

کالج پروژه

[www.collegeprozheh.ir](http://www.collegeprozheh.ir)



دانلود پروژه های دانشگاهی

بانک موضوعات پایان نامه

دانلود مقالات انگلیسی با ترجمه فارسی

آموزش نگارش پایان نامه ، مقاله ، پروپوزال



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

الغدیر

مؤسسه آموزش عالی غیردولتی غیرانتفاعی

پایاننامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد  
رشته: مهندسی صنایع  
گرایش: مدیریت سیستم و بهره‌وری

عنوان:

## بهبود کنترل موجودی محصولاتی با چرخه عمر کوتاه در زنجیره تأمین با استفاده از لجستیک بهنگام

استاد راهنما: دکتر عیسی نخعی کمال آبادی  
استاد مشاور: دکتر ابوالفضل میرزازاده  
استاد داور: دکتر علیرضا بافنده

پژوهشگر:

صلاح الدین قسیمی

تبریز: تاریخ: تابستان ۱۳۸۷

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

## چکیده

امروزه مدیران ارشد شرکتهای تولیدی از روشها و ابزارهای مختلفی که جهت تحقق اهداف و طرحهای تجاری خودمبتهی بر کسب مزیت رقابتی و دستیابی به سهم بیشتری از بازار می باشد، استفاده می نمایند. در این راستا استراتژیهای که منجر به ارائه محصولات با کیفیت بالاتر، قیمت پایین تر و دسترس پذیری بالاتری شوند مد نظر خواهند بود. به همین جهت سازمانها همواره می کوشند تا با کاهش هزینه ها و افزایش سرعت تحویل محصول به مشتری به مزیت رقابتی نسبت به سایر رقبا دست یابند.

در این تحقیق دو مدل جدید کنترل موجودی چند سطحی برای اقلام فساد پذیر با در نظر گرفتن فلسفه لجستیک بهنگام به منظور دستیابی به مقدار بهینه هزینه کل زنجیره عرضه شامل هزینه های تولید، هزینه های حمل، هزینه های نگهداری، هزینه های عدم تحویل بموقع (هزینه های دیر کرد و زود کرد)، هزینه های کالاهای فاسد شدنی ارائه شده است.

مدل اول طوری طراحی شده است که علاوه بر مینیم کردن هزینه ها، کل کالاها در زمان مصرفشان بدست مشتری می رسند و هیچ گونه کالای فاسد شدنی نخواهیم داشت.

مدل دوم طوری طراحی شده است که اگر مقداری از کالاها در زمان مصرفشان بدست مشتری نرسند با توجه به اینکه کل کالاهای مدل دارای تاریخ انقضاء می باشند در نتیجه فاسد می شوند، هزینه این کالاها را به تابع هدف اضافه کرده و آنرا مینیم می کند.

هر دو مدل ارائه شده جدید می باشند، و برای تایید صحت عملکرد مدلها از سه روش حل:

۱- ارائه یک الگوریتم ژنتیک

۲- حل کننده CPLEX10.2

۳- نرم افزار LINGO10

استفاده شده است، و نتایج حاصله صحت آنها را تایید می نمایند،

**واژه های کلیدی:** زنجیره تامین، لجستیک بموقع، کالاهای فساد پذیر، الگوریتم ژنتیک

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- فصل اول: کلیات تحقیق.....	۲
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ تعریف مسئله و بیان موضوع اصلی.....	۳
۳-۱ هدف تحقیق.....	۶
۴-۱ سوالات تحقیق.....	۸
۵-۱ سابقه شکاف تحقیقات موجود و ضرورت انجام تحقیق.....	۸
۶-۱ زمینه‌های کاربردی تحقیق.....	۱۰
۷-۱ جنبه جدید بودن و نوآوری تحقیق.....	۱۰
۸-۱ ساختار تحقیق.....	۱۰
۲- فصل دوم: مرور ادبیات و سیر تاریخی تحقیق.....	۱۳
۱-۲ مدیریت زنجیره تامین.....	۱۳
۱-۱-۲ تعاریف و مفاهیم اولیه در مدیریت زنجیره تامین.....	۱۴
۲-۱-۲ روند ظهور و تکامل مدیریت زنجیره تامین.....	۱۵
۳-۱-۲ ساختار زنجیره تامین.....	۱۹
۲-۲ لجستیک بهنگام.....	۲۰
۳-۲ اقلام فاسد شدنی.....	۲۵
۴-۲ برنامه ریزی و کنترل موجودیها.....	۲۵

- ۲-۴-۱ تعاریف و مفاهیم اولیه در برنامه ریزی و کنترل موجودیها..... ۲۶
- ۲-۴-۱-۱ کارکردهای موجودی..... ۲۶
- ۲-۴-۱-۲ هزینه های سیستم موجودی..... ۲۷
- ۲-۴-۲ سیاستهای برنامه ریزی و کنترل موجودی..... ۳۰
- ۲-۴-۲-۱ سیاست  $(S, Q)$ ؛ مرور دائم؛ نقطه سفارش، اندازه سفارش..... ۳۱
- ۲-۴-۲-۲ سیاست  $(S, S)$ ؛ مرور دائم؛ نقطه سفارش، سفارش تا نقطه تراز..... ۳۲
- ۲-۴-۲-۳ سیاست  $(R, S)$ ؛ مرور دوره ای؛ سفارش تا نقطه تراز..... ۳۲
- ۲-۴-۲-۴ سیاست  $(R, S, S)$ ؛ مرور دوره ای؛ نقطه سفارش، سفارش تا نقطه تراز..... ۳۳
- ۳-۴-۲ طبقه بندی مدل های کنترل موجودی..... ۳۴
- ۵-۲. برنامه ریزی و کنترل موجودی ها در زنجیره تأمین..... ۳۶
- ۲-۵-۱ ساختار سیستم های چند سطحی..... ۳۷
- ۲-۵-۲ شبکه های زنجیره تأمین..... ۳۹
- ۲-۵-۳ تصمیم گیری در سیستم های چند سطحی..... ۴۰
- ۲-۵-۴ پیشینه تحقیق..... ۴۲
- ۳- فصل سوم: مدل سازی ریاضی..... ۵۰**
- ۳-۱ مدل سازی..... ۵۰
- ۳-۱-۱ نمای ریاضی مدل ۱..... ۵۵
- ۳-۱-۱-۱ تشریح مدل ۱..... ۵۶

- ۵۸..... ۲-۱-۳ مدل ۲
- ۵۸..... ۱-۲-۱-۳ نمای ریاضی مدل ۲
- ۵۹..... ۲-۲-۱-۳ تشریح مدل ۲
- ۶۰..... ۲-۳ نتیجه گیری
- ۶۲..... ۴- فصل چهارم: روشهای حل و نتایج محاسباتی.....
- ۶۲..... ۱-۴ مقدمه
- ۶۲..... ۲-۴ مفاهیم بهینه محلی و بهینه کلی
- ۶۵..... ۳-۴ پیاده سازی الگوریتم ژنتیک در حل مدل پیشنهادی
- ۶۶..... ۱-۳-۴ نمایش کروموزومها
- 67 ..... ۲-۳-۴ تولید جامعه اولیه
- ۶۸..... ۳-۳-۴ عملگرهای ژنتیکی
- ۶۸..... ۱-۳-۳-۴ عملگر جهش
- ۷۰ ..... ۲-۳-۳-۴ عملگر تقاطع
- ۷۲..... ۳-۳-۳-۴ عملگر انتخاب
- ۷۲..... ۴-۳-۴ تابع هدف کروموزوم ها
- ۷۳..... ۴-۴ مسائل نمونه و حل مدلها
- ۷۳..... ۱-۴-۴ حل مدل ۱
- ۷۹..... ۱-۱-۴-۴ نتایج محاسباتی حاصله از نرم افزار (مدل ۱)

۲-۱-۴-۴ نتایج حاصله از اجرای الگوریتم ژنتیک در مدل ۱..... ۸۲

۲-۴-۴ حل مدل ۲..... ۸۵

۱-۲-۴-۴ نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک و..... ۸۵

۵- فصل پنجم: جمع بندی و نتیجه گیری و تحقیقات آتی..... ۹۱

۱-۵ مقدمه..... ۹۱

۲-۵ نتیجه گیری..... ۹۲

۳-۵ محدودیتهای تحقیق..... ۹۳

۴-۵ تحقیقات آتی..... ۹۳

۹۵..... **ضمایم**

ضمیمه ۱- معرفی الگوریتم ژنتیک..... ۹۶

ضمیمه ۲- نمونه هایی از خروجیهای کامپیوتر..... ۱۱۲

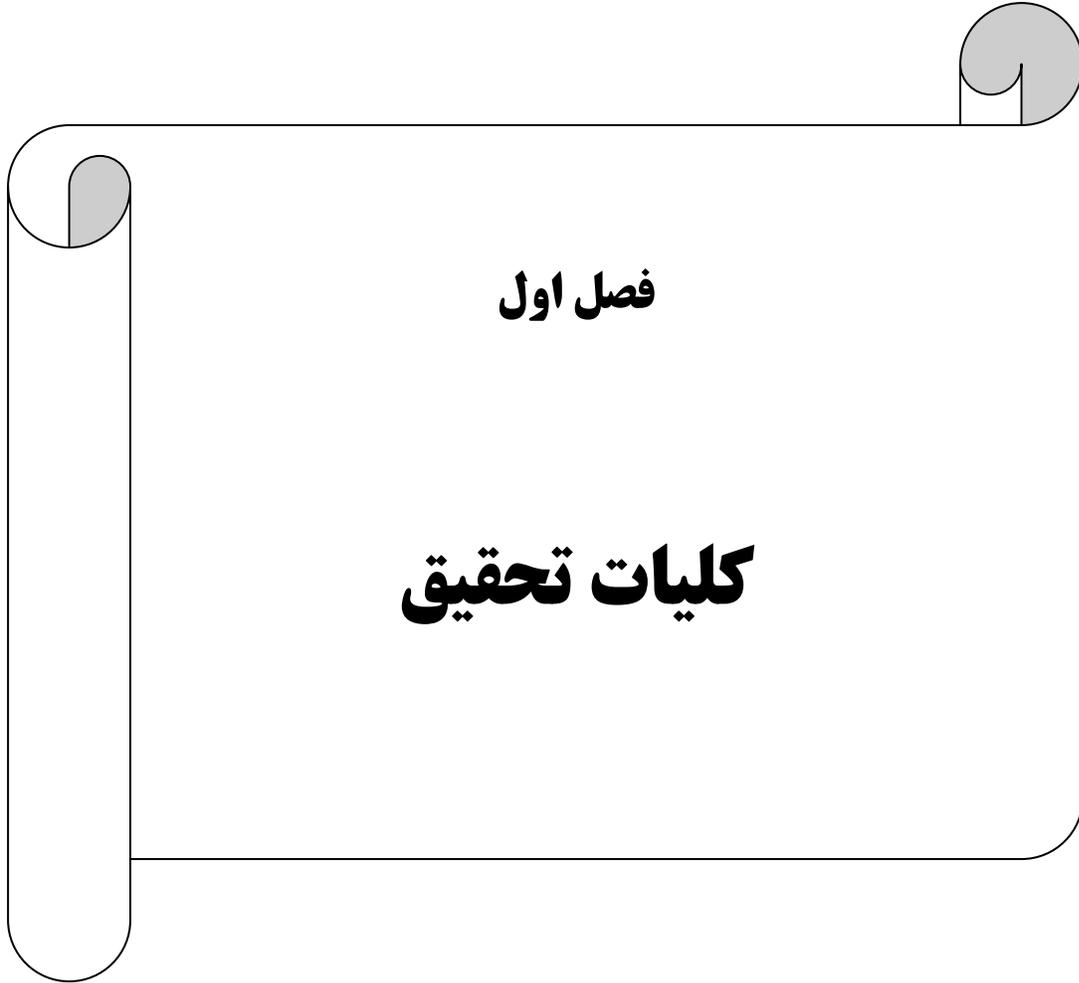
۱۱۳..... **منابع و ماخذ**

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳۴	قوانین سرانگشتی برای گزینش شکل خط مشی موجودی ۱-۲
۵۲	متغیرهای هر دو مدل ۱- ۳
۵۳	پارامترهای هر دو مدل ۲-۳
۷۵	مقادیر تصادفی پارامترهای هر دو مدل ۱-۴
۷۶	مسایل نمونه در ابعاد مختلف جهت حل مدل ۱ ۲-۴
۷۸	تعداد کل متغیرها و محدودیتهای مدل ۱ با در نظر گرفتن مسایل مختلف ۳-۴
۸۰	نتیجه حل ده بار مسئله ۵ مدل ۱ ۴-۴
۸۱	میانگین حاصل از ۱۰ بار تکرار ۱۰ مسئله نمونه توسط cplex10.2 مدل ۱ ۵-۴
۸۳	نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک در ۵ بار تکرار مدل ۱ ۶-۴
۸۴	بهترین مقدار و میانگین ۵ بار اجرای الگوریتم ژنتیک مدل ۱ ۷-۴
۸۶	مسایل نمونه در ابعاد مختلف جهت حل مدل ۲ ۸-۴
۸۷	نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک و نرم افزار لینگو مدل ۱ ۹-۴
۸۸	نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک و نرم افزار لینگواز مدل ۲ ۱۰-۴
۸۹	مقایسه مدل ۱ با مدل ۲ ۱۱-۴

فهرست شکلها و نمودارها

صفحه	عنوان
۱۷	۱-۲ روند ظهور و تکامل مدیریت زنجیره تامین
۱۸	۲-۲ چشم انداز استراتژیک مدیریت زنجیره تامین
۱۹	۳-۲ ساختار یک زنجیره تامین
۲۰	۴-۲ فرایندهای اصلی زنجیره تامین
۲۹	۵-۲ تغییرات موجودی انبار نسبت به زمان
۳۴	۶-۲ طبقه بندی مسایل کنترل موجودی
۳۸	۷-۲ ساختار یک سیستم چند سطحی
۳۹	۸-۲ شبکه زنجیره تامین سری
۴۰	۹-۲ شبکه زنجیره تامین واگرا
۵۱	۱-۳ زنجیره تامین مسئله تحقیق
۶۳	۱-۴ نمایش بهینه سراسری در برابر بهینه محلی
۶۴	۲-۴ زمان حل مسئله با توجه به ابعاد آن
۱۰۲	۱-۶ شمای کلی الگوریتم ژنتیک



## فصل اول: کلیات تحقیق

### ۱-۱ مقدمه

مفاهیم و روش‌های سنتی مدیریت کسب و کار بر بهینه‌سازی فعالیت‌های درون سازمانی متمرکزند. این روشها با محدودیتی در بهبود عملکرد کل سیستم کسب و کار مواجه‌اند. جهانی شدن بازارها و به تبع آن افزایش رقابت بین موسسات و سازمانهای مختلف از یک سو و همچنین افزایش توقعات مشتریان برای محصولات و خدماتی با کیفیت بالاتر و هرچه بیشتر سفارشی‌سازی شده و با تنوع بالا در ظاهر و کارکرد از سوی دیگر، باعث شده است که، سازمانها برای بقا و دوام دیگر نتوانند فقط بر مدیریت سازمان خود متکی باشند و بیش از پیش لازم شده است، که برای افزایش کارایی خودشان بر زنجیره‌های تامین<sup>۱</sup> متکی باشند. مدیریت زنجیره تامین<sup>۲</sup> راهبرد عملیاتی جهانی در قرن بیست و یکم برای دستیابی به رقابت سازمانی است. با توجه به عدم ثبات بازار رقابتی و تلاش به منظور بقا و حفظ تداوم روند رشد ارائه محصولات و خدمات در کمترین زمان و با پایین ترین قیمت و بالاترین کیفیت ساختمانها ناگزیر به همکاری و بلکه تلفیق با یکدیگر و تشکیل زنجیره تامین (SC)، به منظور افزایش سطح کیفیت ارائه خدمات به مشتری، کاهش هزینه‌ها، گسترش شبکه توزیع کالا، تسلط بر بازارهای فرامنطقه‌ای و ... می باشند.

از جمله مزایای تشکیل زنجیره تامین، در نظر گرفتن ارتباط میان بنگاه‌های اقتصادی مختلف است که به منظور برآورد تقاضای مشتری در تعامل با یکدیگر می‌باشد. در نگرش زنجیره تامین کم کردن هزینه‌ها و انجام برنامه‌ریزی‌های مختلف برای یک بنگاه اقتصادی (تامین کننده، کارخانه، عمده فروش و خرده فروش) به تنهایی تاثیر گذار نبوده بلکه لازم است بنگاه‌های مختلف و تعاملات میان آنها به صورت همزمان در نظر گرفته شود، به

<sup>1</sup> Supply Chain

<sup>2</sup> . Supply Chain Management (SCM)

بیان دیگر اگر فعالیت سازمانهای مستقل عضو زنجیره به صورت یکپارچه برنامه ریزی، اجرا و ارزیابی گردد، مرغوبیت محصول و کاهش هزینه ها را به دنبال خواهد داشت. در این راستا، توجه به حوزه هایی چون لجستیک، فن آوری اطلاعات<sup>۱</sup> (IT)، مدیریت استراتژیک<sup>۲</sup> (SM)، مدیریت ارتباط با مشتری<sup>۳</sup> (CRM)، مدیریت موجودیها<sup>۴</sup> (IM) و ... به منظور بهینه سازی، بهبود کارایی و اثر بخشی مدیریت زنجیره تامین حائز اهمیت می باشد.

## ۱-۲ تعریف مسئله و بیان موضوع اصلی

مدیریت را فرایند به کارگیری موثر و کارآمد، منابع و امکانات، هدایت و کنترل آنها برای دستیابی به اهداف سازمانی تعریف نموده اند. در این میان برنامه ریزی به عنوان زمینه ساز جهت گیری ها و فعالیتهای سازمانی در تمامی ابعاد، اصلی ترین و مهمترین عنصر مدیریت محسوب می گردد. برنامه ریزی کسب و کار تجاری<sup>۵</sup>، برنامه ریزی تولید<sup>۶</sup>، برنامه ریزی موجودیها<sup>۷</sup>، برنامه ریزی حمل و نقل<sup>۸</sup>، برنامه ریزی منابع انسانی<sup>۹</sup>، برنامه ریزی تعمیرات و نگهداری<sup>۱۰</sup> و ... برخی از زمینه های کاربرد برنامه ریزی در حیطه فعالیتهای سازمانی می باشند.

