیده گرفتن هزینه‌های عملیاتی در این مرحله منجر به ساختار شبکه زیر بهینه برای زنجیره می‌شود.

---

<sup>۱</sup> Return of investment (ROI)

<sup>۲</sup> Third-party logistics providers (۳PL)



شکل ۱-۱: تصمیمات استراتژیک زنجیره تأمین [۷۱]

### ۳-۱- انواع تصمیمات در طراحی شبکه زنجیره تأمین

سوالات استراتژیک اصلی که در حین طراحی شبکه باید پاسخ داده شوند، به صورت زیر است:

- چه بازارهایی باید مورد نظر ما باشند؟
- در بازارهای مختلف تحویل کالا چه زمانی باید انجام شود؟
- چه تعداد مراکز تولید و توزیع باید کار کنند؟
- این مراکز در کجا باید مستقر شوند؟
- ظرفیت سیستم چقدر باشد؟
- چه شرکائی باید انتخاب شوند؟
- چه فعالیت‌هایی باید برون سپاری شوند؟
- قیمت محصول چه مقدار باشد؟
- چه تکنولوژی باید برای تولید، انبارش و حمل و نقل مورد استفاده قرار گیرد؟
- چه محصولاتی باید در محل تولید و یا انبارش شوند؟

• چه کارخانه/ مرکز توزیع/ منطقه تقاضا باید توسط هر تأمین کننده/ کارخانه/ مرکز توزیع باید تأمین شود؟

• چه وسایل حمل و نقلی باید مورد استفاده قرار گیرند؟

فعالیت‌های مورد نظر عمدتاً شامل تولید و توزیع است هرچند پردازش مجدد و بهبود هم می‌تواند در بر گرفته شود. این سوالات استراتژیک به ندرت همگی با هم در نظر گرفته می‌شوند ولی عمدتاً چند تا از آن‌ها در حین طراحی شبکه، ظهور محصولی جدید در بازارهای موجود و جدید، یک ادغام و... مدنظر گرفته می‌شود. فاکتورهای بسیاری در پیچیدگی مدل‌های طراحی شبکه زنجیره تأمین سهیم‌اند [۳۲]:

(۱) ساختار صنعت و نقاط جدایش: مثلاً مسائل مربوط به فرآیند های ساخت در صنایع مونتاژ برای سفارش<sup>۱</sup> و ساخت برای سفارش<sup>۲</sup> بسیار پیچیده‌تر از مسایل تک مرحله‌ای تولید یا توزیع در صنعت ساخت برای انبارش<sup>۳</sup> است.

(۲) پوشش بین‌المللی و جهانی بودن شبکه زنجیره تأمین: اگر زنجیره تأمین شامل چندین کشور باشد فاکتورهای دیگری نظیر نرخ تبدیل، قیمت‌های تبدیل تعرفه‌ها، قوانین مالیاتی و موانع مالیاتی و موانع تجاری در بحث طراحی باید در نظر گرفته شود.

(۳) اثرات بلند مدت تصمیمات طراحی شبکه: اگر تصمیم ما محدود به انتخاب یک انبار عمومی باشد، استفاده از یک مدل استاتیک یک ساله منطقی است. هر چند در حالی که توافقات زنجیره و تسهیلات تولیدی برای چندین دهه بکار برده می‌شوند، مدل‌های یک ساله استاتیک مطلوب به نظر نمی‌رسند؛ این مسأله خود منجر به چهارمین فاکتور پیچیدگی می‌شود.

(۴) عدم قطعیت: اکثر کارهای انجام شده در ادبیات نه تنها استاتیک اند بلکه قطعی‌اند. وقتی افق برنامه ریزی طولانی می‌شود مسأله نه تنها دینامیک بلکه غیر قطعی (تصادفی) می‌شود. بعلاوه توجه به متغیرهای تصادفی کسب و کار نظیر تقاضا، قیمت و نرخ مبادلات به تنهایی کافی نیست. بلکه باید به وقایع خارجی نظیر بحران‌های طبیعی و غیر طبیعی که می‌تواند تأثیری جدی بر توانایی عملیات شبکه تأمین داشته باشد، توجه شود.