برنامه ریزی، پیاده سازی و کنترل سیستم های موجودی و انبارداری و در واقع مدیریت موجودیها، دغدغه اصلی سازمانها در عصر حاضر به شمار می آید. طراحی و به کارگیری مکانیزمهای کنترل موجودی به منظور کاهش هزینه کل سیستم موجودی، کاهش موجودی راكد در انبار و هزینه سرمایه گذاری، افزایش سطح خدمت و ... همواره مورد توجه سازمانهای مرتبط با تامین، تولید و توزیع محصولات بوده است. در مطالعه ای که توسط

<sup>1</sup> Information Technology

<sup>2</sup> Strategic Management

<sup>3</sup> Customer Relationship Management

<sup>4</sup> Inventory Management

<sup>5</sup> Business Planning

<sup>6</sup> Production Planning

<sup>7</sup> Inventory Planning

<sup>8</sup> Transportation Planning

<sup>9</sup> Human Resource Planning

<sup>10</sup> Maintenance Planning

بورهوپ [۱]: در سال ۱۹۶۹ در مورد ۱۷ صنعت مختلف صورت گرفت، مشخص گردید که به منظور بهبود وضعیت یک سازمان ناموفق در بازار امکان دو برابر نمودن میزان فروش بدون هیچ گونه افزایشی در موجودی کالاهای در دست وجود دارد. این موضوع نقش موجودیها را در حیات یک سازمان نشان می دهد.

به صورت کلی می توان کالاهای سیستم های موجودی را در چهار گروه کلی طبقه بندی کرد:

۱- کالاهای منسوخ شدنی

۲- کالاهای فاسدشدنی

۳- کالاهای بهبود شونده

۴- کالاهای عادی

کالاهای منسوخ شدنی به کالاهایی اطلاق می گردد که با گذشت زمان و به دلیل تغییرات سریع در فناوری و یا معرفی محصولات جدید توسط رقبا، ارزش خود را از دست می دهند. در اینگونه موارد قیمت کالاها به شدت کاهش می یابد و یا در غیراینصورت پس از اتمام دوره حیات آن منسوخ می گردد. به عنوان نمونه، قطعات یدکی هواپیما از این نوع کالاها هستند که با معرفی محصولات جایگزین از رده خارج می - شوند.

کالاهای فاسدشدنی به کالاهایی اطلاق می گردد که در طی زمان خراب، ضایع، خشک و یا تبخیر می گردند. محصولاتی چون میوه جات، سبزیجات، خون انسان، فیلم های عکاسی و غیره در این زمره قرار دارند.

کالاهای بهبود شونده: به کالاهایی گفته می شوند که با گذشت زمان بهبود می یابند، محصولاتی همانند ترشیجات از این نوع کالاها می باشند.

کالاهاى عادى به کالاهایى اطلاق مى شوند، که در زمره سه گروه بالا نباشند.

زنجیره تامین: زنجیره تامین، همه فعالیتهای مرتبط با جریان و تبدیل کالاها از مرحله ماده خام (استخراج) به

حالت نهایی (برای مصرف) و نیز جریان های اطلاعاتی مرتبط با آنها را شامل می شود.

لجستیک بموقع: لجستیک بخشی از فرایند زنجیره تامین می باشد که برنامه ریزی، اجرا و کنترل موثر و انبارش

کالاها، خدمات و اطلاعات مرتبط را از نقطه مبدا تا نقطه مصرف به عهده دارد تا نیازمندیهای مشتری بر آورده

شود. و لجستیک بموقع یعنی بهینه کردن هزینه های دیر کرد و زود کرد بخش لجستیک.

رکن اصلی برنامه ریزی و به کارگیری آمار و اطلاعات گذشته، به تصویر کشیدن آینده با بهره گیری از

ابزار مناسب قابل پیش بینی است. بر این اساس، برنامه ریزی موجودیها را می توان با مطالعه در اطلاعات و

آمارهای گذشته و تعیین مدل مناسب تامین، نگهداری و سفارش موجودیها دانست، به گونه ای که هزینه های

سیستم موجودی، از جمله هزینه های سفارشات سالیانه، استفاده از تسهیلات و فضای انبار، مالیات، بیمه و فاسد

شدن اقلام فساد پذیر و ... را به حداقل ممکن کاهش داد. این امر به خصوص برای **اقلام فساد پذیر** که قابلیت

بازیابی مجدد را نداشته باشند اهمیت دو چندانی خواهد یافت، از سوی دیگر **تأمین به موقع نیاز مشتریان**

علاوه بر کاهش هزینه ها، با افزایش سطح سرویس زنجیره در رقابت پذیر کردن سازمانها در بازارهای رقابتی

امروزه سهم به سزایی دارد.

از این رو دستیابی به شیوه های نوین مدیریت موجودی و همچنین به کارگیری مکانیزمهایی به منظور

کنترل و بهینه سازی موجودیها به منظور تعیین میزان بهینه سفارش، پیروید مناسب سفارش دهی و تعیین خط مشی

مناسب از مهمترین اهداف سازمانها محسوب شده، و در ایجاد مزیت رقابتی برای سازمان در آینده نقشی اساسی

ایفا خواهد کرد. این موضوع به ویژه زمانی که سازمان‌ها به همکاری متقابل با یکدیگر پرداخته و به منظور تامین نیازهای مشتری، زنجیره تامین را تشکیل می‌دهند از اهمیت خاصی برخوردار است.

پیش بینی رفتار و عملکرد آینده سیستمهای پیچیده در شرایط واقعی، با توجه به تعدد عوامل تاثیر گذار و وجود روابط مختلف و بعضاً غیر سیستماتیک مشکل می باشد؛ یکی از روشهای پیش بینی رفتار و عملکرد آینده یک سیستم، بررسی و شناخت وضعیت موجود، حذف و یا ساده سازی عوامل غیر قطعی و تحلیل سیستم در قالب یک مدل ساده و کارآمد می باشد. به این ترتیب با نزدیک نمودن تدریجی شرایط مدل به وضعیت جاری امکان پیش بینی و بهینه سازی سیستم در زمان کوتاه و به شکلی مطمئن فراهم می گردد.

در این راستا مدل‌های برنامه‌ریزی و کنترل موجودی متنوعی توسعه داده شده، و توسط متخصصین از ابعاد گوناگون مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی ها نشان می‌دهد که مدل‌های ریاضی موجودی دارای قابلیت انعطاف پذیری بیشتری در فرموله کردن مسائل و همچنین در نظر گرفتن اهداف به صورت چند گانه بوده و الگوریتم‌های موجود توانایی حل و بهینه سازی اهداف با وجود محدودیتهای متنوع و زیاد را دارا می باشند.

## ۱-۳ هدف تحقیق

با توجه به اینکه قبلاً در مورد کالاهایی با چرخه عمر کوتاه که زوداز مد می‌یافتند (مثل گوشیهای موبایل، قطعات کامپیوتر و...) کار شده است، و خیلی بندرت روی کالاهایی با چرخه عمر کوتاه فاسد شدنی در زنجیره تامین مطالعاتی انجام گردیده، بنابراین هدف اصلی این تحقیق، طراحی مدلی برای بهبود کنترل موجودی کالاهایی با چرخه عمر کوتاه (فاسد شدنی) در زنجیره تامین با استفاده از لجستیک به هنگام بمنظور:

۱- تعیین تعداد کارخانه‌ها و انبارهای میانی فعال و مکان‌هایشان

۲- کاهش هزینه های نگهداری انبارهای میانی و خرده فروشان

۳- کاهش هزینه‌های توزیع به هنگام (هزینه‌های زود کرد و دیر کرد)

۴- کاهش هزینه خرید کالاها

۵- کاهش هزینه حمل و نقل انبارهای میانی و خرده فروشان

۶- مصرف کالاها قبل از اتمام تاریخ انقضاء و جلوگیری از فاسد شدن آنها (در مدل ۱)

۷- مینیمم کردن هزینه کالاهای فاسد شده (در مدل ۲)

۸- تعیین دوره‌های مناسب سفارش دهی

۹- افزایش سرمایه در گردش

۱۰- افزایش سطح خدمت

می باشد.

در این تحقیق کل کالاهای در نظر گرفته شده دارای تاریخ انقضاء می باشند، دو مدل برای نتیجه بهینه،

طراحی شده است.

مدل اول طوری طراحی شده، که علاوه بر مینیمم کردن هزینه‌ها، کالاها با توجه به زمان مصرفشان،

توسط مشتری بکار گرفته می شوند، در نتیجه تمام کالاها بدون فاسد شدن بدست مشتری می رسند.

مدل دوم طوری طراحی شده است، که هزینه آن مقدار از کالاهایی که در زمان مصرفشان توسط مشتری

مصرف نمی شوند، و در نتیجه این مقدار از کالاها پس از سپری شدن تاریخ انقضاء قابل استفاده نمی باشند را با

اضافه کردن آن به تابع هدف مینیمم می کند.

## ۱-۴ سوالات تحقیق

سوال تحقیق عبارت است از این که، چگونه می توان در یک زنجیره تامین، مدل کنترل موجودی کارا برای اقلام فسادپذیر، با در نظر گرفتن فلسفه لجستیک بهنگام<sup>۱</sup> طراحی نمود تا با استفاده از آن دستیابی به اهداف تحقیق با بکارگیری روشهای ریاضی و یا روشهای ابداعی (هیورستیک یا متاهیورستیک) امکان پذیر گردد.

## ۱-۵ سابقه شکاف تحقیقات موجود و ضرورت انجام تحقیق

همانگونه که پیش از این ذکر گردید، امروزه سازمانها برای رقابت پذیر بودن در بازارهای جهانی لازم است برای افزایش کارایی خودشان بر زنجیرههای تامین متکی باشند. زنجیره تامین، که همچنین به عنوان شبکههای لجستیک هم به آن اشاره شده است، شامل تامین کنندگان، مراکز تولید، انبارها، مراکز توزیع و فروشگاههای خردهفروشی، به علاوه مواد خام، موجودی در جریان ساخت و محصولات نهایی که بین تسهیلات جریان دارد، می گردد. همچنین این زنجیره شامل جریان اطلاعاتی و مالی موجود بین نهادهای درگیر در زنجیره نیز است [۱].

با توجه به تعریف زنجیره تامین، این زنجیره، تمام نهادهای فعال در زنجیره تامین، از مواد اولیه تا مشتری نهایی را شامل می گردد و بنابراین شبکههای توزیع نیز بخش مهمی از زنجیره تامین هستند. به بیان دیگر، مرحله نهایی زنجیره تامین بر شبکه توزیع تمرکز دارد که در آن تقاضای نهایی برای محصول یا خدمات ایجاد می شود. از دیدگاه عملی این شبکه می تواند مجموعه ای از مشتریان، مجموعه ای از توزیع کنندگان، مجموعه ای از فروشندگان محصول و یا غیره باشد. به عبارت دیگر، توزیع، به گام های برداشته شده برای جابجایی و نگهداری محصولات از مرحله تامین کنندگان به مرحله مشتریان در زنجیره تامین اشاره دارد و از

<sup>۱</sup> just in Time logistic

آنجایکه هم هزینه‌های زنجیره تامین و هم تجربه مشتریان را مستقیماً تحت تاثیر قرار می‌دهد، یکی از مولفه‌های کلیدی سودآوری کلی یک بنگاه است. توزیع مناسب می‌تواند برای دستیابی به اهداف زنجیره تامین در گستره‌ای از هزینه‌های کم تا پاسخگویی بالا به کار رود، در نتیجه، شرکت‌ها در صنایع یکسان اغلب شبکه‌های بسیار متفاوتی انتخاب می‌کنند. به عنوان نمونه، شرکت Dell رایانه‌های شخصی را مستقیماً به مشتریان نهایی توزیع می‌کند. در حالیکه شرکت‌هایی چون Hewlett Packard از طریق فروشندگان مجدد کالاهای خود را به فروش می‌رساند. مشتریان Dell برای دریافت رایانه‌های شخصی خریداری شده، باید چندین روز منتظر بمانند و این در حالی است که مشتریان HP می‌توانند آن را سریعاً دریافت کنند. شرکت Gateway فروشگاه‌های محلی را تاسیس کرده است. در این فروشگاه‌ها مشتریان می‌توانند محصولات مختلف شرکت را امتحان کنند و نیز فروشندگان به آنان در پیکربندی رایانه‌ای مطابق نیازهایشان کمک می‌کنند. با این وجود، شرکت Gateway هیچ محصولی در فروشگاه‌های خود به فروش نمی‌رساند، بلکه رایانه‌ها را مستقیماً از کارخانه به مشتریان تحویل می‌دهد. در سال ۲۰۰۱ میلادی، به علت عملکرد مالی ضعیف این فروشگاه‌ها بسیاری از این فروشگاه‌ها تعطیل شد. لذا انتخاب شبکه توزیع یک راهکار راهبردی است [۲].

در طی تحقیقات جامع و کاملی که از طریق اینترنت، مقالات، پایان‌نامه‌ها و مجلات معتبر صورت گرفت، مشخص گردید مدل کنترل موجودی کالاهای فاسدشدنی با در نظر گرفتن فلسفه JIT logistic در زمینه مدیریت زنجیره تامین به ندرت مورد بررسی قرار گرفته شده است. از سوی دیگر با توجه به توسعه روزافزون دانش در زمینه مدیریت زنجیره تامین و اهمیت زیاد زنجیره مواد غذایی و مدیریت آن، ارائه مدلی جامع به منظور بهینه‌سازی سیستم موجودی با شرایط مذکور می‌تواند به توسعه علوم مرتبط با مهندسی و مدیریت موجودی‌ها کمک نماید.

## ۱-۶ زمینه‌های کاربردی تحقیق

با توجه به این که به کارگیری مدل‌های کنترل موجودی تنها در محیط اقتصادی سالم و پویا میسر می‌باشد لذا بهره برداری از نتایج مدل حاضر تنها برای سازمانهایی موثر خواهد بود که در حال بازار رقابتی و اقتصادی ساختار یافته با زیر بنای مناسب به فعالیت تجاری پردازند. در عین حال ارزش کاربردی این مدل زمانی نمایان تر می‌گردد که سازمان با مشکلات مرتبط با نگهداری موجودیها (هزینه نگهداری بالا، هزینه استهلاک، هزینه کمبود موجودی، هزینه فاسد شدن کالاها و....) روبرو شده بوده و علاوه بر بهینه سازی سیستم موجود اهداف دیگری را نیز به منظور ارتقا و حفظ موقعیت سازمان در زنجیره تامین دنبال نماید.

## ۱-۷ جنبه جدید بودن و نوآوری تحقیق

جنبه نوآوری تحقیق، طراحی مدلی جدید برای بهبود کنترل موجودی کالاهایی با چرخه عمر کوتاه (فاسد شدنی) در زنجیره تامین با در نظر گرفتن فلسفه لجستیک بهنگام بمنظور رسیدن به اهداف تحقیق می‌باشد، که برای حل و اعتبار سنجی آن از سه روش حل :

۱- الگوریتم ژنتیک

۲- حل کننده cplex.10.2

۳- نرم افزار lingo.10

استفاده شده است .

## ۱-۸ ساختار تحقیق

در این تحقیق پس از بررسی کلیات تحقیق در فصل اول، مفاهیم اولیه مدیریت زنجیره تامین و اصول بنیادی برنامه‌ریزی و کنترل موجودیها معرفی و جایگاه مدیریت موجودی در زنجیره تامین در فصل دوم تشریح

می گردد. مدلسازی ریاضی برای اقلام فساد پذیر با در نظر گرفتن فلسفه لجستیک به موقع<sup>۱</sup> در فصل سوم به تفصیل بررسی شده است و در فصل چهارم الگوریتم ژنتیک استفاده شده تشریح گردیده و نتایج عددی حاصل از آزمایشهای مدل، مورد مطالعه قرار خواهد گرفت. در فصل پنجم، نتیجه گیری، محدودیتها و پیشنهادات آتی آورده خواهد شد، و در فصل ششم، ضمائم تحقیق بیان شده است.

---

<sup>۱</sup> . Just In Time (JIT)

فصل دوم

**مرور ادبیات و سیر تاریخی**  
**تحقیق**

## ۲- فصل دوم: مرور ادبیات و سیر تاریخی تحقیق

### ۲-۱ مدیریت زنجیره تامین

امروزه مدیران ارشد شرکتهای تولیدی از روشها و ابزارهای مختلفی جهت تحقق اهداف و طرحهای تجاری خود مبتنی بر کسب مزیت رقابتی و دستیابی به سهم بیشتری از بازار می باشد، استفاده می نمایند. در این راستا استراتژیهایی که منجر به ارائه محصولات با کیفیت بالاتر، قیمت پایین تر و دسترس پذیری بالاتری شوند، مدنظر خواهند بود. به همین جهت سازمانها همواره می کوشند تا با کاهش هزینهها، افزایش سرعت تحویل محصول به مشتری یا کاهش زمان انجام کار و ارائه محصول سفارشی به مشتریان به مزیت رقابتی نسبت به سایر رقبا دست یابند.

توجه به شرایط نوین حاکم بر بازارهای امروزی از قبیل افزایش انتظارات مشتریان در زمینههای قیمت، کیفیت، تنوع محصولات، تحویل به موقع و .... و با در نظر گرفتن جریان آزاد اطلاعات که به معنی افزایش سطح آگاهی مشتریان نسبت به محصولات رقیب می باشد، همچنین با توجه به پیشرفتهای قابل ملاحظه ای که در فن آوریهای تولیدی و سیستمهای حمل و نقل و روشهای سفارش گذاری حاصل گردیده و در عین حال با کاهش هزینه های مستقیم نیروی کار، فشار دوجندانی بر پیکره بنگاهها وارد می شود که در نتیجه، این تغییرات سبب شده است که بنگاهها جهت پوشش نیازهای جدید و فراهم آوردن رضایت مشتریان و باقی ماندن در صحنه رقابت از یک سو با زنجیره تامین و از سوی دیگر با مشتریان پیوند یابند. این امر موجب شده است که مدیران در صدد استفاده از روشی جهت اداره زنجیره تامین بر آیند تا به شکلی کاملاً موثر در صحنه رقابت حاضر شوند. در این میان استفاده از مدیریت زنجیره عرضه به عنوان روشی جهت پوشش نیازهای تامین مد نظر قرار گرفت و با توسعه علوم ارتباطات الکترونیکی توسعه دوجندانی یافت.