---

<sup>۱</sup> Assemble-to-order

<sup>۲</sup> Make-to-order

<sup>۳</sup> Make-to-stock

بحث طراحی شبکه زنجیره تأمین فراتر از بحث برنامه‌ریزی جریان مواد در طول شبکه زنجیره است، چرا که علاوه بر تمام مباحث مربوط به برنامه‌ریزی جریان مواد در طول زنجیره، مباحث مکان‌یابی و تعیین ظرفیت تسهیلات را در یک یا چند لایه زنجیره در بر می‌گیرد و این مطلب به اهمیت بحث می‌افزاید.

#### ۱-۴- عدم قطعیت و اهمیت آن

عدم قطعیت یک بخش غیر قابل انکار در محیط تجارت امروزی است. از آنجایی که زنجیره‌های تأمین موجودیت‌های مهم بازارهای امروزی هستند و همچنین طبیعت نامتمرکز آن‌ها باعث می‌شود که با توجه به این عدم قطعیت‌ها آسیب پذیرتر شوند. بنابراین مدیریت ریسک زنجیره تأمین بخش مهمی از مدیریت زنجیره تأمین است که شامل طراحی استوار<sup>۱</sup> ساختار شبکه و مدیریت جریان محصول در این شبکه می‌شود به طوری که قادر به پیش بینی اختلالات و عملکرد مناسب در شرایط بروز آن‌ها باشد. مدیریت ریسک زنجیره تأمین هماهنگی و همکاری بین شرکای زنجیره، استمرار و سودآوری آن را تضمین می‌کند. امروزه، متخصصین زیادی بر این باورند که منابع ریسک زیادی در زنجیره تأمین وجود دارد، و این زنجیره‌ها به خوبی برای کنترل آن‌ها آماده نیستند. مثلاً در طول چند دهه اخیر، تلاش‌های زیادی برای ایجاد زنجیره‌های ارزان‌تر و ناب‌تر<sup>۲</sup> انجام شده است.

زنجیره‌های تأمین ناب و کارا بیشتر با اختلال مواجه می‌شوند. ارتباط معکوسی بین کارایی و ریسک در زنجیره وجود دارد. سازمان‌ها نمی‌توانند مدت زیادی فقط روی کاهش هزینه تمرکز کنند و سرمایه‌گذاران زنجیره تأمین باید توجه داشته باشند که چگونه این سرمایه‌ها و تغییرات، ریسک‌های اختلالات زنجیره تأمین را تحت تأثیر قرار می‌دهند. سرمایه‌گذاران باید برای افزایش قابلیت اطمینان و پاسخگویی زنجیره تأمین تدابیر مناسبی بیندیشند نه اینکه صرفاً به دنبال راهکارهایی برای کاهش هزینه باشند. ارتباط معکوس بین اختلال و عملکرد زنجیره تأمین بارها توسط مطالعات عملی و تئوری مورد اشاره قرار گرفته است ولی شواهد محکم برای این موضوع بسیار محدود هستند و نکته جالب اینکه مطالعات نشان داده است، تأثیر اختلال برای سازمان‌های کوچک بسیار بیشتر از سازمان‌های بزرگ است [۲۷].

مثال‌های زیادی از اختلال در جهان واقعی وجود دارد.

---

<sup>۱</sup> Robust

<sup>۲</sup> Leaner

- در سال ۱۹۹۸ یک اعتصاب در دو بخش شرکت جنرال موتور منجر به تعطیلی ۲۶ قسمت مونتاژ شد و این شرکت فرصت ساخت ۵۰۰۰۰۰ وسیله نقلیه را از دست داد و در طول سه ماه ۸۰۹ میلیون دلار خسارت به آن وارد شد [۷۳،۶].
  - در سال ۲۰۰۱ آتش هشت دقیقه‌ای در کارخانه ساخت نیمه هادی فیلیپس یک وقفه حیاتی در شرکت اریکسون به وجود آورد در حالی که شرکت نوکیا این اختلال را با برنامه ریزی مناسب و عکس‌العمل سریع پشت سر گذاشت [۳۵].
  - بر اساس [۶۱]، به علت اعتصاب نیروی کار در سال ۲۰۰۲، بیست و نه بندر در سواحل شرقی ایالت متحده از کار افتادند که منجر به بسته شدن کارخانه تولید New United Motor شد.
  - قطع برق در شمال شرق ایالت متحده در سال ۲۰۰۳ بر کسب و کار این ناحیه اثرات زیانباری وارد کرد [۷].
  - طوفان کاترینا و ریتا در سال ۲۰۰۵ در سواحل ایالت متحده سیستم پالایش نفت منطقه را از کار انداخت [۴۳] و موجودی زیادی از قهوه و الوار را از بین برد و باعث شد مسیریابی برای حمل کالاهای مورد نیاز دوباره انجام شود [۳].
  - بارش برف شدید در طول یک ماه در زمستان سال ۲۰۰۸ در چین باعث بی نظمی در حمل و نقل شد و تأمین غذا و انرژی را مختل کرد. موعد تحویل بیشتر کالاها منقضی شد و این برای محصولات با دوره عمر کوتاه به خصوص محصولات که فصل فروش آنها بود یک فاجعه محسوب می‌شد [۳۷].
  - در طول زلزله ویرانگر اخیر در ژاپن، شرکت خودرو تویوتا مجبور شد دوازده واحد مونتاژ خود را متوقف کند که منجر به از دست دادن تولید ۱۴۰۰۰۰ خودرو شد. علت اصلی این مشکل اختلال در سیستم تولیدی زنجیره‌ی این شرکت بود. علاوه بر اختلال تسهیلات تولید و کارخانه‌ها در ژاپن، شرکت‌های ژاپنی زیادی در تأمین مواد، سوخت و انرژی مورد نیاز خود مشکل داشتند. در این نوع از فاجعه‌ها، اختلالات تولید و تأمین مشکلات بزرگ شرکت‌ها هستند.
- در محیط تجاری امروزی، بلایای طبیعی و غیر طبیعی زنجیره‌های تأمین را آسیب پذیر کرده و احتمال وقوع این اختلالات امروزه بیشتر و پیامد آنها شدیدتر شده است. در زمان وقوع این اختلالات و بعد از

آن، زنجیره‌ها ممکن است خساراتی متحمل شده و هزینه‌هایی برای بهبود عملکرد خود پردازند [۸۳]. تاریخ و ادبیات سال‌های اخیر نشان داده است که بحران‌ها، منبع اصلی عدم کارایی شبکه زنجیره تأمین را شکل می‌دهد. کسب و کارها در گذشته بحران‌ها را نادیده می‌گرفتند اما در سال‌های اخیر توجه قابل ملاحظه‌ای به آن‌ها شده است [۳۲]. بسیاری از محققین بر چگونگی تأثیر ویژگی‌های خاص یک زنجیره تأمین بر افزایش یا کاهش آسیب‌پذیری آن اشاره کرده‌اند. محققین، برخی عوامل را در بالا بردن احتمال وقوع اختلال مؤثر می‌دانند: محیط رقابتی، افزایش پیچیدگی ساختار زنجیره، برون‌سپاری، وجود بافرهایی با ظرفیت محدود در ساختار شبکه زنجیره، تمرکز بیش از حد بر کارایی زنجیره، تجمع بیش از حد عملیات، برنامه‌ریزی و اجرای ضعیف، وابستگی به مشتری و تأمین‌کننده، تأمین‌کننده متمرکز یا تک‌منبعی بودن، متکی بودن بر منابع جهانی.