در این بخش مدیریت زنجیره تامین و مفاهیم مرتبط معرفی می‌گردد همچنین روند ظهور و تکامل مدیریت زنجیره تامین و ساختار زنجیره به تفصیل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

## ۱-۲-۱ تعاریف و مفاهیم اولیه در مدیریت زنجیره تامین

مدیریت زنجیره تامین دربرگیرنده مدیریت مواد و اطلاعات در طول زنجیره تامین از تامین کنندگان تا تولید کنندگان قطعات و مونتاژ کنندگان نهایی و در مرحله بعد توزیع کنندگان و نهایتاً مصرف کنندگان می‌باشد.

هاند فیلد<sup>۱۸</sup>، زنجیره تامین و مدیریت آن را به صورت زیر تعریف می‌نماید:

زنجیره تامین، همه فعالیت‌های مرتبط با جریان و تبدیل کالاها از مرحله ماده خام (استخراج) به حالت نهایی (برای مصرف) و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها را شامل می‌شود. یکپارچه سازی فعالیت‌های مذکور به منظور دستیابی به یک موقعیت مطلوب را مدیریت زنجیره تامین می‌نامند.

براساس تعریف هارلند<sup>۱۹</sup> [۳]. مدیریت زنجیره تامین عبارت است از:

- مدیریت فعالیت‌های کسب و کار
- مدیریت روابط داخلی سازمان
- مدیریت روابط با تامین کنندگان رده اول و دوم در طول زنجیره و نهایتاً با کل زنجیره

وستربول و اسکات<sup>۲۰</sup> [۴] و پین و نیو<sup>۲۱</sup> [۵] زنجیره تامین را به عنوان ارتباط دهنده همه فرآیندهای ساخت

و تامین از مواد خام تا مشتری نهایی و متشکل از چندین سازمان معرفی می‌نماید. باتز<sup>۲۲</sup> [۶] بازیافت مواد را نیز بخشی از حوزه های فعالیت‌های مدیریت زنجیره تامین می‌داند.

<sup>18</sup> Hand Fild

<sup>19</sup> Harldand

<sup>20</sup> Westorbool & Scott

امروزه در بازارهای رقابتی هر سازمانی که بخواهد به حیات خود ادامه دهد، باید توان رقابتی خود را افزایش دهد. وسیع شدن بازارها، افزایش تعداد رقبای و پیشرفت تکنولوژی، از جمله عواملی هستند که شرکت‌ها را وادار به بهبود فرایندهای داخلی و ارتباطات خارجی می‌کند، در غیر این صورت به راحتی از صحنه رقابت بازار حذف خواهند شد.

شرکت‌ها با ارائه محصول و خدمات بهتر به مشتری و در مقابل کاهش هزینه‌های سیستم، قادر به توان رقابتی بالاتری خواهند بود. قیمت و کیفیت نهایی محصول، حاصل از تاثیرگذاری شرکتها و موسسات گوناگونی است، که هر یک تنها بخشی از فرآیندهای تولید و توزیع مربوط به آن محصول را اداره می‌نمایند. بدیهی است که اگر فعالیتهای این موسسات به صورت منسجم و براساس یک برنامه‌ریزی دقیق صورت گیرد، تاثیر زیادی بر مرغوبیت محصول و کاهش هزینه‌ها خواهد داشت. همچنین همکاری و همسویی این شرکتها و هماهنگی بین مراحل مختلف تامین محصول برای مشتری، سازمانها را قادر می‌سازد تا به منظور حفظ و ارتقا موقعیت خود از امکانات بالقوه سایر شرکتها بهره برداری نموده و در مواقع بحران و زیان دهی از حمایت آنها برخوردار گردد.

## ۲-۱-۲ روند ظهور و تکامل مدیریت زنجیره تامین

در دهه ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ تولید انبوه به عنوان تنها ابزار کاهش هزینه تولید، استراتژی اصلی تولیدکننده‌گان محسوب می‌گردید. روند توسعه محصول جدید با تاخیر زیاد و منحصراً متکی بر تکنولوژی‌های سازمان و ظرفیت آن بود. نگهداری موجودی به منظور حفظ تعادل در جریان تولید منجر به سرمایه‌گذاری موجودیها و در نتیجه افزایش هزینه‌های تولید شده را به دنبال داشت. در این دوره شراکت استراتژیک و تعاملی خریدار و تامین کننده چندان مورد توجه قرار نمی‌گرفت [۷].

<sup>21</sup> Payne & new

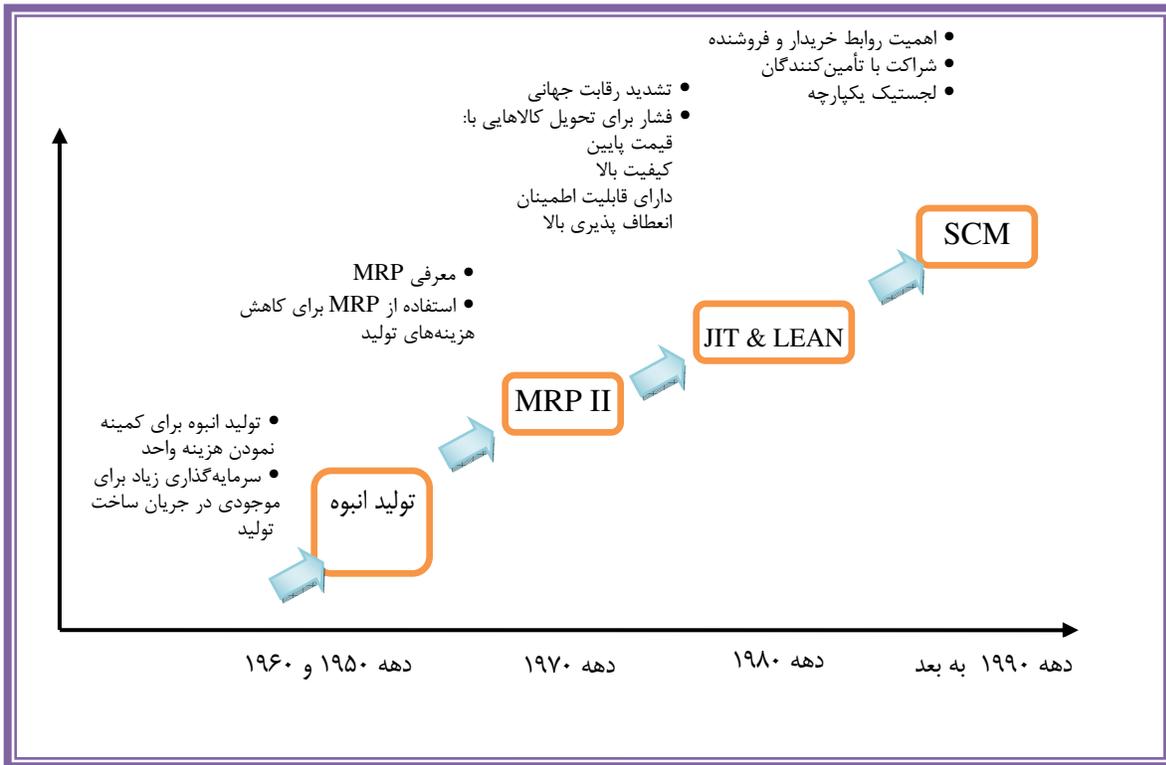
<sup>22</sup> Baatz

در دهه ۱۹۷۰ با معرفی برنامه ریزی منابع مواد<sup>۲۳</sup> مدیران به اثر موجودی در جریان ساخت بر هزینه تولید، کیفیت، توسعه محصول جدید و زمان تحویل پی بردند و به شناخت مفاهیم جدید مدیریت مواد برای بهبود عملکرد سازمان روی آوردند. تشدید رقابت جهانی در دهه ۱۹۸۰، سازمانهای با کلاس جهانی را مجبور به ارائه محصولاتی با قیمت پایین، کیفیت بالا و با قابلیت اطمینان و انعطاف پذیری بالاتری در طراحی نمود. تولید-کنندگان براساس منافع بالقوه شراکت تعامل در روابط خریدار-فروشنده از تولید به هنگام JIT و دیگر ابتکارات مدیریتی برای بهبود اثر بخشی تولید استفاده نمودند. بدین ترتیب مفاهیم اولیه مدیریت زنجیره تامین با شراکت استراتژیک تولیدکنندگان و تامین کنندگان به وجود آمد و با تلفیق عملیات توزیع و حمل و نقل و شکل-گیری مدیریت مواد و نهایتاً ایجاد لجستیک یکپارچه توسعه داده شد.

تکامل SCM در دهه ۱۹۹۰ با به کارگیری روشهای نوین مدیریت منابع انسانی، در نظر گرفتن تامین کنندگان استراتژیک و عملیات لجستیک در زنجیره تامین تداوم یافت (شکل ۲-۱).

بر این اساس، توافقات هزینه - کیفیت، اعتماد تولیدکنندگان به کنترل کیفیت تامین کنندگان و تامین از تامین کنندگان شایسته جایگزین فعالیتهایی نظیر بازرسی هنگام تحویل گردید [۸].

<sup>23</sup>.Material Resource Planning (MRP)



شکل ۲-۱: روند ظهور و تکامل مدیریت زنجیره تامین

در طی سالهای اخیر بسیاری از تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان از مفاهیم SCM برای بهبود کارایی در سراسر زنجیره ارزش استفاده نموده اند [۹]. از جمله این مفاهیم می‌توان به چشم انداز مشتری محور اشاره نمود. این چشم انداز مکانیزمی تسهیل‌کننده در تکامل SCM و در عین حال جهت دهنده روابط داخلی و خارجی سازمان می‌باشد. (شکل ۲-۲)

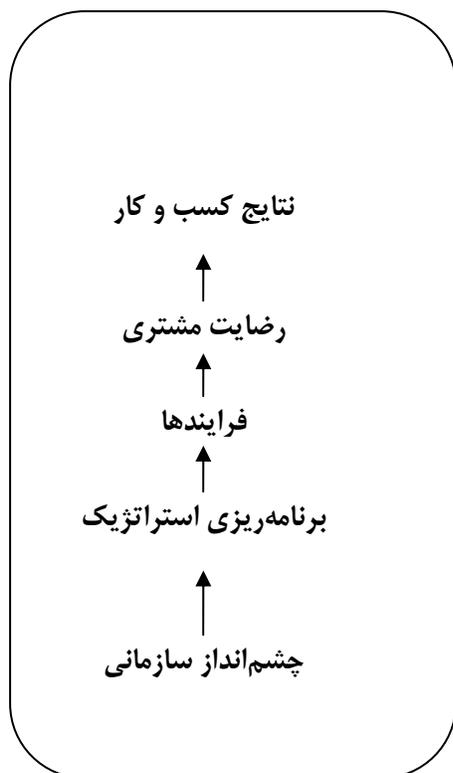
نتایج کسب و کار خروجیهای رضایت مشتری هستند.

رضایت مشتری یک شاخص کلیدی برای موفقیت فرآیندها بوده و برای کنترل برنامه استراتژیک و تغییر چشم انداز سازمانی به کار می رود.

فرآیندهایی برای پشتیبانی از طرح استراتژیک کلی و اجرای برنامه های تاکتیکی طراحی می شوند.

چشم انداز به برنامه استراتژیک ترجمه می شود.

رهبری اساس موفقیت کسب و کار است. رهبری کارا، چشم انداز را تعیین و به دیگران انتقال می دهد.



شکل ۲-۲: چشم انداز استراتژیک مدیریت زنجیره تأمین

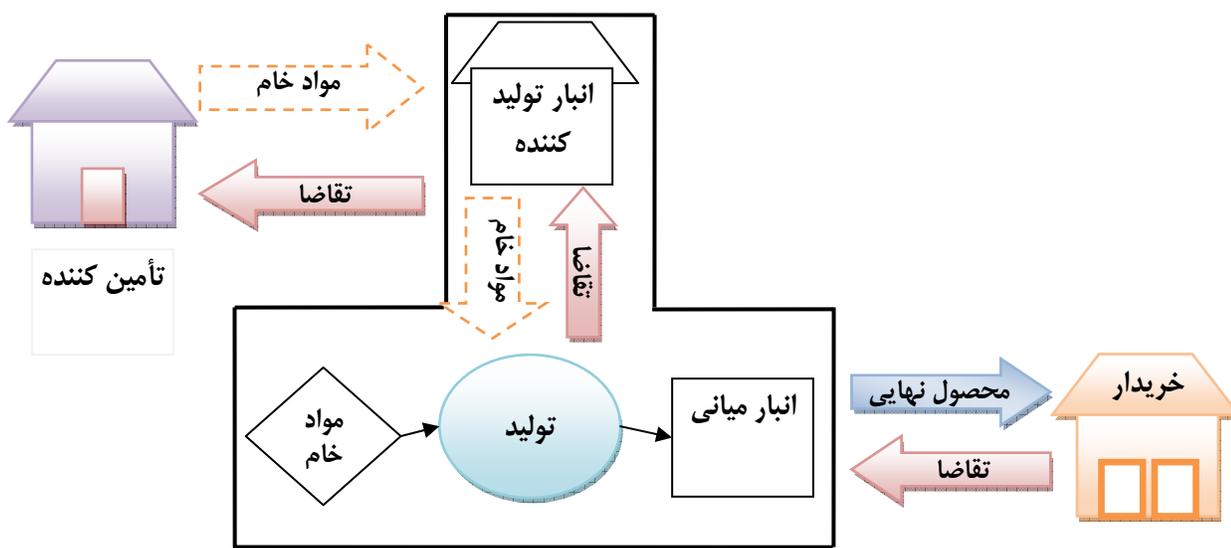
### ۳-۱-۲ ساختار زنجیره تامین

زنجیره تامین فرآیندی متشکل از برنامه ریزی، تامین، ارسال، اجرا و ارزیابی در شبکه‌ای از سازمانهاست که جهت ارایه محصولات و خدمات به مشتریان فعالیت می‌نمایند [۱۰].

به عبارت دیگر زنجیره تامین، چرخه انتقال محصولات تا رسیدن به مصرف کننده نهایی و شامل فعالیتهایی است که از مرحله کشف و استخراج مواد خام از زمین آغاز و با بازیافت محصولات پس از بهره برداری خاتمه می‌یابد. به این ترتیب با توجه به این که در هر سطح از زنجیره ارزش افزوده ایجاد می‌شود، می‌توان زنجیره تامین را زنجیره ارزش نیز نامید.

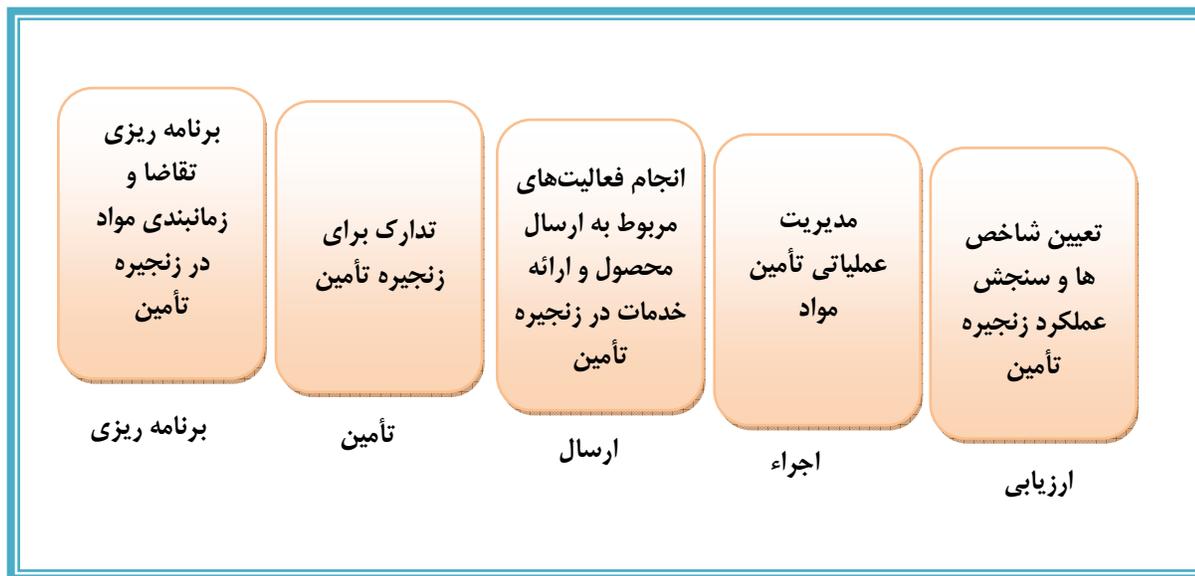
**شکل ۲-۳** ساختار یک زنجیره تامین پیشرفته را به تفکیک سطوح تامین، تولید و ارسال نشان می‌دهد

سطح تامین متشکل از دو بخش استخراج کنندگان مواد خام و تولید کنندگان محصولات نیمه تمام است. در سطح «تولید» تولید کنندگان از مواد تامین شده برای تولید کالاهای مورد نیاز به مشتریان استفاده می‌نمایند و در سطح ارسال تقاضای مشتریان نهایی از طریق توزیع محصولات به وسیله توزیع کنندگان واسطه‌ها و خرده فروش‌ها تامین می‌گردد. این جریان از سطح تامین تا ارسال ادامه دارد و خروجی آن کالای نهایی است.



شکل ۲-۳ : ساختار یک زنجیره تامین

همزمان با این جریان‌ها، جریان‌های دیگری را می‌توان در زنجیره تامین مشاهده نمود. به عنوان مثال جریان اطلاعات در راستای کاهش ضایعات و عدم کارایی در نظر گرفته شده است. جریان مالی نیز در زنجیره، جریان مخالفی را از مشتری نهایی به سمت منابع تامین دنبال می‌نماید. همچنین بازیافت استفاده مجدد از مواد و ... در هر سطح به صورت جریان‌ات بازگشتی مشخص شده‌اند. فرایندهای اصلی زنجیره تامین و موضوعات مطرح در هر گام فرایند در شکل ۲-۴ نشان داده شده‌اند.



شکل ۲-۴: فرایندهای اصلی زنجیره تامین

## ۲-۲ لجستیک بهنگام

لجستیک بخش نسبتاً بزرگی از فعالیتهای زنجیره تامین را به خود اختصاص داده است و در حقیقت قسمت فیزیکی زنجیره تامین را تشکیل می‌دهد. این بخش که کلیه فعالیتهای فیزیکی از مرحله تهیه ماده خام تا تولید محصول نهایی را در بر می‌گیرد شامل فعالیتهای حمل و نقل، انبار داری، زمانبندی تولید و... می‌شود.