[۸۳] علت اینکه زنجیره‌های تأمین امروزی آسیب‌پذیرترند، این‌گونه بیان می‌کنند:

- تعداد و شدت بحران‌های طبیعی (خشکسالی، سیل، زمین‌لرزه و...) در دهه‌های اخیر افزایش یافته و تأثیر اقتصادی آن‌ها هم بیشتر شده است [۴۵].
- تعداد بحران‌های غیر طبیعی (اعتصاب، جنگ، تصادفات، تروریسم و...) افزایش فراوانی داشته است [۱۴]. مرکز تحقیقات بلایای واگیر<sup>۱</sup> در سال ۲۰۰۴ اظهار کرده است که در طول چند دهه گذشته بحران‌ها به صورت نمایی در سراسر جهان افزایش یافته است.
- اگرچه اقدامات مدیریت کارا در زنجیره تأمین، پتانسیل زیادی برای ایجاد عملیات ناب‌تر و مؤثرتر در یک محیط پایدار دارد، اما در عین حال آن‌ها را بیشتر در معرض اختلالات قرار می‌دهد.
- با افزایش رقابت، سازمان‌ها مجبورند ریسک‌های بیشتری بپذیرند تا هزینه‌های خود را کاهش و سودآوری سازمان را بهبود دهند. این ریسک‌ها می‌تواند بر توانایی زنجیره تأمین برای خدمت به مشتریان نهایی و پیشبرد اهداف بلند مدت سازمان اثر بگذارد.

اساساً، یک اختلال به عنوان رخدادی که جریان مواد در زنجیره تأمین را قطع می‌کند و منجر به توقف ناگهانی جریان محصولات می‌گردد تعریف شده است که می‌تواند به وسیله یک بلای طبیعی، اعتصاب کارکنان، وابستگی به یک تأمین‌کننده واحد، ورشکستگی یک تأمین‌کننده، تروریسم، جنگ و بی‌ثباتی

---

<sup>۱</sup> Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, ۲۰۰۴

سیاسی رخ دهد. البته مقالاتی نیز وجود دارد که اختلال زنجیره تأمین را با برخی ریسک‌های فصلی و عدم تقاضای فصلی مترادف در نظر گرفته‌اند.

در کل، اختلال زنجیره تأمین، موقعیتی ناخواسته و نامساعد است که منجر به ریسک زنجیره تأمین می‌شود. برای اعضای زنجیره تأمین، این رخداد در مقایسه با فعالیت‌های تجاری هر روزه آن‌ها، موقعیتی استثنایی و غیر عادی محسوب می‌شود که با توجه به میزان شدت آن، اشکال، اختلال یا بحران گفته می‌شود که به وسیله یک یا چندین رخداد مهم دارای ریسک شدت می‌یابد. بر این اساس اختلال‌های زنجیره تأمین، حوادثی برنامه‌ریزی و پیش‌بینی نشده هستند که جریان مواد یا محصولات را در زنجیره مختل می‌نمایند [۲۷،۳۱].

در مسیر شناسایی این موضوعات و تلاش برای ایجاد تمایز بین ریسک‌های زنجیره تأمین محققین بسیاری به طبقه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین پرداخته‌اند. برای مثال، [۱۲] ریسک‌ها را به نه دسته اختلالات، تأخیرها، سیستم‌ها، پیش‌بینی، مالکیت فکری، تدارک، اقلام دریافت کردنی، موجودی و ظرفیت تقسیم‌بندی نموده است تا بتوان استراتژی‌های کاهش خطر ریسک را توسعه داد و [۳۱] دو دسته ریسک را مشخص نموده‌اند: ریسک‌های ناشی از تأمین و تقاضا و ریسک‌های ناشی از اختلالات فعالیت‌های نرمال. ادبیات زنجیره تأمین بسیاری از این ریسک‌ها و چگونگی تحلیل و تأثیر آن‌ها بر پاسخگویی زنجیره تأمین را بیان نموده است.