تعاریف زیاد و تا حد کمی متفاوت از لجستیک در مراجع ذکر شده است، ولی توسط انجمن مدیریت

لجستیک تعریفی از لجستیک به شرح زیر آورده شده است :

لجستیک بخشی از فرایند زنجیره تامین می باشد که برنامه ریزی، اجرا و کنترل موثر و انبارش کالاها، خدمات و اطلاعات مرتبط را از نقطه مبدا تا نقطه مصرف به عهده دارد تا نیازمندیهای مشتری بر آورده شود.

فشار حاصل از رقابت جهانی و تلاش برای موفقیت در این رقابت، شرکتها را وادار به تجدید نظر در استراتژیهای خود و استفاده از فلسفه های جدید در سیستم جدید می نماید. یکی از فلسفه های جدید تولید که علاوه بر ایجاد انعطاف پذیری در پاسخ گویی به نیاز مشتری، تاثیر بسیاری نیز در کاهش هزینه ها دارد، فلسفه JIT میباشد.

با در نظر گرفتن این مسئله که کارهایی که زودتر از زمان تحویل تکمیل می شوند و به اصطلاح دارای زود کرد هستند، مشمول هزینه هایی همچون هزینه سرمایه گذاری برای موجودی کالای ساخته شده، هزینه تسهیلات انبارداری و نگهداری، هزینه صدمه دیدن و از بین رفتن کالا و... می شوند و از طرفی کارهایی که بعد از زمان تحویل تکمیل می شوند، متحمل هزینه هایی همچون جریمه دیر تحویل دادن، هزینه استفاده از وسایل حمل و نقل سریع (که معمولا هزینه بالاتری نسبت به وسایل عادی دارند) جهت تحویل هر چه سریعتر به مشتری، از دست دادن مشتری و فروش و... می شوند.

در این وضعیت در یک محیط JIT فرض وجود زمان تحویل برای کارها در نظر گرفته می شود و از زود کرد نیز همچون دیر کرد دوری میشود، یک برنامه ایده آل در محیط تولید JIT برنامه ایست که در آن کارها دقیقا در موعد مقرر تحویل و تکمیل شوند و سطح موجودی کالای ساخته شده در حد امکان به صفر نزدیک باشد. بهمین دلیل است که مسئله JIT در زنجیره تامین مورد توجه زیادی قرار گرفته شده است.

اگر  $d_j$  زمان تحویل و  $c_j$  زمان تکمیل کار  $j$ ،  $E_j$  و  $T_j$  بترتیب نمایش دهنده زود کرد و دیر کرد کار  $j$  باشند.

$E_j$  و  $T_j$  بصورت زیر تعریف می شوند:

$$E_j = \max(0, d_j - c_j) = (d_j - c_j)^+$$

$$T_j = \max(0, c_j - d_j) = (c_j - d_j)^+$$

در ارتباط با هر کار، یک هزینه واحد زود کرد  $\alpha_j > 0$  و یک هزینه واحد دیر کرد  $\beta_j > 0$  در نظر گرفته می شود. با فرض اینکه توابع جریمه خطی باشند، تابع هدف کلی برای برنامه S را می توان بصورت زیر نوشت:

$$f(s) = \sum_{j=1}^n [\alpha_j (d_j - c_j)^+ + \beta_j (c_j - d_j)^+]$$

$$f(s) = \sum_{j=1}^n (\alpha_j * E_j + \beta_j * T_j)$$

فلسفه JIT اولین بار توسط وانگ ات ال [۲۹]. در زمینه مدیریت زنجیره تامین بکار برده شد. با توجه به سیاست JIT، باید مقدار مناسبی از کالاها، در زمان مناسب و در مکان مناسب تحویل گردد. JIT نقش مهمی در توزیع کارایی کالاها بازی می کند. از آنجا که هزینه های لجستیکی بخش بزرگی از کل هزینه های زنجیره تامین را به خود اختصاص می دهند، اتخاذ تصمیمات مربوط به برنامه ریزی توزیع و موجودی بطور همزمان، می توانند کل هزینه های زنجیره تامین را به میزان قابل توجهی کاهش دهد و از سوی دیگر اثر مهمی بر روی تعیین سطح سرویس به مشتری دارد.

هماهنگی تولید به صورت JIT و حمل و نقل در یک زنجیره تامین غیرمتمرکز به منظور خدمات رسانی مناسب به مشتریان با ارایه خدمات تحویل به موقع یکی از چالش های مدیریت زنجیره تامین است. از دیدگاه تئوریک مساله تولید و توزیع به موقع را می توان به صورت ترکیبی از برنامه ریزی، زمان بندی و مسیریابی در نظر گرفت. از دیدگاه کاربردی این مساله مستلزم برقراری توازن بین ریسک و سودآوری است. در یک تحقیق مطالعه موردی بر روی مساله تحویل بتن آماده<sup>۲۵</sup> که در آن علاوه بر پیچیدگی های ذکر شده ممنوعیت زود کرد<sup>۲۶</sup>

<sup>24</sup> Wang et al

<sup>25</sup> ready-mixed concrete

<sup>26</sup> earliness

و دیرکرد<sup>۲۷</sup> در تامین نیز مطرح می‌باشد، صورت گرفته است. در این تحقیق پس از مدل‌سازی مساله با توجه به شرایط مساله تحویل بتن آماده، از الگوریتم ژنتیک در ترکیب با روش‌های هیوریستیک به منظور حل مساله استفاده شده است. در زنجیره تامین مورد بررسی چندین تولیدکننده بتن آماده به صورت مستقل از یکدیگر وجود داشته که به مشتریانی که در یک منطقه جغرافیایی از پیش تعریف شده وجود دارند، خدمات‌رسانی می‌نمایند. فرض شده است که کلیه متغیرها قطعی می‌باشند. با الحاق اجزای زنجیره تامین به یکدیگر هر یک از تولیدکنندگان توافق می‌نمایند که مساله زمانبندی خود را به یک مرکز زمانبندی بسپارند تا بدینوسیله کل سیستم بهینه گردد. مشخصه‌های خاص سیستم تولید و توزیع بتن آماده این سیستم را از سایر زنجیره‌های تامین متمایز می‌نماید. یک الگوریتم زمانبندی بر اساس الگوریتم ژنتیک و روشهای هیوریستیک ارایه شده است و با استفاده از داده‌های یک مطالعه موردی، با چهار الگوریتم هیوریستیک مقایسه شده و نشان داده شده است که کارایی الگوریتم پیشنهادی بهتر است. در الگوریتم ارایه شده در اولین گام با توجه به حجم تقاضای رسیده تعیین می‌شود که تقاضا به شرکت‌های دیگر واگذار شود یا کامیون اجاره شود. نشان داده شده است که مدل زمانبندی ارایه شده قادر به تحمل تغییر قابل توجه در واریانس سرعت کامیون‌های حمل‌کننده بتن آماده می‌باشد (*Naso et al.*, 2007)

Wang et al (2003) یک شبکه توزیع متشکل از چند انبار و چند خرده فروش در نظر گرفته است، در این شبکه تقاضاها باید بموقع (JIT) تامین شود و زودکرد یا دیرکرد در تامین تقاضاها با جریمه‌هایی همراه است. هدف تعیین برنامه ریزی توزیع بهینه به طریقی است که کل هزینه‌های ساخت، حمل، زودکرد یا دیرکرد مینیمم شود.

<sup>27</sup> lateness

Hwang (2002) [ ۴۱ ] با در نظر گرفتن سطوح خدمت مورد نیاز ، به طراحی یک سیستم لجستیکی شامل تعدادی مراکز تولید ، انبارها یا مراکز توزیع و مشتریان با مقادیر تقاضای غیر قطعی می پردازد . مسافتها توزیع احتمالی دارند . برای حل این مسئله ابتدا از روش پوشش کلی تصادف برای راه اندازی انبارها استفاده شده است. تابع هدف بصورت مینیم کردن هزینه های لجستیک و تعداد انبارهایی که می توانند راه اندازی شوند بیان می شود. سپس تصمیمات مسیریابی و تعیین میزان سفارش انبارها به مراکز تولید با استفاده از یک روش برنامه ریزی شی گرا بر مبنای الگوریتم ژنتیک اتخاذ می شود بطوری که هزینه های لجستیکی مینیمم شود. در این مسئله تقاضاها باید کاملا برآورده شوند و محدودیتهایی در مورد زمان سفر ، ظرفیت ، سرعت ، نوع و تعداد وسایل نقلیه وجود دارد .

Zhou et al (2002) [ ۴۰ ] شبکه زنجیره تامینی را طراحی کرده اند که هزینه حمل و نقل و سطح خدمت را به بهترین وجه متعادل می کند به گونه ای که تا حد امکان به همه مراکز توزیع بار کاری یکسان داده شود و کل مسافت حمل شبکه مینیمم شود . این کار باعث کم شدن احتمال مواجهه با کمبود موجودی انبارها ، سفارشات عقب افتاده و تاخیر در پاسخگویی به تقاضای مشتریان می شود و در عین حال نرخ پرسازی سفارش و نرخ استفاده از مراکز توزیع را افزایش می دهد. برای این کار تابع هدفی را بصورت مینیمم کردن ماکزیمم مسافت حمل مربوط به مراکز توزیع در نظر گرفته و از فرمول درخت فراگیر ستاره متوازن برای مدل سازی استفاده کرده است. در نهایت روش الگوریتم ژنتیک برای حل بکار گرفته شده است.

## ۲-۳ اقلام فاسد شدنی

اقلام فاسد شدنی، گروه خاصی از اقلام می‌باشند که در طی زمان فاسد شده و چنانچه قابلیت بازیابی مجدد را نداشته باشند (کالاهایی از قبیل میوه، سبزیجات و یا کالاهای شکستنی و ...) فروش از دست رفته محسوب میشوند.

طراحی مکانزمهای کنترل موجودی به منظور تعیین میزان بهینه سفارش، پیروید مناسب سفارش دهی و هزینه کل سیستم موجودی برای کالاهای فاسد شدنی با توجه به ویژگی خاص این قبیل اقلام مشکل و بعضاً مدلسازی را با پیچیدگی و دستیابی به شیوه مناسب مدیریت موجودی را با چالش روبه رو می‌سازد. براین اساس سازمان‌های مرتبط با تأمین، تولید و عرضه این قبیل محصولات به استفاده از روشهای نوین جهت نگهداری و همچنین طراحی و بکارگیری راهکارهایی به منظور به حداقل رسانیدن هزینه فاسد شدن این اقلام، علاوه بر تلاش جهت تأمین تقاضای مشتری و افزایش سطح خدمت رسانی روی آورده‌اند.

## ۲-۴ برنامه ریزی و کنترل موجودیها

برنامه ریزی و کنترل موجودیها را می‌توان طراحی و بکارگیری الگوی مناسب به منظور تأمین، نگهداری و سفارش گذاری موجودیها دانست. در واقع هدف از برنامه‌ریزی و کنترل موجودیها تعیین سطح بهینه موجودیهاست بگونه‌ای که هزینه‌های سیستم موجودی (هزینه های مرتبط با نگهداری، سفارش دهی، فضای انبار، بیمه، مالیات، فاسد شدن کالاهای فساد پذیر و ...) را کمینه و در عین حال سطح خدمت را بیشینه نماید.

دراین میان باید توجه داشت که اگر چه تناقض بین اهداف، محدودیتهای حاکم بر سیستمهای موجودی، ماهیت غیرقطعی برخی از عناصر و ... دستیابی به یک سیستم جامع و ایده‌آل را امری غیرممکن می‌نماید، ولیکن

با برنامه‌ریزی کارآمد و کنترل موجودیها بر مبنای شناخت صحیح سیستم موجودی و اتخاذ راهکار مناسب می‌توان به سطح قابل قبولی از اهداف و نهایتاً افزایش سودآوری و بهره‌وری سازمانی دست یافت.

در این بخش مهمترین کارکردهای موجودی و انواع هزینه‌های مرتبط در قالب مفاهیم و تعاریف اولیه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در عین حال انواع سیاست‌های برنامه‌ریزی و کنترل موجودی معرفی و طبقه‌بندی مدل‌های ریاضی کنترل موجودی ارائه می‌گردد.

## ۲-۴-۱ تعاریف و مفاهیم اولیه در برنامه‌ریزی و کنترل موجودیها

### ۲-۴-۱-۱ کارکردهای موجودی

موجودیها را می‌توان به مواد خام، مواد تحت فرایند، کالای ساخته شده و ضایعات طبقه‌بندی نمود. سازمانهای مختلف با توجه به ماهیت کسب و کار خود انواع مختلفی از موجودیها را نگهداری می‌نمایند. موجودی در شرکت‌های خرده‌فروش به شکل کالاهای ساخته شده و در شرکت‌های تولیدی بشکل مواد خام و یا مواد تحت فرایند<sup>۲۸</sup> می‌باشد.

نگهداری سطوح مناسب موجودی سازمان را در دستیابی به چندین کارکرد مهم از جمله مواجهه با عدم اطمینان در تولید و تامین (زمان، مکان، تنوع و تعداد) امکان تولید اقتصادی، بهره‌گیری از تخفیفات کمی در سفارش‌دهی و نیز بهبود کیفیت محصول کمک می‌نماید. از دیگر دلایل نگهداری موجودی می‌توان به مواردی چون تغییرات فصلی تقاضا، محدودیتهای تامین یا ظرفیت تولید، افزایش قیمت خرید و احتمال کمبود عرضه نیز اشاره نمود.

<sup>28</sup> -work in process

در شرایط تولید، ذخیره موجودی مشکلات ناشی از عدم توازن در نرخ تولید ایستگاههای مختلف را از بین خواهد برد. ذخیره موجودی همچنین می تواند به عنوان ابزاری برای حذف وابستگی و ایجاد تعادل میان دو نهاد مجاور در زنجیره تامین که دارای نرخ تولید/ مصرف متفاوت می باشند، مورد استفاده قرار گیرد.

## ۲-۴-۱-۲ هزینه های سیستم موجودی

هزینه های تدارک، نگهداری، کمبود، هزینه حمل و نقل و ... از مهمترین هزینه های سیستم موجودی محسوب می شوند. تعامل موجود میان این هزینه ها پایه و اساس انتخاب سیاست برنامه ریزی، شیوه تحلیل و ارزیابی و نهایتاً تعیین سطح بهینه موجودیهاست. در این بخش برخی از هزینه های سیستم موجودی معرفی و روش محاسبه هر یک به اختصار تشریح می گردد.

پارامترهای مورد نیاز عبارتند از:

$I_t$ : میزان موجودی انبار در لحظه  $t$

$B_t$ : میزان کمبود در لحظه  $t$

$b$ : تعداد واحد تقاضای تامین نشده

$c$ : قیمت واحد کالا

$Q$ : میزان سفارش اقتصادی

$T$ : طول سیکل موجودی

$A$ : هزینه ثابت ایجاد (صدور) یک سفارش

$\omega$ : هزینه انبارش واحد کالا

$i$ : نرخ سود (سود حاصل از فعالیت یک واحد پول در یک واحد زمان)

$\pi$ : هزینه کمبود واحد کالا (مستقل از زمان)

$\hat{\pi}$ : هزینه کمبود واحد کالا به مدت یک واحد زمانی

### هزینه تدارک

مجموع هزینه‌های سفارش‌دهی و خرید را هزینه تدارک موجودی می‌نامند. هزینه ثابت سفارش‌دهی شامل هزینه‌های آماده‌سازی، انتقال و پیگیری سفارش بوده و عموماً مستقل از اندازه سفارش است. در مقابل هزینه خرید وابسته به اندازه سفارش بوده و بصورت خطی یا غیر خطی (سیستم تخفیفات کمی) تغییر می‌نماید.

$$A + Q \times C = \text{قیمت واحد کالا} \times \text{اندازه سفارش} + \text{هزینه ثابت سفارش‌دهی} = \text{هزینه تدارک سفارش}$$

### هزینه نگهداری

هزینه نگهداری موجودی از دو بخش هزینه انبارش و هزینه رکود سرمایه تشکیل شده است. هزینه انبارش هزینه‌هایی از قبیل اجاره فضای انبار، بیمه، مالیات، منسوخ شدگی، صدمات، فساد (پوسیدگی و تخریب)، گرمایش و روشنایی و ... را در بر می‌گیرد. هزینه رکود سرمایه نیز سود از دست رفته ناشی از نگهداری سرمایه به صورت موجودی است که با توجه به نرخ سود، قیمت واحد کالا و متوسط موجودی محاسبه می‌گردد.

$$\text{هزینه رکود سرمایه} + \text{هزینه انبارش} = \text{هزینه نگهداری}$$

$$\text{متوسط موجودی در طول دوره} \times \text{هزینه انبارش هر واحد} = \text{هزینه انبارش}$$

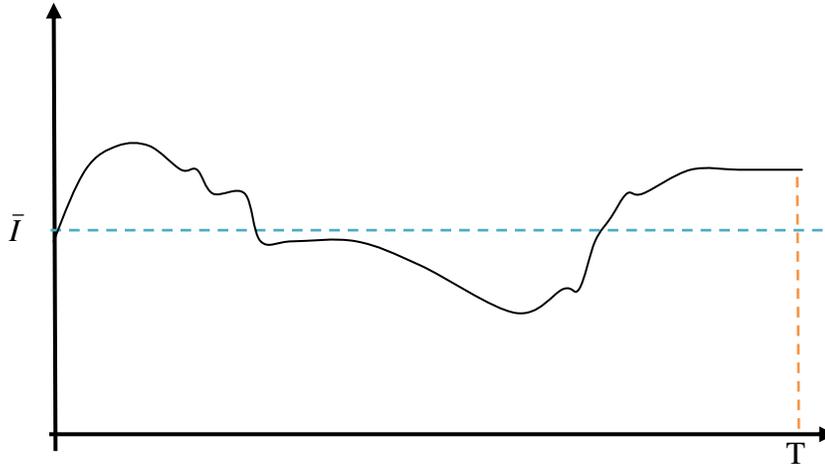
$$\text{متوسط موجودی در طول دوره} \times \text{قیمت واحد} \times \text{نرخ سود} = \text{هزینه رکود سرمایه}$$

متوسط موجودی در طول دوره برنامه ریزی  $(0, T)$  را می‌توان با تقسیم میزان موجودی نگهداری شده در

طول دوره بر مدت زمان سیکل موجودی محاسبه نمود. در شکل ۲-۵ این موضوع نشان داده شده است.

به این ترتیب با جایگذاری روابط مذکور خواهیم داشت:

$$\bar{I} = \frac{1}{T} \int_0^T I_t dt$$



شکل ۲-۵: تغییرات موجودی انبار نسبت به زمان

متوسط موجودی  $\times$  (هزینه انبارش واحد کالا + قیمت واحد  $\times$  نرخ سود) = هزینه نگهداری  $\bar{I}$

$$h = (iC + \omega) \times \bar{I}$$

با توجه به این که هزینه انبارش در مقایسه با هزینه رکود سرمایه ناچیز و قابل اغماض می باشد لذا در

اغلب مدل‌های موجودی هزینه نگهداری به صورت  $iC\bar{I}$  در نظر گرفته می شود.

## هزینه کمبود

توقف تولید و یا کمبود موجودی فرایند تامین تقاضا را دچار وقفه نموده و هزینه هایی چون کاهش

درآمد یا سود و اعتبار، خرید اقلام از سایر فروشندگان، پیگیری سفارش، هزینه حمل و نقل بیشتر و... را برای

سیستم موجودی به دنبال خواهد داشت.

چنانچه تامین تقاضا پس از دریافت سفارش و یا شروع مجدد تولید، امکان پذیر باشد، تقاضا به حالت سفارش عقب افتاده و در غیر این صورت (تامین نیاز متقاضی از محل دیگر)، کمبود به عنوان فروش از دست رفته برای سیستم موجودی محسوب می شود. در شرایط فروش از دست رفته هزینه کمبود تابعی از تعداد واحد تقاضای تامین نشده و در حالت سفارش عقب افتاده، تابعی از تعداد سفارشات عقب افتاده و مدت زمان کمبود می باشد.

هزینه کمبود (فروش از دست رفته):

$$\pi \times b = \text{تعداد واحد تقاضای تامین نشده} \times \text{هزینه کمبود واحد کالا (مستقل از زمان)}$$

هزینه کمبود (سفارش عقب افتاده):

$$\bar{B} \times \pi = \text{متوسط کمبود در طول دوره} \times \text{هزینه کمبود واحد کالا به مدت یک واحد زمانی}$$

متوسط کمبود در دوره زمانی (0, T) عبارت است از:

$$\bar{B} = \frac{1}{T} \int_0^T B_t dt$$

## ۲-۴-۲ سیاست های برنامه ریزی و کنترل موجودی

خط مشی موجودی مبنای تصمیم گیری در مورد نحوه اداره سیستم موجودی و در واقع هسته اصلی برنامه-ریزی و کنترل موجودیها می باشد. خط مشی موجودی، زمان سفارش گذاری برای جایگزینی موجودی و همچنین میزان سفارش اقتصادی را مشخص خواهد نمود.

در ادامه ۴ مورد از مهمترین خط مشی های کنترل موجودیها و مزایا و معایب هر یک مختصراً مورد بررسی

قرار می گیرد.

## ۲-۴-۲-۱ سیاست (S,Q): مرور دائم؛ نقطه سفارش، اندازه سفارش

در این سیاست، مرور موجودی بصورت دائم صورت می پذیرد. چنانچه موقعیت موجودی به نقطه سفارش S یا پایین تر از آن کاهش یابد، سفارشی با اندازه ثابت Q به تامین کننده ارسال می گردد. در سیاست (S,Q) جایگزینی موجودی بر اساس موقعیت موجودی (موجودی خاص + موجودی در راه) خواهد بود. به این ترتیب در هر لحظه، حداکثر یک سفارش در دست تحویل وجود دارد.

سیاست (S,Q) را اغلب به سیاست دو ظرفی نیز می شناسند. زیرا یک شکل فیزیکی از اجرای آن، استفاده از دو ظرف برای ذخیره یک کالا می باشد. تا زمانی که موجودی ظرف اول به صفر نرسیده باشد تقاضا از طریق اقلام موجود در این ظرف پاسخ داده می شود.

میزان موجودی در ظرف دوم متناظر با نقطه سفارش می باشد، بنابراین با بازگشایی ظرف دوم، عمل سفارش گذاری صورت می گیرد. پس از دریافت سفارش، ابتدا موجودی مصرف شده ظرف دوم جایگزین شده و سپس موجودی باقیمانده به ظرف اول انتقال می یابد.

سادگی درک سیاست (S,Q) برای متصدیان کنترل موجودی، کاهش احتمال بروز خطا و قابلیت پیش بینی نیازمندیهای تولید برای تامین کننده را می توان از مزایای سیاست اندازه سفارش ثابت به شمار آورد. در مقابل محدودیت سیاست (S,Q) در شکل اصلاح نشده آن، کارایی پایین در تراکنش های بزرگ می باشد. به ویژه در شرایطی که اندازه تراکنش ها آنقدر بزرگ باشد که یک سفارش به اندازه Q حتی نتواند موقعیت موجودی را به نقطه سفارش دهی برساند (مثلاً فرض کنید  $Q=10$ ، موقعیت موجودی برابر است با  $s+1$  و تقاضایی به اندازه ۱۵ واحد از راه می رسد). در این حالت می توان اندازه سفارش را ضریب صحیحی از Q و آنقدر بزرگ در نظر گرفت که موقعیت موجودی از S فراتر رود.

### ۲-۲-۴-۲ سیاست (S,S)؛ مرور دائم؛ نقطه سفارش، سفارش تا نقطه تراز

در این حالت نیز مرور موجودی بصورت دائم می‌باشد و مشابه با سیاست (S,Q)، تأمین موجودی مورد نیاز همزمان با کاهش سطح موجودی به نقطه سفارش S صورت می‌گیرد؛ ولیکن در تعارض با سیاست (S,Q)، اندازه هر بار سفارش متغیر بوده و موقعیت موجودی را به سطح تراز S می‌رساند. در صورتیکه تراکنش‌های تقاضا با اندازه‌های واحد در نظر گرفته شود، عملکرد دو سیاست مذکور یکسان می‌باشد زیرا همواره سفارش - دهی دقیقاً در موقعیت موجودی S انجام می‌گیرد (S=S+Q). با توجه به اینکه در این سیاست موقعیت موجودی همواره بین حداقل S و حداکثر S قرار می‌گیرد، سیاست (S,S) را سیاست حداقل - حداکثر نیز می‌نامند.

می‌توان نشان داد که، مجموعه هزینه‌های جایگزینی، نگهداری و کمبود موجود در سیستم‌هایی که از سیاست (S,S) استفاده می‌نمایند در حالت بهینه بیشتر از سیاست (S,Q) نخواهد بود. با این وجود، به استثناء شرایطی که در آن تفاوت هزینه‌های حاصل از بکارگیری این دو سیاست قابل توجه است، سیاست (S,Q) جایگزین مناسبی برای (S,S) محسوب می‌شود. با اینکه سیاست (S,S) در عمل بسیار به کار می‌رود اما اندازه پارامترهای کنترلی آن اغلب به صورت تقریباً دلخواه تعیین می‌شود. باید توجه داشت که برای اقلام دسته B (و حتی اقلام دسته A)، بهینه‌سازی ریاضی چندان مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. بلکه برای این اقلام با استفاده از یک روش نسبتاً ساده می‌توان مقادیری معقول از S و S را بدست آورد. از معایب سیاست (S,S)، متغیر بودن اندازه سفارش و عدم وجود شیوه جهت تعیین آن است. براین اساس سیاست (S,Q)، بدلیل قابلیت پیش‌بینی اندازه سفارشات در اغلب موارد ترجیح داده می‌شود.

### ۲-۲-۴-۳ سیاست (R,S)؛ مرور دوره‌ای؛ سفارش تا نقطه تراز

در این سیاست که به سیاست جایگزینی تناوبی موجودی نیز مشهور است، در هر R واحد زمانی (زمان هر مرور)، سفارش‌گذاری به میزان لازم جهت جایگزینی موجودی تا سطح تراز S انجام می‌گیرد.

در سیاست  $(R,S)$  موجودی اقلام مرتبط، بصورت هماهنگ تأمین می‌شود. این امر کاهش قابل توجه هزینه‌های سیستم موجودی را به دنبال خواهد داشت. از دیگر مزایای این سیاست می‌توان به بازنگری و اصلاح سطوح تراز با توجه به تغییر الگوی تقاضا اشاره نمود. بالا بودن هزینه‌های نگهداری نسبت به سیاست‌های  $(S,Q)$ ،  $(S,S)$  ضعف عمده این سیاست می‌باشد.

#### ۲-۴-۲-۴ سیاست $(R,S,S)$ ؛ مرور دوره‌ای؛ نقطه سفارش، سفارش تا نقطه تراز

این سیاست در حقیقت ترکیبی از سیاست‌های  $(S,S)$  و  $(R,S)$  است. در این روش در هر  $R$  واحد زمانی وضعیت سیستم موجودی مورد بررسی قرار می‌گیرد؛ در صورتیکه موقعیت موجودی برابر نقطه سفارش  $S$  دهی  $S$  و یا پایین‌تر از آن باشد، با یک سفارش گذاری موقعیت موجودی به سطح  $S$  می‌رسد. چنانچه مقدار  $R$  برابر صفر باشد، این سیاست به سیاست  $(S,S)$  تبدیل می‌شود. همچنین سیاست  $(R,S)$  را می‌توان یک حالت خاص سیاست  $(R,S,S)$  با فرض  $s=S-1$  دانست. پایین‌تر بودن مجموع هزینه‌های جایگزینی موجودی، نگهداری و کمبود در سیاست  $(R,S,S)$  بهینه نسبت به سایر سیاست‌های برنامه‌ریزی و کنترل موجودی‌ها (ویژگی‌های خوب)، درک مشکل و محاسبات طولانی را می‌توان از ویژگی‌های این سیاست نام برد (ویژگی‌های بد).

در **جدول ۲-۱**، خط مشی موجودی مناسب به تفکیک نوع اقلام و ماهیت کنترل ارائه شده است. با توجه به اینکه صرفه جویی‌های حاصله برای اقلام دسته  $C$  بسیار جزئی می‌باشند، شرکت‌ها عموماً از سیاست‌هایی چون  $(S,Q)$  و  $(R,S)$  و یا روش‌های دستی و ساده برای مدیریت موجودی اقلام این دسته استفاده می‌نمایند.

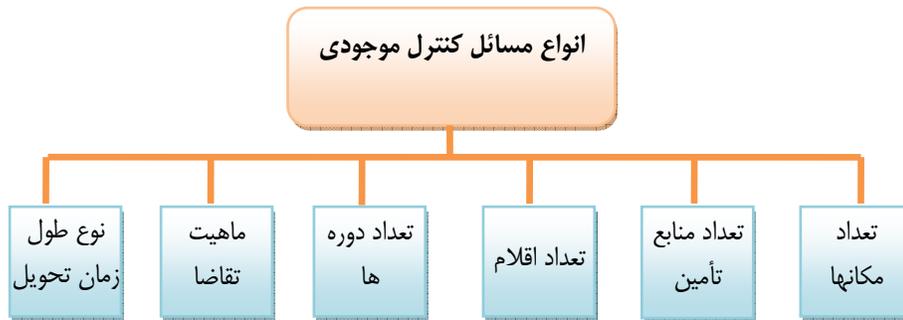
جدول ۲-۱: قوانین سرانگشتی برای گزینش شکل خط مشی موجودی

نوع اقلام	مرور دائم	مرور دوره ای
اقلام دسته A	(s,S)	(R,s,S)
اقلام دسته B	(s,Q)	(R,S)

۲-۴-۳ طبقه بندی مدل های کنترل موجودی

مدلهای مربوط به موجودی را می توان به چند روش دسته بندی نمود. مسایل کنترل موجودی براساس

تعداد مکان ها، منابع تأمین، اقلام، دوره ها و ماهیت تقاضا طبقه بندی می گردند. شکل (۲-۶)



شکل ۲-۶: طبقه بندی مسایل کنترل موجودی

موجودی ها را می توان در چندین مکان مختلف از جمله ساختمان های مختلف در داخل یک کارخانه،

شهرهای مختلف در یک ناحیه و یا حتی در کشورهای مختلف ذخیره نمود. با توجه به تأثیر قابل توجه محل

نگهداری موجودی بر افزایش و یا کاهش هزینه های سیستم موجودی، در بسیاری از مدل های ریاضی کنترل موجودی تعیین محل مناسب ذخیره سازی نیز مورد توجه قرار گرفته است.

تعداد منابع تأمین بر قابلیت اعتماد به تأمین موجودی تأثیر می گذارد. تأمین موجودی از چندین تأمین کننده اگرچه منجر به دریافت کالاهایی با کیفیت های متفاوت می گردد، ولیکن در بسیاری مواقع برای اطمینان از دسترسی به موقع به کالا مطلوب خواهد بود.

مسائل کنترل موجودی بر مبنای تعداد اقلام را می توان به تفکیک ۲ بخش تک محصولی و چند محصولی مورد بررسی قرار داد. سفارش گذاری، نگهداری و کنترل سیستم های موجودی چند محصولی مستلزم تلاش بیشتر عملیاتی می باشد، در حالیکه مزایایی چون بهره گیری از تخفیفات کمی را به دنبال خواهد داشت. برنامه ریزی سیستم موجودی چند دوره ای می تواند بصورت سفارش گذاری مکرر یا نامکرر انجام گیرد. در حالتیکه تقاضای همه دوره ها یکسان باشد، سفارش گذاری ها در ابتدای بازه هایی با طول ثابت و در غیر این صورت در بازه های زمانی متغیر صورت می پذیرد. برخی از تصمیمات کنترل موجودی از قبیل تک دوره ای یا سفارشات نامکرر مانند تقاضاهای فصلی خاص یا تقاضاهای مربوط به روزهای عید جز انواع خاص تصمیمات کنترل موجودی تقسیم بندی می شوند.

ماهیت تقاضا (وابستگی، تغییرپذیری و عدم قطعیت) به شدت بر نوع سیستم موجودی و خط مشی کنترل آن بسیار تأثیر گذار است. در محیطی که با چند نوع قلم سروکار داریم، وابستگی بین اقلام یک عامل کلیدی است. چنانچه تقاضاهای اقلام مختلف مستقل از یکدیگر باشند پیش بینی تقاضای هر محصول جداگانه و در صورت وجود وابستگی، براساس تقاضای اقلام دیگر برآورده می شود. مسائل موجودی با تقاضای ثابت بسیار آسانتر از مسائل با تقاضای متغیر است. به همین ترتیب مدلسازی و بررسی شرایط تقاضای قطعی بسیار ساده تر از

مسائل موجودی احتمالی می باشد. درحالی که مدل قطعی و تک دوره‌ای باشد، تصمیمات کنترل موجودی به مدل مشهور EOQ برمی گردد. در حالت چند دوره‌ای قطعی عموماً از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی خطی استفاده می شود. همچنین برای توابع غیرخطی می توان به صورت تحلیلی جواب بهینه را شناسایی نمود.

## ۲-۵ برنامه ریزی و کنترل موجودی ها در زنجیره تأمین

به منظور روشن شدن ارتباط مدیریت موجودی و زنجیره تأمین به شرح مختصری از جایگاه لجستیک در زنجیره تأمین می پردازیم. طبق تعریف انجمن مدیریت لجستیک، لجستیک عبارتست از فرایند برنامه ریزی، بکارگیری و کنترل اثربخش و کارآمد جریان و ذخیره کالاها، خدمات و اطلاعات مربوطه، از نقطه شروع تا نقطه مصرف به منظور تطابق با نیازهای مشتری. بر این اساس لجستیک بر پایه نگرش یکپارچه به جریان مواد و کالاها از منبع تأمین تا نقطه مصرف نهایی استوار است. بر این اساس لجستیک فعالیت‌هایی چون تأمین، تولید و توزیع را شامل می شود.

حوزه‌هایی وظیفه‌ای مشخصی که به آمیخته لجستیک معروفند عبارتند از:

\* موجودی؛ تصمیمات مربوط به سطوح خدمت، برنامه ریزی نیازمندی های مواد

\* اطلاعات؛ فرایند سفارش دهی، پیش بینی تقاضا

\* انبارش و نگهداری؛ مکان یابی انبارها، مجموعه سازی و بسته بندی

\* حمل و نقل؛ انتخاب روش، زمانبندی و برنامه ریزی

به این ترتیب لجستیک به مدیریت جریان فیزیکی مواد، مکان یابی کارخانه ها و انبارها و همچنین

مدیریت سطوح موجودی، مواد و سیستم اطلاعاتی در قالب فعالیت هایی از قبیل تأمین، تولید و توزیع می پردازد.

مطابق نگارش هاكس و كاندا<sup>۲۹</sup> به سیستم های تولید - موجودی، تصمیمات لجستیکي عموماً در سه سطح قابل بررسی می باشند:

«تصمیمات سطح استراتژیک» که عموماً به تصمیماتی اطلاق می گردد که دارای تأثیر بلندمدت و پایدار خواهند بود. از نمونه های تصمیم گیری در این سطح می توان به تصمیماتی در مورد تعداد، موقعیت و ظرفیت انبارها و کارخانه های تولیدی یا شکل جریان مواد در شبکه لجستیک اشاره نمود. «تصمیمات سطح تاکتیکی» حداقل فصلی و حداکثر سالانه اتخاذ می گردند. تصمیمات خرید و تولید، سیاست های موجودی، استراتژی های حمل و نقل و... نمونه هایی از تصمیم گیری سطح تاکتیکی می باشند. «تصمیمات سطحی عملیاتی» نیز تصمیمات روزمره از قبیل زمانبندی، مسیریابی و بارگیری وسایل حمل را شامل می شود.

ناگفته پیداست که مدیریت موجودی در کاهش هزینه های سیستم لجستیک و عملکرد بهتر زنجیره تأمین از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد؛ لذا بکارگیری روش ها و شیوه های نوین برنامه ریزی، کنترل و پیاده سازی مدیریت موجودی می تواند به حفظ موقعیت سازمان در زنجیره تأمین کمک نموده و دستیابی به اهداف سازمانی را در بازار رقابتی امکان پذیر نماید.

## ۲-۵-۱ ساختار سیستم های چند سطحی<sup>۳۰</sup>

از دیدگاه مدیریت زنجیره تأمین، کلیه تأمین کنندگان مواد اولیه، تولید کنندگان، توزیع کنندگان و فروشندگان در بهبود کیفیت محصول نهایی و کاهش هزینه ها و قیمت نهایی به طور مستقیم تأثیر گذار می باشند. به این ترتیب برنامه ریزی صرفاً برای یک بنگاه به منظور بهبود و کاهش هزینه ها قابل قبول نبوده، بلکه می باید تا حد امکان سطوح مختلف و محدودیت های آنها به صورت همزمان در نظر گرفته شود.