## ۱-۵- انواع ریسک

ریسک‌های زنجیره را می‌توان به دو گروه دسته بندی کرد:

- ریسک‌های سیستماتیک: این نوع از ریسک مربوط به عوامل محیطی هستند که غیر قابل اجتناب می‌باشند. سازمان‌ها هیچ کنترلی روی این عوامل مثل عدم قطعیت در تقاضا، اختلال در تأمین، مقررات، قانون، و تغییرات امور اداری، وقوع وقایع فاجعه آمیز، اختلال زیر ساختی ندارند. از جمله مواردی که محققین به آن پرداخته‌اند عبارت است از تحقیقات روی موجودی و برنامه‌ریزی ظرفیت، دقت پیش‌بینی و عدم اطمینان تقاضا، به هم ریختگی اطلاعات، استراتژی‌های تأمین و خرید، تغییرات قیمت. همچنین این مطالعات روش‌هایی را برای کاهش آسیب‌های ریسک ارائه دادند که عبارتند از به اشتراک گذاشتن اطلاعات، تبادل الکترونیکی داده، زیرسازی و

پیش بینی و برنامه‌ریزی اشتراکی، کاهش زمان تدارک، کاهش سازگار قیمت‌ها و مدیریت موجودی توسط فروشنده<sup>۱</sup>.

• ریسک‌های غیر سیستماتیک: این نوع از ریسک مربوط به عواملی هستند که شرکت می‌تواند آن‌ها را به طور وسیعی کنترل کند مثل اختلال تسهیلات زیر سیستم تولیدی.

بر اساس [۳۲] منابع آسیب پذیری به سه دسته تقسیم می‌شود:

۱) دارائی‌های درونی زنجیره که شامل تجهیزات، وسایل نقلیه، نیروی انسانی، موجودی‌های سیستم تولیدی، فرایند توزیع، فرآوری مجدد، مراکز سرویس دهی می‌شود.

۲) شرکای زنجیره که شامل مشتریان، تأمین کنندگان مواد خام، تأمین کنندگان انرژی، پیمانکاران، لجستیک طرف سوم است.

۳) فاکتورهای جغرافیایی خارجی: دارائی‌ها و شرکای زنجیره در مناطق جغرافیایی خاص مستقرند که این مناطق و زیرساخت‌های عمومی آن‌ها (مسیرهای حمل و نقل، ترمینال‌ها، بنادر، شبکه‌های ارتباطی و...) خود در معرض بحران‌های طبیعی (زلزله، طوفان، سیل و...)، حوادث عمده (بیماری‌های واگیر، نشت مواد شیمیایی، هسته‌ای و...) و حملات عمدی (حملات تروریستی و...) هستند.

#### ۱-۶- راهکارهای مقابله با ریسک اختلال زنجیره تأمین

حوزه دیگر تحقیقات موجود در ادبیات، مربوط به اعمال مرتبط با مقابله با اختلال است. [۷۶] نه استراتژی برای مقابله با اختلالات زنجیره تأمین معرفی نموده است که در قسمت‌های بعد بدان‌ها پرداخته می‌شود. اعمالی نظیر ایجاد تعویق، ایجاد یک ذخیره استراتژیک، ایجاد شرایط انعطاف در تأمین کنندگان، ترکیب بین تولید و برون-سپاری مانند دسته‌بندی کالاها، پیشنهاد محرک‌های اقتصادی برای تأمین کنندگان به منظور افزایش تعداد تأمین کنندگان و وجود قیمت‌های پویا، استفاده از حمل و نقل انعطاف‌پذیر به منظور افزایش دسترسی به محصولات خاص. پیشنهادات دیگری مبنی بر ابزارهای برنامه‌ریزی و پیش‌بینی بهتر و کوتاه کردن زمان بین وقوع اختلال و کشف آن نیز وجود دارد [۲۶]. استراتژی‌های این چنینی در مطالعات عملی نیز بارها پیشنهاد شده‌اند شامل: بهبود پیش‌بینی تقاضا، افزایش مشارکت تأمین کنندگان، استفاده از بافرهای استراتژیک موجودی، استفاده از مدل‌سازی مالی برای شبیه‌سازی حالت‌های اختلال

---

<sup>۱</sup> Vendor-managed inventory



[۲۵]، و شفاف‌سازی ارتباط با تأمین‌کنندگان از طریق قراردادهای رسمی‌تر و انجام خریده‌ها به صورت مختلف بر اساس تعویق.