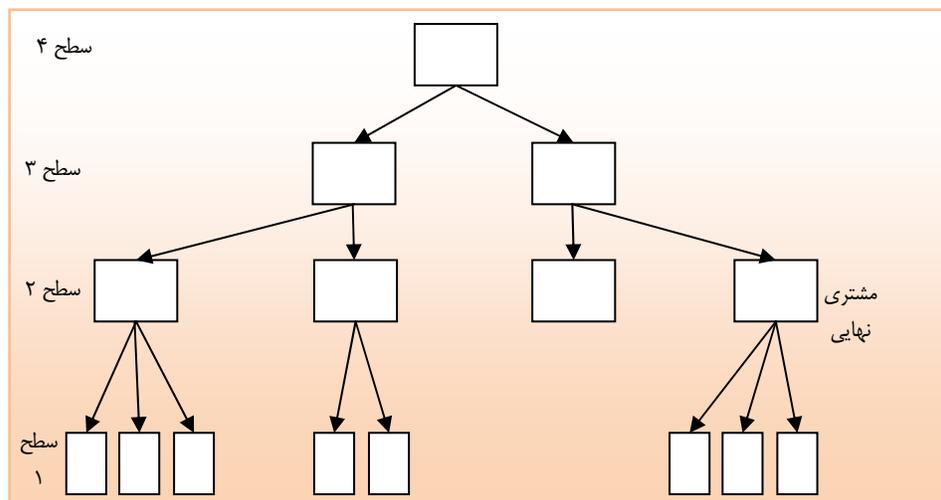
<sup>29</sup> Hax & Candea

<sup>30</sup> Multi Echelon

یک محصول در یک سیستم موجودی می تواند در یک و یا چند محل ذخیره گردد. چنانچه بیش از یک محل ذخیره وجود داشته باشد امکان تبادل موجودی به صورت های گوناگون بین محل های ذخیره فراهم می شود. ساده ترین شکل این تبادل زمانی است که یک محل ذخیره به عنوان یک انبار برای یک یا تعداد بیشتری از محل های ذخیره دیگر مورد استفاده قرار گیرد. این امر منجر به نگهداری موجودی در چندین سطح می گردد.

شکل (۷-۲) نمایانگر ساختار یک سیستم ۴ سطحی است. هر سطح یک اپلون (یا مرحله) نامیده می شود. در این سیستم تأمین موجودی هر سطح از محل موجودی سطح بالاتر و تقاضای مشتری نهایی تنها از طریق محل های ذخیره در سطح اول بر آورده می گردد. شبکه مذکور می تواند بیانگر یک سیستم توزیع - تولید نیز باشد. در این صورت سطح (۴) انبار کارخانه ای است که در آن محصول تولید می شود. سطح (۳) بیانگر انبارهای منطقه ای، سطح (۲) نمایانگر انبارها در شهرهای مختلف و سطح (۱) مؤسسات کوچک عرضه کننده کالا به مردم را نشان می دهد.

اکثر سیستم های موجودی در دنیای واقعی دارای طبیعت چند مرحله ای می باشند. برآورد تقاضای مشتریان در تمامی سطوح، تأمین موجودی هر سطح از سطوح بالاتر و توزیع مجدد موجودی ها در بین محل های ذخیره متعدد در یک سطح را می توان از دیگر مزایای سیستم های چند مرحله ای نسبت به سیستم های تک



شکل ۷-۲: ساختار یک سیستم چند سطحی

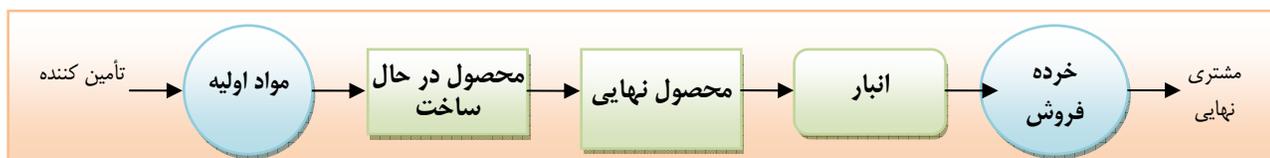
باید توجه داشت که به دلیل پیچیدگی‌های زیاد روابط و یا وجود روابط غیرسیستماتیک بین سطوح غالباً نمی‌توان سیستم‌های چند مرحله‌ای را به صورت کامل و دقیق مورد تجزیه و تحلیل قرار داد، بلکه تنها می‌توان با بکارگیری روش‌های تحلیلی و کمی، هزینه‌های یک سیستم موجودی چند سطحی را به صورت تقریبی بهینه و دکرین عملی را که باید به وسیله هر سطح بکار گرفته شود مشخص نمود.

## ۲-۵-۲ شبکه‌های زنجیره تأمین

در دیدگاه زنجیره تأمین، تمامی سازمانهایی که در تولید و عرضه محصول تأثیر گذار می‌باشند، همانند حلقه‌های یک زنجیر به یکدیگر متصلند و در راستای ارائه بهتر خدمت به مصرف‌کننده نهایی محصول تلاش می‌نمایند. نحوه ارتباط این حلقه‌ها، ساختار زنجیره تأمین را تعیین خواهد نمود. در این بخش شبکه‌های زنجیره تأمین معرفی می‌گردند.

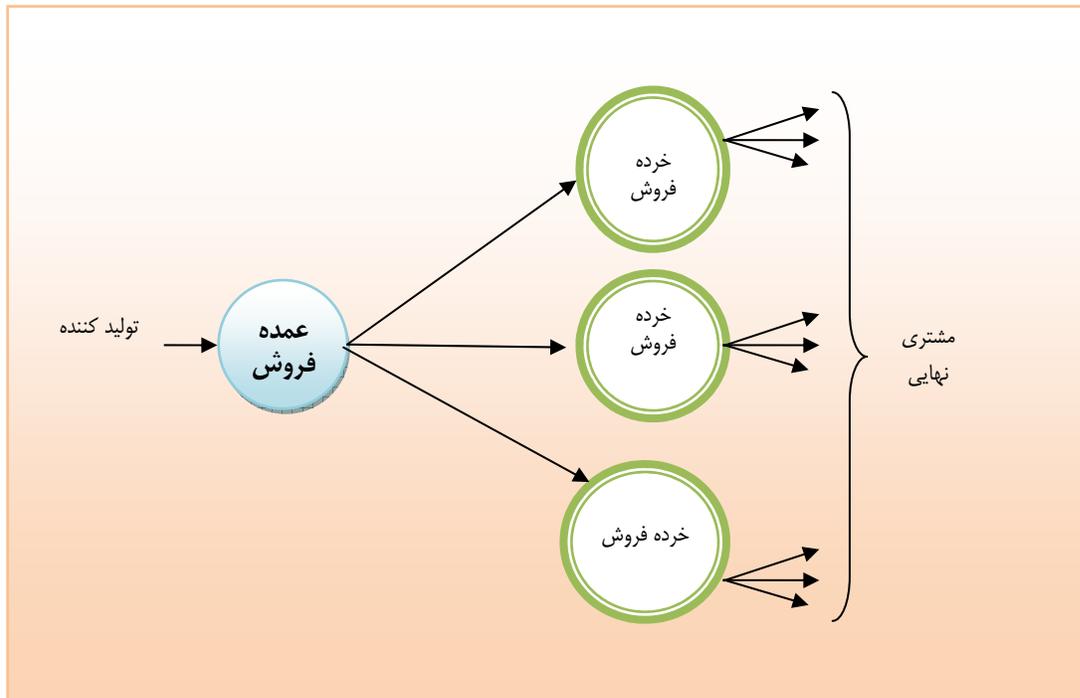
(۱) شبکه سری: در این حالت در هر سطح از زنجیره یک بنگاه وجود دارد. این بنگاه‌ها به صورت سری با

یکدیگر در ارتباطند. شکل (۲-۸)



شکل ۲-۸: شبکه زنجیره تأمین سری

(۲) شبکه واگرا: در شبکه‌های واگرا هر بنگاه محصول خود را به چندین بنگاه عرضه می‌نماید. شکل (۲-۹)



شکل ۲-۹: شبکه زنجیره تأمین واگرا

۳) شبکه همگرا: در این حالت غالباً مربوط به مونتاژ قطعات برای تهیه محصول نهایی است. در این نوع

شبکه چندین بنگاه در یک سطح با یک بنگاه هدف در ارتباط می‌باشند.

۴) شبکه مختلط: این شبکه حالت عمومی زنجیره تأمین می‌باشد و ترکیبی از شبکه‌های فوق است.

### ۲-۵-۳) تصمیم‌گیری در سیستم‌های چند سطحی

تصمیم‌گیری در سیستم‌های چند سطحی را میتوان به دو بخش تقسیم نمود:

۱) تصمیمات ساختاری: این تصمیمات مبنای طراحی شبکه تسهیلات جهت ارائه محصولات / خدمات با

افق زمانی بلند مدت محسوب می‌گردند. برخی از حوزه‌های تصمیمات ساختاری عبارتند از:

- کارخانه‌ها، انبارها و خرده‌فروشان در کجا مستقر شوند؟

- تعداد و ظرفیت تسهیلات چقدر باید باشد؟
  - نیازمندیهای افزایش ظرفیت تولید
  - کدام تسهیلات باید کدام محصول را تولید و توضیح نماید؟
  - چه روش حمل و نقلی برای هر یک از محصولات و تحت چه شرایطی باید مورد استفاده قرار گیرد؟
- (۲) تصمیمات هماهنگی<sup>۳۱</sup>: این نوع تصمیمها پس از تصمیمهای ساختاری، به صورت کوتاه مدت و براساس میزان تقاضا و مدت زمان تدارک اتخاذ می گردند. تصمیمات هماهنگی مواردی از قبیل:
- آیا تصمیمهای ذخیره سازی و سفارش می باید به صورت متمرکز انجام گیرد و یا غیرمتمرکز؟
  - آیا موجودیها باید به صورت متمرکز نگهداری شوند و یا به سطوح خرده فروشی منتقل گردند؟
  - موجودی محدود و غیر کافی چگونه باید به مکانهای مختلف اختصاص داده شود؟
- تصمیمات ساختاری و هماهنگی مشخص کننده نحوه ارتباط سازمانهای عضو زنجیره، ساختار سیستمهای اطلاعاتی، استراتژیهای تأمین، تولید و توزیع و... می باشند. بر این اساس شناخت صحیح عوامل کلیدی و موثر بر این تصمیمات گامی موثر در طرحریزی ساختار زنجیره تأمین و افزایش کارایی آن خواهد بود. برخی از این موارد عبارتند از:
- (۱) زمان تدارک سفارش: مدت زمان مورد نیاز برای تهیه و ارسال یک سفارش
  - (۲) نرخ برآورد سازی: میانگین نسبت تقاضاهای تأمین شده از محل موجودی در دست
  - (۳) تعداد سفارشات عقب افتاده مورد انتظار: میانگین زمانی تعداد سفارشات معوق
  - (۴) هزینه نگهداری موجودی
  - (۵) هزینه راه اندازی

<sup>31</sup>. Coordination Decisions

۶) هزینه کمبود (هزینه فرصت از دست رفته است)

۷) هزینه ثبات سیستم: هزینه مربوط به عکس العمل در برابر تغییر نرخ تقاضا

## ۲-۵-۴ پیشینه تحقیق

در حرکت محصولات از تأمین کننده مواد اولیه تا مشتریان، با توجه به نوع مواد و محصولات، محدودیت های مختلفی بر سیستمهای توزیع - موجودی اعمال می شود. به عنوان مثال عمر کوتاه مواد غذایی موجب می - گردد که تولید آنها با تأخیر صورت گرفته و در کوتاهترین زمان ممکن در اختیار مصرف کننده نهایی قرار گیرد. از سوی دیگر نگهداری موجودی نیز هزینه هایی از قبیل رکود سرمایه، هزینه تدارک، خرابی و ضایعات ناشی از انبارش و... را به بنگاه های اقتصادی تحمیل می نماید. به همین دلیل در برنامه ریزی موجودی می باید تا حد امکان هزینه های مختلف ناشی از این تصمیمات به صورت همزمان در نظر گرفته شود. این نگرش مانع از آن می شود که به منظور کاهش هزینه ها در یک بخش به طور ناخواسته هزینه ای مضاعف به بخش دیگر وارد گردد. ولیکن به دست آوردن سیاست بهینه را در یک سیستم موجودی چند پله ای با در نظر گرفتن تعاملات میان سطوح مختلف مشکل می سازد. از آنجا که دامنه مدل های ارائه شده در ادبیات موضوع بسیار زیاد می باشد، سعی شده است مرتبط ترین کارها در ادامه آورده شود.

در گذشته مدل های مقدار سفارش اقتصادی (EOQ) و مقدار تولید اقتصادی (EPQ) به صورت مستقل از دیدگاه خریدار یا فروشنده مورد استفاده قرار می گرفتند که در اغلب موارد، راه حل بهینه برای یکی از اعضا راه حلی غیربهینه برای سایرین است. در بازارهای رقابتی کنونی، همکاری نزدیک بین فروشندگان و خریداران برای کاهش هزینه مشترک و کاهش زمان پاسخگویی سیستم فروشنده - خریدار ضروریست.

چارچوب کلی برای بررسی تصمیمات موجودی در سیستم های توزیع به صورت زیر است. سیستم های توزیع عموماً شامل چندین منبع تامین (مانند کارخانجات) است که هر یک ظرفیت ثابتی برای چندین نوع محصول دارند و لازم است تا هر منبع به مجموعه ای مشخص از مراکز توزیع خدمت رسانی کند. در مرحله بعدی نیز هر مرکز توزیع به نوبه خود به مجموع های مشخص از مشتریان خدمت دهی می نماید درحالیکه ظرفیت کلی هر مرکز توزیع برای هر نوع محصول محدود است. ارسال محصولات بین مراکز توزیع و مشتریان به صورت مستمر در طی یک دوره زمانی گسسته رخ می دهد. بنابراین، ضروری است تا در هر مرکز توزیع موجودی کافی از هر نوع محصول در آغاز هر دوره زمانی موجود باشد.

به سبب جهانی سازی و افزایش رقابت، توجه فزاینده ای به یکپارچه سازی زنجیره تامین شده است و مطالعات مختلفی به بررسی این مطلب پرداخته اند. به عنوان نمونه ایرن گک<sup>۳۲</sup> و همکاران (۱۹۹۹). [۱۱]. در بخشی از کار خود، تصمیمات موجودی در زنجیره تامین را مورد بررسی قرار داده و مدل ریاضی کلی با فرضیات زیر در نظر می گیرند: (۱) سفارشات عقب افتاده جایز نیست. (۲) زمان های انتظار بین کارخانجات و مراکز توزیع و نیز زمان های انتظار بین مراکز توزیع و مشتریان صفر است. در راستای رویکردهای سنتی، در این مدل تصمیمات موجودی گرفته شده بوسیله هر مرکز توزیع و هر مشتری با تمرکز روی تعیین مقادیر سفارش با هدف ایجاد توازن بین هزینه های نگهداری و سفارش دهی، تعیین می گردد.

یکی از اولین مدل های مرور پیوسته موجودی در سیستم های چند سطحی، توسط شربروک<sup>۳۳</sup> [۱۲] ارائه شد. در این بررسی تقریب متریک به عنوان روشی مناسب جهت تعیین سطح بهینه موجودیها در یک سیستم دو سطحی معرفی می گردد، مدل شربروک توسط مک استادت<sup>۳۴</sup> [۱۳] در سال ۱۹۷۳ توسعه داده شد.

<sup>32</sup>.E renguc

<sup>33</sup>.Sherbrooke

<sup>34</sup>.Muckstadt

هل<sup>۳۵</sup> [۱۴]. در سال (۱۹۹۷) به بررسی مدل یکپارچه تولید-موجودی برای یک فروشنده یک خریدار پرداخته است. در این مدل یک فروشنده (تولید کننده) انباشت هایی به اندازه  $Q$  را در طی  $n$  بار ارسال با اندازه های به ترتیب  $q_1, q_2, \dots, q_n$  به یک خریدار ارسال می کند. اندازه  $i$  مین ارسال برابر است با  $q_i * \lambda^{i-1}$  که در آن  $1 \leq \lambda \leq p/D$  می باشد بول اپراگادا<sup>۳۶</sup> و همکاران [۱۵] به بررسی سیستم توزیعی شامل یک دپو و چند انبار پرداخته اند که در آن تقاضا به صورت احتمالی و در سطح انبارها ایجاد می گردد. در ابتدای هر دوره دپو سفارشی به یک تامین کننده خارج از سیستم ارایه می دهد که سفارش پس از مدت زمان انتظار ثابتی به دپو می رسد. سپس دپو سفارشات رسیده را به انبارها ارسال می کند. دپو هیچ موجودی نگهداری نمی کند. زمان انتظار ثابتی بین دپو و انبارها در نظر گرفته شده است و کمبود به صورت سفارشات عقب افتاده فرض شده است. همچنین انبارها به صورت غیریکسان مورد بررسی قرار گرفته اند. گویال<sup>۳۷</sup> [۱۶]. در سال (۲۰۰۰) در کار خود با در نظر گرفتن مدل یکپارچه تولید-موجودی تک فروشنده تک خریدارهل (۱۹۹۷)، روش ساده ای برای مقاردهی اندازه های ارسالی بدست آمده از روش مذکور را ارائه نموده است.

هوکیو و گویال<sup>۳۸</sup> [۱۷]. در سال (۲۰۰۰) تعیین سیاست بهینه ای برای سیستم یکپارچه تولید-موجودی که از یک خریدار و یک فروشنده تشکیل شده است را مورد مطالعه قرار داده اند مفروضات زیر در توسعه مدل در نظر گرفته شده است:

- نرخ تقاضا قطعی و در طی افق زمانی نامحدود، ثابت است.
- تمام انباشته تولیدی می تواند در بسته های یکسان و یا غیریکسان منتقل گردد. در هر صورت هزینه ثابتی برای هر بار ارسال محاسبه می گردد.

<sup>35</sup> .Hill

<sup>36</sup> .Bollapragada

<sup>37</sup> .Goyal

<sup>38</sup> .Hoque & Goyal

- کمبود مجاز نیست.
- زمان حمل و نقل ناچیز بوده و در نظر گرفته نشده است
- تمامی مقادیر ثابت و قطعی فرض شده‌اند.
- افق زمانی مورد بررسی نامحدود در نظر گرفته شده است.

ویژگی خاص مدل پیشنهادی گویال و هوکیو در بررسی مدل تحت شرط محدود بودن ظرفیت تجهیزات حمل و نقل است.

گری و گویال<sup>۳۹</sup> [۱۸]. مروری بر مقالات مختلفی که توابع گوناگون فاسد شدن کالا را بررسی نموده اند داشته اند برای اولین بار بحث فاسد شدن کالا را وگنر و ویتن<sup>۴۰</sup> [۱۹]. مطرح نمودند.

مرسا<sup>۴۱</sup> [۲۰]. اولین مدل اندازه انباشته تولید اقتصادی را با حالت نرخ ثابت و متغیر زوال ارایه کرده است. جیاسوال و شا<sup>۴۲</sup>

[۲۱]. به فرضیات آنها حالت کمبود را اضافه کرده اند وانگ<sup>۴۳</sup> [۲۲]. یک مدل موجودی تعیین اندازه اقتصادی سفارش و فروش را توسعه داده است که در آن بهبود و فساد اقلام از توزیع وایبل پیروی می کنند .

موون<sup>۴۴</sup> و همکاران، [۲۳]. مدل اندازه اقتصادی سفارش را برای کالاهای فاسدشدنی و بهبود پذیر با منظور کردن ارزش زمانی پول توسعه دادند. آنها فرض کردند که نرخ فساد و بهبود ثابت و تقاضا تابعی از زمان

<sup>39</sup>.Giri & Goyal

<sup>40</sup>.Wagner & Whitin

<sup>41</sup>.Mirsa

<sup>42</sup>.Jiaswal & Shah

<sup>43</sup>.Hwang

<sup>44</sup>.Moon

است. سارکر<sup>۴۵</sup> و همکاران، [۲۴]. یک مدل زنجیره تامین جهت تعیین خط مشی بهینه سفارش برای کالاهای فاسدشدنی با منظور کردن عوامل تورم، کمبود و دیرکرد در پرداخت توسعه داده اند.

یانگ و وی<sup>۴۶</sup> [۲۵]. در کار خود به بررسی مدل یکپارچه تولید-موجودی برای یک کالای فاسد شدنی در یک سیستم متشکل از یک فروشنده و چند خریدار پرداخته‌اند فرضیات زیر در بناسازی مدل در نظر گرفته شده است:

- تنها یک کالا با نرخ فاسد شدن ثابت در زمان انباشت در نظر گرفته شده است.
- تعمیر و یا جایگزینی کالاهای فاسد شده امکانپذیر نیست.
- کمبود مجاز نیست و زمان انتظار صفر فرض شده است.
- هزینه‌های نگهداری تنها برای کالاهای سالم در نظر گرفته می شود.
- نرخ تولید محدود و بزرگتر از مجموع تقاضای خریداران است.

در پایان یانگ و وی با توجه به دشواری حل، در حالت با بیش از دو خریدار، روشی ابتکاری برای حل در حالت های با بیش از دو خریدار ارائه داده‌اند. نتایج عددی نشاندهنده کاهش هزینه‌های کل سیستم در حالت برنامه‌ریزی یکپارچه نسبت به برنامه‌ریزی مستقل هر یک نهاده‌ها می‌باشد. یانگ و وی (۲۰۰۳) در کار خود مدلی برای برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-موجودی کالاهای فاسد شدنی ارائه داده‌اند. این مدل به بررسی حالت تک محصولی و سیستمی متشکل از یک تولید کننده و چند خرده‌فروش اختصاص یافته است. مدل با فرض نرخ محدود تولید و تقاضا، بدون زمان انتظار و یکپارچه تولید-موجودی کالاهای فاسد شدنی ارائه داده‌اند. این مدل به بررسی حالت تک محصولی و سیستمی متشکل از یک تولید کننده و چند خرده‌فروش

<sup>45</sup>.Sarker

<sup>46</sup>.Yang & Wee

اختصاص یافته است. مدل با فرض نرخ محدود تولید و تقاضا، بدون زمان انتظار و کمبود و هزینه ثابت کالاهای فاسد شدنی ایجاد شده است.

راو<sup>۴۷</sup> و همکاران [۲۶]. یک مدل چند سطحی بین تامین کننده، تولید کننده و خریدار برای کالاهای فسادپذیر توسعه داده‌اند. در این مدل پس از تعیین تابع هزینه کل، با یک مثال عددی نشان داده شده است که رویکرد یکپارچه در مقایسه با تصمیم گیری مستقل منجر به کاهش هزینه کل می‌شود

چن و لی<sup>۴۸</sup> [۲۷]. نیز با مطرح کردن بهینه سازی همزمان چند هدف متضاد با قیمت‌هایی غیر قطعی اولین کسانی بودند که بهینه سازی چند هدفه را در شبکه های زنجیره تامین مطرح کردند، همچنین یک مدل دوهدفه توسط فراهانی و الهی پناه<sup>۴۹</sup> [۲۸]. ارائه شده است که یک شبکه توزیع سه سطحی می باشد .

تفاوتی که مدل این تحقیق با بقیه مدلها دارد، این است که در این مدل تعیین مد حمل، بهینه کردن هزینه کالاهای فاسد شدنی و هزینه ثابت عملیاتی مربوط به کارخانه ها و انبارهای فعال (که در اینجا هزینه ثابت عملیاتی مربوط به کارخانه ها و انبارهای بالفعل از میان کارخانه ها و انبارهای بالقوه در نظر گرفته شده است) بیان شده است، که این موارد خیلی بندرت در میان تحقیقات انجام شده در زنجیره تامین به چشم می خورد .

تأثیر فاسد شدن کالا بر عملکرد سیستم موجودی نخستین بار در تحقیقات Ghare و Schrandt در سال ۱۹۶۳ بررسی گردید. [۳۰]. این مطالعات توسط Shah و Jaiswal در سال ۱۹۷۷ با تحلیل و مدلسازی یک سیستم موجودی برای اقلام فاسد شدنی و با در نظر گرفتن نرخ فساد ثابت برای این اقلام تداوم یافت [۳۱].

کوورت و فیلیپ<sup>۵۰</sup> [۳۲]. یک مدل کنترل موجودی برای اقلام فاسد شدنی با نرخ متغیر و با فرض مجاز نبودن کمبود طراحی کردند در این مدل تقاضا به صورت ثابت و نرخ فساد اقلام فاسد شدنی براساس تابع چگالی

<sup>47</sup> .Rau

<sup>48</sup> .Chen & Lee

<sup>49</sup> .Farahani & Elahipanah

<sup>50</sup> .Covert & Philip

وایبول در نظر گرفته شده است. مدل ارایه شده، توسط فیلیپ بار دیگر با در نظر گرفتن تابع چگالی وایبل با سه پارامتر توسعه داده شد.

فصل سوم

# مدلسازی ریاضی

### ۳- فصل سوم: مدلسازی ریاضی

#### ۳-۱ مدل سازی

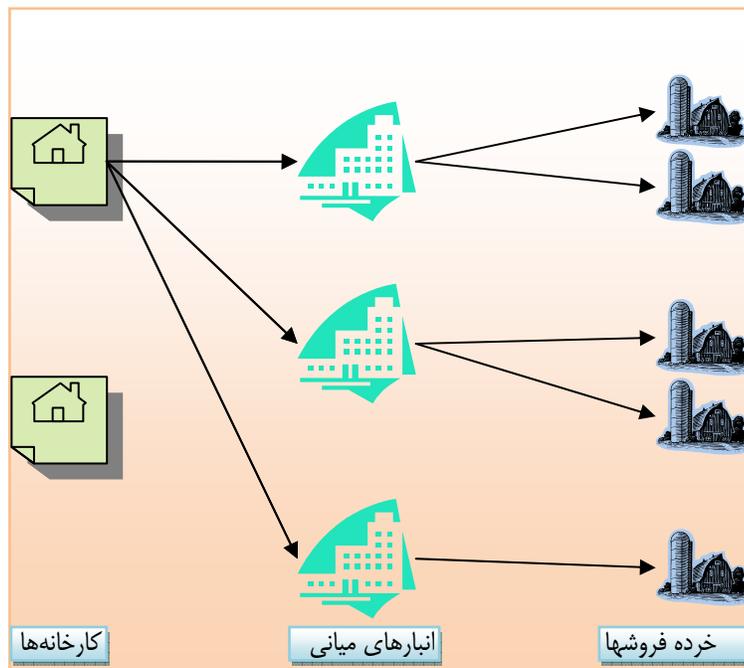
در این تحقیق یک سیستم توزیع سه سطحی برای اقلام فاسد شدنی با در نظر گرفتن فلسفه JIT بررسی خواهد شد. نخست، مدل مسئله ارائه شده و سپس با استفاده از حل کننده Cplex.10.2، الگوریتم ژنتیک و نرم افزار Lingo حل می گردد.

مدلی که در اینجا در نظر گرفته شده دارای مفروضات زیر است:

- ✓ سیستم شامل چند تولید کننده، چند انبار میانی، چند مشتری است (سه سطحی)؛ به هر انبار میانی تعدادی مشتری، تخصیص یافته است.
- ✓ مدل برای چند مد حمل و نقل (جاده ای، ریلی، هوایی و دریایی) طراحی شده است.
- ✓ سیستم برای چند قلم کالا در نظر گرفته شده است.
- ✓ تقاضای کالا در هر دوره ثابت و قطعی است.
- ✓ کمبود مجاز است.
- ✓ تعداد و مکان تسهیلات (کارخانه ها و مراکز توزیع) در دوره های برنامه ریزی مشخص نیست و بایستی از بین مکان های بالقوه مکان آنها انتخاب گردند.
- ✓ کالاها فسادپذیر بوده و تاریخ انقضاء دارند.
- ✓ مدت انقضاء، مضرب صحیحی از طول دوره ها است.
- ✓ کالایی که از طرف کارخانه ارسال می گردد، در ابتدای مدت انقضاء قرار دارد (نو است).

- ✓ سیستم مصرف کالا در انبار FIFO است.
- ✓ زمان حمل کالا در مقایسه با طول دوره برنامه ریزی بسیار کوتاه و قابل صرف نظر کردن است.
- ✓ محدودیت ظرفیت عرضه تأمین کنندگان باید در نظر گرفته شود.
- ✓ تقاضای مشتریان در هر دوره باید برآورده شود.
- ✓ محدودیت ظرفیت کلی انبار در نظر گرفته شود.
- ✓ محدودیت ظرفیت تخصیص یافته انبار به هر کالا در نظر گرفته شود.
- ✓ محدودیت موجودی در انتهای هر دوره منظور شود.
- ✓ محدودیت بودجه برای هر کالا دیده شود.

شبکه این مدل در شکل ۳-۱ آورده شده است.



شکل ۳-۱: زنجیره تأمین مسئله تحقیق

مجموعه و اندیس های به کار رفته در این مدل به قرار زیر است:

- $i=1, \dots, I$  • مجموعه مکان بالقوه کارخانه‌ها
- $k=1, \dots, K$  • مجموعه مشتریان
- $j=1, \dots, J$  • مجموعه مکان بالقوه انبارهای میانی
- $t=1, \dots, T$  • مجموعه دوره های زمانی
- $l=1, \dots, L$  • مجموعه کالاها
- $m=1, \dots, M$  • مدهای حمل و نقل

متغیرهای این مدل در جدول ۳-۱ و پارامترهای آن نیز در جدول ۳-۲ آورده شده اند.

جدول ۳-۱: متغیرهای هر دو مدل

متغیر	توضیح
$X_{ijlm}^t$	مقدار کالای $l$ که از کارخانه $i$ به انبار میانی $j$ در دوره $t$ به وسیله مد $m$ جابه جا می شود.
$Y_{jklm}^t$	مقدار کالای $l$ که از انبار میانی $j$ به خرده فروش $k$ در دوره $t$ به وسیله مد $m$ جابه جا می شود.
$PZ_i^t$	بیان کننده این است که آیا کارخانه $i$ در دوره $t$ فعال است؟ (متغیر صفر و یک)
$DZ_j^t$	بیان کننده این است که آیا انبار میانی $j$ در دوره $t$ فعال است؟ (متغیر صفر و یک)
$B_{kl}^t$	مقدار تجمعی تقاضای پس افت کالای نوع $l$ تا دوره $t$ در خرده فروشی $k$ .
$Im_{kl}^t$	مقدار تجمعی موجودی کالای نوع $l$ تا دوره $t$ در خرده فروشی $k$ .
$v_{kl}^t$	متغیر صفر و یک، که بیانگر پس افت یا نگهداری کالای $l$ تا دوره $t$ در خرده فروشی $k$ است.

جدول ۳-۲: پارامترهای هر دو مدل

پارامتر	توضیح
$pc_{ijm}^t$	هزینه حمل و نقل هر واحد کالای $i$ از کارخانه $i$ به انبار میانی $j$ با مد $m$ در دوره $t$ .
$dc_{klm}^t$	هزینه حمل و نقل هر واحد کالای $i$ از انبار میانی $j$ به خرده فروشی $k$ با مد $m$ در دوره $t$ .
$pf_i^t$	هزینه ثابت عملیاتی کارخانه $i$ در دوره $t$ .
$df_j^t$	هزینه ثابت عملیاتی انبار میانی $j$ در دوره $t$ .
$pb_a^t$	هزینه تولید محصول $i$ در کارخانه $i$ در دوره $t$ .
$dh_{ji}^t$	هزینه نگهداری هر واحد کالای $i$ در انبار میانی $j$ در دوره $t$ .
$d_{ki}^t$	تقاضای محصول $i$ توسط مشتری $k$ در دوره $t$ .
$ps_a^t$	زمان مورد نیاز تولید هر واحد محصول $i$ در کارخانه $i$ و در دوره $t$ .
$PU_i^t$	کل زمان تولیدی در دسترس کارخانه $i$ در دوره $t$ .
$DU_j^t$	کل ظرفیت نگهداری انبار میانی $j$ در دوره $t$ .
$CU_k^t$	کل ظرفیت نگهداری خرده فروشی $k$ در دوره $t$ .
$PW$	حداکثر تعداد کارخانه ها
$DW$	حداکثر تعداد انبارهای میانی
$PV_i^t$	حجم هر واحد کالای $i$ در دوره $t$ .
$PV_{im}^t$	کل ظرفیت حجمی ارسالی مد حمل و نقل $m$ از کارخانه $i$ در دوره $t$ .

کل ظرفیت حجمی ارسالی مد حمل و نقل $m$ از انبار میانی $j$ ام در دوره $t$ .	$DV_{jm}^t$
ظرفیت نگهداری محصول $l$ ام در انبار میانی $j$ در دوره $t$ .	$Q_{jl}^t$
ظرفیت نگهداری محصول $l$ ام در خرده فروش $k$ در دوره $t$ .	$Q_{kl}^t$
حداکثر سفارش عقب افتاده محصول $l$ ام در خرده فروش $k$ ام در دوره $t$ .	$bl_{kl}^t$
ضریب هزینه مرتبط با جریمه هر روز-قلم زود کرد نسبت به موعد تحویل کالای $l$ در خرده فروش $k$ در دوره $t$	$\pi_{kl}^t$
ضریب هزینه مرتبط با جریمه هر روز-قلم دیر کرد نسبت به موعد تحویل کالای $l$ در خرده فروش $k$ در دوره $t$	$\sigma_{kl}^t$
مدت مصرف کالای نوع $l$ ام	$EX_l$
هزینه هر واحد کالای فاسد شده (مربوط به مدل ۲)	$W$

### اهداف این مدل عبارتند از:

- ۱- تعیین تعداد کارخانه‌ها و انبارهای میانی فعال و مکان‌هایشان
- ۲- کاهش هزینه‌های نگهداری انبارهای میانی و خرده فروشان
- ۳- کاهش هزینه‌های توزیع به هنگام (هزینه‌های زود کرد و دیر کرد)
- ۴- کاهش هزینه خرید کالاها
- ۵- کاهش هزینه حمل و نقل انبارهای میانی و خرده فروشان

۶- مصرف کالاها قبل از اتمام تاریخ انقضاء و جلوگیری از فاسد شدن آنها

۷- تعیین دوره های مناسب سفارش دهی

۸- افزایش سرمایه در گردش

۹- افزایش سطح خدمت

### ۳-۱-۱ نمای ریاضی مدل ۱

$$\begin{aligned} \text{Min } Z1 = & \left( \sum_t \sum_m \sum_l \sum_j \sum_i p c_{ijlm}^t \cdot X_{ijlm}^t + \sum_t \sum_m \sum_l \sum_k \sum_j d c_{jklm}^t \cdot Y_{jklm}^t \right) \\ & + \left( \sum_t \sum_i p f_i^t \cdot PZ_i^t + \sum_t \sum_j d f_j^t \cdot DZ_j^t \right) + \left( \sum_t \sum_l \sum_i p b_l^t \cdot \left( \sum_j \sum_m X_{ijlm}^t \right) + \right. \\ & \left. \left( \sum_t \sum_j \sum_{i \neq t} d h_{ji}^t \cdot \left( \sum_i \sum_m \sum_{i'=1}^t X_{ijlm}^{i'} - \sum_k \sum_m \sum_{i'=1}^t Y_{jklm}^{i'} \right) \right) + \left( \sum_t \sum_k \sum_i \sigma_{kl}^t \cdot B_{kl}^t + \sum_t \sum_k \sum_i \pi_{kl}^t \cdot In_{kl}^t \right) \right) \end{aligned} \quad 1$$

$$\sum_m \sum_j Y_{jklm}^t = d_{kl}^t \quad \forall k, l, t \quad 2$$

$$\sum_t p s_{it}^t \cdot \left( \sum_j \sum_m X_{ijlm}^t \right) \leq P U_i^t \cdot PZ_i^t \quad \forall i, t \quad 3$$

$$\sum_t p v_i^t \cdot \left( \sum_i \sum_m X_{ijlm}^t \right) \leq D U_j^t \cdot DZ_j^t \quad \forall j, t \quad 4$$

$$\left( \sum_t p v_i^t \cdot \sum_j \sum_m Y_{jklm}^t \right) \leq C U_k^t \quad \forall k, t \quad 5$$

$$\sum_m \sum_k \sum_{i'} Y_{jklm}^{i'} \leq \sum_m \sum_{i'} \sum_{i'} X_{ijlm}^{i'} \quad \forall j, l, t \neq T \quad 6$$

$$\sum_i PZ_i^t \leq P W \quad \forall t \quad 7$$

$$\sum_j DZ_j^t \leq D W \quad \forall t \quad 8$$

$$\sum_j \sum_l p v_l^t \cdot X_{ijlm}^t \leq P V_{im}^t \quad \forall i, m, t \quad 9$$

$$\sum_k \sum_l p v_l^t \cdot Y_{jklm}^t \leq D V_{jm}^t \quad \forall j, m, t \quad 10$$

$$\sum_j \sum_m \sum_{i'=1}^t Y_{jklm}^{i'} - \sum_{i'=1}^t d_{kl}^t = In_{kl}^t - B_{kl}^t \quad \forall k, l, t \neq T \quad 11$$

$$In_{kl}^t \leq Q_{kl}^t \cdot v_{kl}^t \quad \forall k, l, t \neq T \quad 12$$

$$B_{kl}^t \leq b_{kl}^t \cdot (1 - v_{kl}^t) \quad \forall k, l, t \neq T \quad 13$$

$$\sum_i \sum_m \sum_t X_{ijlm}^t = \sum_k \sum_m \sum_t Y_{jklm}^t \quad \forall l, j \quad 14$$

$$\sum_i \sum_m \sum_{t'=1}^t X_{ijlm}^{t'} - \sum_k \sum_m \sum_{t'=1}^t Y_{jklm}^{t'} \leq Q_{jl}^t \quad \forall j, l, t \neq T \quad 15$$

$$\sum_{t'=1}^t \sum_j \sum_i \sum_m X_{ijlm}^{t'} \leq \sum_{t'=1}^{\min(t+EX_i, T)} \sum_k d_{kl}^{t'} \quad \forall l, t \neq T \quad 16$$

$$\sum_{t'=1}^t \sum_i \sum_m X_{ijlm}^{t'} \leq \sum_{t'=1}^{\min(t+EX_i, T)} \sum_k \sum_m Y_{jklm}^{t'} \quad \forall l, j, t \neq T \quad 17$$

$$PZ_i^t, DZ_j^t, v_{kl}^t = 0 \quad or \quad 1 \quad \forall i, j, t \quad 18$$

$$X_{ijlm}^t, Y_{jklm}^t, In_{kl}^t, B_{kl}^t \geq 0 \quad \forall i, k, l, m, j, t \quad 19$$

### ۳-۱-۱-۱ تشریح مدل ۱

رابطه (۱) تابع هدف مدل ریاضی است و متشکل از هزینه‌های زیر می‌باشد:

- هزینه انتقال کالا (متشکل از هزینه انتقال از کارخانه به انبار میانی (مراکز توزیع)، از مرکز توزیع به خرده فروش)
- هزینه ثابت فعال کردن کارخانه ها و مراکز توزیع
- هزینه تولید کالا توسط کارخانه ها
- هزینه نگهداری موجودی در انبار میانی
- هزینه‌های عدول از سیستم JIT (هزینه‌های زودکرد و دیرکرد)

محدودیت های مدل عبارتند از:

مجموعه محدودیت‌های (۲) بیان‌کننده این است که کل تقاضا در طول افق برنامه ریزی باید تامین گردد به عبارت دیگر مجموع کالاهای ورودی به هر خرده فروش در طول افق باید با مجموع تقاضای رسیده به آن برابر باشد.