در بخش دیگری از ادبیات، بیان شده است که موفقیت سازمان‌ها در مدیریت اختلالات زنجیره تأمین را می‌توان از طریق میزان ارتجاع زنجیره تأمین اندازه گرفت. در عبارات علمی، خاصیت ارتجاعی بدین صورت تعریف می‌شود: خصوصیت فیزیکی مواد که می‌تواند به حالت و شرایط اولیه بعد از تغییر شکل که از حد الاستیسیته خود فراتر نرفته باشد [۵۵]. بنابراین ترمیم یک سازمان به شرایط اصلی عملیاتی پس از اختلال خصوصیات ارتجاعی آن را بیان می‌کند.

سازمان‌ها می‌توانند تاکتیک‌های مختلفی برای مدیریت ریسک اختلال داشته باشند تاکتیک‌های پیشگیرانه مواردی هستند که در آن‌ها سازمان فعالیتی را پیش از اختلال انجام می‌دهد (لذا در صورت بروز یا عدم بروز اختلال، هزینه‌ای برای آن صرف می‌شود) تاکتیک‌های تصادفی دسته دوم مواردی هستند که در آن‌ها سازمان فعالیتی را پس از بروز اختلال انجام می‌دهد. تاکتیک‌های مسیریابی مجدد تصادفی تنها زمانی می‌توانند وجود داشته باشند که ظرفیت تأمین‌کنندگان انعطاف‌پذیر باشد که توانایی افزایش ظرفیت فوری را داشته باشند. یک سازمان محدود به انتخاب یک تاکتیک نمی‌باشد بلکه می‌تواند به فراخور شرایط، ترکیبی از تاکتیک‌ها را برای مدیریت ریسک اختلال مورد استفاده قرار دهد [۷۷].

#### ۱-۶-۱- مقابله با اختلال از طریق استراتژی‌های پایداری

با توجه به عدم وجود روش خاصی برای محاسبه احتمال رخداد اختلالات و توان بالقوه آن‌ها برای تخریب، [۷۷] بیان می‌کند که سازمان‌ها باید به دنبال استراتژی‌های پایدار در زنجیره تأمین برای کاهش ریسک اختلال باشند؛ این استراتژی‌ها دو خصوصیت دارند:

- توجه به کارایی: این استراتژی باید قادر باشد تا زنجیره را در هر شرایطی به صورت کارا مدیریت نماید.
- توجه به ارتجاعی بودن: این استراتژی باید قادر باشد تا زنجیره را در زمان اختلال پایدار نگه دارد و زمان ترمیم را تا جای ممکن کوتاه کند. وقتی که یک استراتژی پایدار باشد، سازمان می‌تواند تحلیل‌هایی مانند هزینه/ سود، نرخ بازگشت سرمایه و... را برای بهبود کارایی تحت ریسک انجام دهد.

#### ۱-۶-۲- مقابله با اختلال از طریق افزایش خاصیت ارتجاعی زنجیره

برای خاصیت ارتجاعی زنجیره تأمین تقویت‌کننده‌هایی وجود دارد. مفهوم ارتجاع غالباً به خصوصیتی از سازمان اطلاق می‌شود که توانایی واکنش سریع در برابر اختلال را به سازمان می‌دهد. علاوه بر امکان حفظ شرایط عادی عملیات، خاصیت ارتجاعی یک قابلیت رقابتی برای سازمان نیز می‌باشد و خصوصاً در شرایطی که رقبا این خصوصیت را نداشته باشند، امکان افزایش سهم بازار و جذب مشتریان سازمان‌های رقیب را فراهم می‌کند. حتی در شرایطی که سازمان‌ها به صورت یکسان تحت تأثیر اختلال قرار می‌گیرند، رقابت آن‌ها بر سر خاصیت ارتجاعیشان خواهد بود. با شناسایی منبع اختلال می‌توان استراتژی‌های مناسب را در برابر آن تعیین نمود؛ در اکثر موارد باید با توجه به ریسک و از طرف دیگر هزینه تحمیلی، راجع به استفاده از یک تأمین‌کننده یا تأمین‌کنندگان چندگانه تصمیم‌گیری شود.

#### ۱-۶-۲-۱- کسب خاصیت ارتجاعی از طریق انعطاف‌پذیری و مضاعف‌کاری

انعطاف‌پذیری به معنای ایجاد قابلیت‌هایی برای پاسخگویی در زنجیره تأمین است که این قابلیت‌ها پیش از بروز اختلالات از طریق سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و منابع ایجاد می‌شوند. از جمله نیازمندی‌های انعطاف‌پذیری می‌توان به نیروی کار چند مهارته، طراحی سیستم تولید با توانایی تولید محصولات متنوع و قابل تطبیق با تغییرات (سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر) و استفاده از منابع با توانایی تطبیق اشاره نمود. در صورت وجود انعطاف‌پذیری، سازمان می‌تواند بخشی از ظرفیت یک بخش را برای تولید محصول بخش دیگر مورد استفاده قرار دهد البته این مسئله هزینه‌هایی را برای طراحی فرایندها، محصولات، نیروی کار و... به زنجیره تحمیل می‌کند [۵۵].

مضاعف‌کاری به معنای نگهداری ظرفیت اضافه برای شرایط اختلال است که غالباً از طریق سرمایه‌گذاری بر ظرفیت بیش از حد نیاز حاصل می‌شود. مضاعف‌کاری در هر یک از حوزه‌های مدیریت موجودی، تعمیرات و نگهداری خطوط تولید یا تسهیلات، قراردادهای تأمین مواد و سیستم حمل و نقل مطرح می‌باشد [۵۵]. یکی از اصلی‌ترین تفاوت‌های انعطاف‌پذیری و مضاعف‌کاری در این است که مضاعف‌کاری ظرفیتی دارد که ممکن است استفاده نشود و در صورت بروز اختلال به جای قسمت از دست رفته ظرفیت به دلیل اختلال استفاده می‌شود.

### ۱-۶-۳- مقابله با اختلال از طریق افزایش امنیت

سازمان‌ها به صورت‌های مختلفی به دنبال افزایش امنیت هستند اما این فعالیت‌ها را می‌توان به سه گروه اصلی تقسیم کرد: امنیت فیزیکی، امنیت اطلاعات و امنیت ناوگان [۵۵].

### ۱-۶-۴- مقابله با اختلال از طریق افزایش چابکی

بسیاری از محققین ناب بودن زنجیره تأمین را عاملی برای تقویت ریسک زنجیره تأمین می‌دانند و در برابر آن چابک بودن زنجیره از جمله عوامل موثر در مقابله با ریسک اختلال شناسایی شده است [۳۷]. آن‌ها در مطالعات خود اهمیت انتقال به موقع اطلاعات در زمان کشف اختلال را نشان داده‌اند. در مدلی که آن‌ها به کار گرفته‌اند، تأثیر اختلال زنجیره تأمین بر عملکرد آن سنجیده شده و الگوریتمی برای محاسبه تأثیرات زمانی و هزینه‌ای اختلال زنجیره تأمین مورد استفاده قرار گرفته است.

با انتشار به موقع اطلاعات، اختلال شناخته شده به اعضای دیگر اطلاع داده می‌شود، لذا می‌توان اقدامات مناسبی برای تخفیف اثرات اختلال انجام داد. انتقال به موقع اطلاعات، موجب افزایش چابکی زنجیره تأمین می‌شود در عین اینکه پایداری و عملکرد کلی زنجیره را ارتقا می‌دهد.

[۲۷] راهکارهای زیر را برای کاهش احتمال رخداد اختلال در زنجیره تأمین پیشنهاد داده‌اند:

- بهبود و افزایش دقت پیش‌بینی‌های تقاضا
- هماهنگی و یکپارچگی برنامه ریزی و اجرا
- کاهش میانگین و واریانس زمان تدارک<sup>۱</sup>
- همکاری و تشریک مساعی با اعضای زنجیره
- سرمایه‌گذاری در امکان دسترسی
- ایجاد انعطاف‌پذیری در زنجیره تأمین
- ایجاد انعطاف‌پذیری در طراحی محصول
- ایجاد انعطاف‌پذیری در منبع یابی
- ایجاد انعطاف‌پذیری در تولید
- استراتژی تأخیر
- سرمایه‌گذاری بر تکنولوژی

<sup>۱</sup> Lead time

## ۷-۱- روش‌های به کار رفته برای مدل‌سازی ریسک

چند روش برای در نظر گرفتن عدم قطعیت در مدل‌های بهینه سازی وجود دارد:

- مدل‌سازی احتمالی [۳۷]. رویکرد برنامه ریزی احتمالی بر بهینه کردن میانگین عملکرد (مثل هزینه، درآمد و...) در چند سناریوی ممکن برای پارامترهای تصادفی تمرکز می‌کند. ما می‌توانیم انتظار داشته باشیم که سیستم در حالت متوسط به طور بهینه رفتار نماید. در حالی که ممکن است در صورت تحقق یک سناریوی ویژه مثل سناریوی بدترین حالت، ضعیف عمل کند. به طور دقیق‌تر، ممکن است اندازه موجودی و سفارشات عقب افتاده‌ی غیر قابل قبولی برای تعدادی از سناریوها در جواب مدل احتمالی مشاهده شود.
- بهینه سازی استوار [۴۴] برای کنترل تبادل مربوط به هزینه میانگین و تغییر پذیری آن در برنامه‌های احتمالی مفهوم بهینه سازی استوار توسط [۴۴] پیشنهاد شده است که در فصل دو به طور مفصل مورد بحث قرار می‌گیرد.

## ۸-۱- جمع بندی

از آنجا که زنجیره‌های تأمین، موجودیت‌های انکارناپذیر در بازارهای فعلی هستند که اهمیت آن‌ها روز به روز به واسطه کوتاه‌تر شدن دوره عمر محصول، توسعه تکنولوژی، جهانی شدن و رقابتی شدن بازارها، افزایش می‌یابد و از طرف دیگر طبیعت عموماً نامتمرکز آن‌ها باعث می‌شود که نسبت به عدم قطعیت‌های دنیای واقعی آسیب پذیرتر باشند. لذا در این پایان نامه، ما به بررسی جنبه‌های خاصی از این ریسک در طراحی شبکه زنجیره تأمین خواهیم پرداخت که طراحی شبکه زنجیره یکی از اولین، مهم‌ترین و تأثیرگذارترین تصمیمات در حوزه زنجیره تأمین است.

این پایان نامه به این صورت ترتیب یافته است: در فصل دوم به مرور ادبیات مربوط به طراحی شبکه زنجیره تأمین و دیگر موضوعات مرتبط از قبیل طبقه بندی ریسک و مفهوم استواری می‌پردازیم. در فصل سوم تعریف مسأله و مدل ریاضی پیشنهادی بیان می‌شود. در فصل چهارم روش حل مدل ارائه می‌گردد. مثال نمونه و نتایج محاسباتی مربوط به آن در فصل پنجم مورد بررسی قرار می‌گیرد و در نهایت در فصل ششم با نتیجه گیری و ارائه برخی زمینه‌های تحقیقات آینده، پایان نامه خاتمه می‌یابد.