مجموعه محدودیت‌های (۳) بیان‌کننده محدودیت زمان تولید کارخانه‌ها می‌باشد. در صورتیکه کارخانه فعال نشود، سمت راست صفر شده و به ناچار کلیه متغیرهای مرتبط بایستی صفر گردند و در صورت فعال شدن کارخانه حداکثر به اندازه زمان قابل دسترس کارخانه می‌توان کالا تولید نمود.

مجموعه محدودیت‌های (۴) نشان‌دهنده محدودیت ظرفیت انبارهای میانی و مجموعه محدودیت‌های (۵) بیانگر محدودیت فضای انبار در خرده‌فروشی‌ها می‌باشد.

مجموعه محدودیت‌های شماره ۶، معادلات بالانس موجودی دوره‌ای در هر عمده فروش هستند و یا به عبارتی اطمینان حاصل می‌کنند که مجموع کالاهای خروجی از هر عمده فروش از کل موجودی آن در هر دوره فراتر نرود.

مجموعه محدودیت‌های (۷) و (۸)، بیانگر حداکثر تعداد تسهیلاتی (کارخانه‌ها و مراکز توزیع) که ممکن است فعال گردند، می‌باشد. محدودیت‌های (۹) و (۱۰) بیانگر محدودیت ظرفیت مدهای حمل و نقل در هر دوره برنامه ریزی می‌باشند. نبایستی میزان کالای حمل شده توسط هر مد از ظرفیت آن بالاتر رود.

مجموعه محدودیت‌های (۱۱)، کمبود و یا سطح موجودی در هر خرده‌فروش را معین می‌کنند. مجموعه محدودیت‌های (۱۲) و (۱۳) بیانگر این هستند که در هر دوره برنامه ریزی برای هر محصول فقط زودکرد و یا دیرکرد می‌توان اتفاق بیفتد و همزمان نمی‌توانند هرکدام مثبت شوند. حداکثر مقدار قابل مجاز آنها نیز نشان داده شده است.

مجموعه محدودیت های (۱۴)، معادلات بالانس موجودی هر انبار میانی در افق برنامه ریزی هستند و یا به عبارتی اطمینان حاصل می کنند که موجودی هر انبار میانی برای هر کالایی در پایان افق برنامه ریزی باید صفر باشد.

مجموعه محدودیت های (۱۵)، محدودیت ظرفیت هر انبار میانی را در هر دوره ارضا می نمایند یعنی تفاوت جریان ورودی و خروجی هر انبار میانی نباید از ظرفیت آن تجاوز کند.

محدودیت های ۱۶ و ۱۷ برای اینست که کالاها در تاریخ مصرف مناسبشان استفاده شوند.

مجموعه روابط (۱۸) نشاندهنده متغیرهای باینری مدل بوده که فعال بودن و غیر فعال بودن کارخانه‌ها و مراکز توزیع را نشان می دهد. همچنین مجموعه روابط ۱۹ نشانگر این هستند که در هر دوره باید میزان موجودی و میزان کمبود مشتریان به ازای هر کالا و هر دوره و میزان سفارش دریافتی از هر تأمین کننده و برای هر انبار میانی و همچنین سفارشات دریافتی توسط مشتریان، مقادیر مثبت باشد.

## ۳-۱-۲ مدل ۲

متغیرها و پارامترهای این مدل نیز در جداول ۳-۱ و ۳-۲ آورده شده اند .

این مدل طوری طراحی شده است که هزینه آن دسته از کالاهایی که در زمان مصرفشان توسط مشتری مصرف نمی شوند و جزء کالاهای فاسد شده محسوب می گردند، را به تابع هدف اضافه کرده و آنرا بهینه می کند. اهداف این مدل عبارتند از :

مجموعه اهداف ۱ تا ۵ و ۷، ۸، ۹ مدل ۱ و همچنین مینیمم کردن هزینه کالاهای فاسد شده می باشد.

## ۳-۱-۲-۱-۲ انمای ریاضی مدل ۲

مدل مذکور شامل تابع هدف زیر می باشد :

(۲۰)

$$\begin{aligned} \text{Min } Z1 = & \left( \sum_t \sum_m \sum_l \sum_j \sum_i pc_{ijlm}^t \cdot X_{ijlm}^t + \sum_t \sum_m \sum_l \sum_k \sum_j dc_{jklm}^t \cdot Y_{jklm}^t \right) \\ & + \left( \sum_t \sum_i pf_i^t \cdot PZ_i^t + \sum_t \sum_j df_j^t \cdot DZ_j^t \right) + \left( \sum_t \sum_l \sum_i pb_{il}^t \cdot \left( \sum_j \sum_m X_{ijlm}^t \right) \right) + \\ & \left( \sum_l \sum_j \sum_{t \neq T} dh_{jl}^t \left( \sum_i \sum_m \sum_{t'=1}^t X_{ijlm}^t - \sum_k \sum_m \sum_{t'=1}^t Y_{jklm}^t \right) \right) + \left( \sum_l \sum_k \sum_t \sigma_{kl}^t \cdot B_{kl}^t + \sum_l \sum_k \sum_t \pi_{kl}^t \cdot In_{kl}^t \right) + \\ & \left( \sum_t \sum_l \sum_i \sum_j \sum_m X_{ijlm}^t - \sum_{t'} \sum_k \sum_l d_{kl}^{t'} \right) * w \end{aligned}$$

و محدودیتهای آن شامل محدودیتهای ۲ الی ۱۵، ۱۸، ۱۹ و

(۲۱)

$$\sum_{t=1}^t \sum_i \sum_m X_{ijlm}^t > \sum_{t=1}^{\min(t+EX_l, T)} \sum_k d_{kl}^{t'} \quad \forall l, j, t \neq T$$

(۲۲)

$$\sum_{t=1}^t \sum_i \sum_m X_{ijlm}^t > \sum_{t=1}^{\min(t+EX_l, T)} \sum_k Y_{jklm}^t \quad \forall l, j, t \neq T$$

می باشد.

### ۳-۱-۲-۲ تشریح مدل ۲

رابطه (۲۰) تابع هدف مدل ۲ ریاضی است و متشکل از هزینه های زیر می باشد:

- هزینه انتقال کالا (متشکل از هزینه انتقال از کارخانه به انبار میانی (مراکز توزیع)، از مرکز توزیع

به خرده فروش)

- هزینه ثابتِ فعال کردن کارخانه ها و مراکز توزیع
- هزینه تولید کالا توسط کارخانه ها
- هزینه نگهداری موجودی در انبار میانی
- هزینه‌های عدول از سیستم JIT (هزینه‌های زودکرد و دیرکرد)
- هزینه ناشی از کالاهای فاسد شده

محدودیت های ۲۱ و ۲۲ برای اینست که مقداری از کالاها در زمان مصرف توسط مشتری مصرف نمی شوند ، چون تاریخ انقضاء دارند فاسد می گردند .

### ۲-۳ نتیجه گیری

بنابراین در هر دو مدل بالا هم شرایط کالاهای فسادپذیر و هم فلسفه JIT با وارد نمودن هزینه ها به تابع هدف لحاظ گردیده است.

فصل چهارم

روشهای حل و نتایج محاسباتی

## ۴- فصل چهارم: روشهای حل و نتایج محاسباتی

### ۴-۱ مقدمه

با پیدایش صنایع و دگرگونی حاصل از آن در صنعت، رقابت حاصل از سبک بازار، سازمانها را در جهت نهادینه‌سازی عملکردهای خود ترغیب نمود. در این راستا مسایلی بوجود آمد که هدف آنها بهینه‌سازی کارکرد مجموعه با توجه به محدودیتهای موجود در سازمان (از قبیل: منابع انسانی، مالی، مدیریتی و ...) بود. با مدل‌سازی این مسایل، همه توجه‌ها معطوف به حل اینگونه مسایل گردید.

در یک تقسیم‌بندی کلی روشهای حل مسایل بهینه‌سازی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

روشهای دقیق<sup>۴۸</sup>: روشهایی مانند (سیمپلکس، دوگان، شبکه، تحدید و انشعاب، برنامه‌ریزی پویا، لاگرانژین و ...) که دستیابی به حل بهینه را تضمین می‌کنند.

روشهای غیر دقیق<sup>۴۹</sup>: روشهایی که درصدد دستیابی به حل‌های نزدیک به بهینه می‌باشند ولی دستیابی به حل بهینه را تضمین نمی‌کنند. رویکردهای ابتکاری و فرا ابتکاری برگرفته از مکانیزم‌های طبیعی متعلق به این دسته می‌باشند.

### ۴-۲ مفاهیم بهینه محلی و بهینه کلی

تعریف همسایگی<sup>۵۰</sup>: یک همسایگی از جواب شدنی  $x \in X$  مانند  $N(x, \delta)$  به مجموعه‌ای از جواب‌های شدنی گفته می‌شود که با اعمال عملگر  $\delta$  بروی  $x$  قابل دستیابی باشند. عملگر  $\delta$  می‌تواند به معنی حذف، اضافه یا تغییر عناصر موجود در  $x$  باشد. به عملگر  $\delta$  اصطلاحاً حرکت<sup>۵۱</sup> نیز گفته می‌شود.

48 . Exact

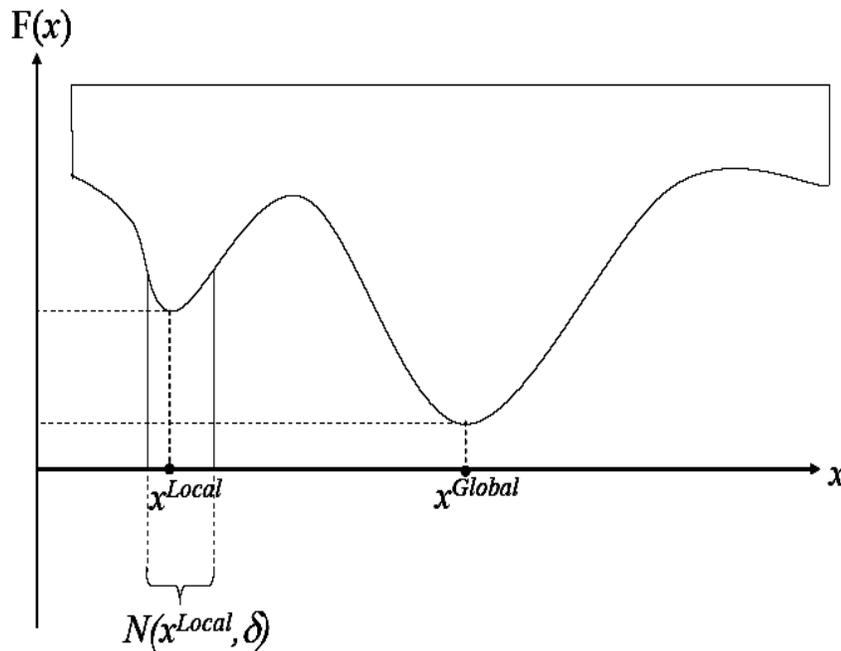
49 . No Exact

50 . Neighborhood

51 . Move

تعریف بهینه موضعی<sup>۵۲</sup>: هر گاه یک همسایگی مانند  $N(x, \delta)$  یافت شود به گونه‌ای که حل  $x$  از هر حل موجود در آن همسایگی بهتر باشد، به  $x$  اصطلاحاً بهینه موضعی گفته می‌شود.

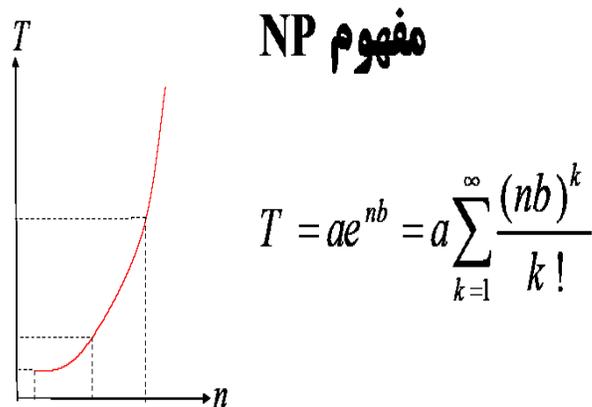
بهینه کلی: جواب  $x$  بهینه کلی مسئله می‌باشد اگر نسبت به کلیه همسایگی‌های آن بهتر باشد و نتوان جوابی بهتر از آن در کل فضای جواب پیدا نمود. شکل ۴-۱ بهینه کلی را در برابر بهینه‌های محلی نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱: نمایش بهینه سراسری در برابر بهینه محلی

تعریف NP: عبارت NP مخفف (NON-Deterministic Polynomial) به

معنای چند جمله‌ای نامعین بوده و در بحث پیچیدگی مطرح می‌گردد. عبارت فوق به مسایلی اطلاق می‌گردد که زمان حل آنها توسط یک الگوریتم دقیق بر حسب ابعاد مساله از نوع یک سری چندجمله‌ای نامعین مانند سری نمایی باشد. مسایلی همانند: TSP, Knapsack, Job shop, Scheduling و ... جزء مسایل NP می‌باشند. این مفهوم در شکل ۲-۴ نمایش داده شده است.



شکل ۲-۴: زمان حل مسئله با توجه به ابعاد آن

T: زمان حل مسئله

n: بعد مسئله

a و b مقادیر ثابت هستند.

یعنی هر چه ابعاد مسئله بزرگ باشند برای حل آن زمان بیشتری نیازاست.

روش ابتکاری: یک روش ابتکاری عبارت است از تکنیکی که حل‌های نزدیک به بهینه را با یک هزینه محاسباتی قابل قبول جستجو می‌کند، ولی تضمینی برای رسیدن به حل بهینه نمی‌دهد

#### ۴-۳ پیاده سازی الگوریتم ژنتیک در حل مدل پیشنهادی

گام ۱: تعیین پارامترهای الگوریتم ژنتیک: احتمال جهش، کراس آور، اندازه جامعه، تعداد نسل

گام ۲: تولید پارامترهای مسئله و تولید مدل آن

گام ۳: تولید جامعه اولیه با اندازه  $K$  با استفاده از متغیرهای صفر و یک به صورت سه رشته مجزا

گام ۴: حل مدل برنامه ریزی خطی برای هر کدام از کروموزوم‌های تولید شده و محاسبه تابع هدف

گام ۵: تکرار مراحل زیر تا رسیدن معیار توقف

(أ) اعمال عملگر تقاطع جهت بدست آوردن فرزندان

(ب) اعمال عملگر جهش برای تولید فرزندان

(ت) محاسبه مقدار تابع جواب‌های تولید شده با حل مسئله برنامه ریزی خطی

(ث) انتخاب والدین جهت نسل بعدی

گام ۶: نمایش جواب و خروجی برنامه

جهت پیاده سازی الگوریتم ژنتیک در حل مدل ارائه شده سعی خواهد شد، به تشریح مراحل و

عملگرهای استفاده شده در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی در حل مسائل چند سطحی موجودی پرداخته شود. شکل

زیر مراحل مختلف الگوریتم ژنتیک پیشنهادی برای حل مسئله را نشان می‌دهد.

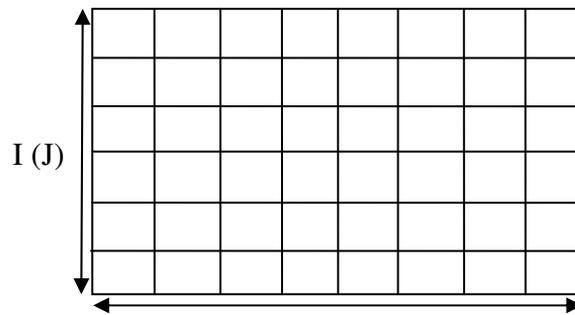
در ادامه سعی شده است مراحل مختلف الگوریتم به صورت کامل تشریح گردند.

## ۴-۳- نمایش کروموزوم‌ها

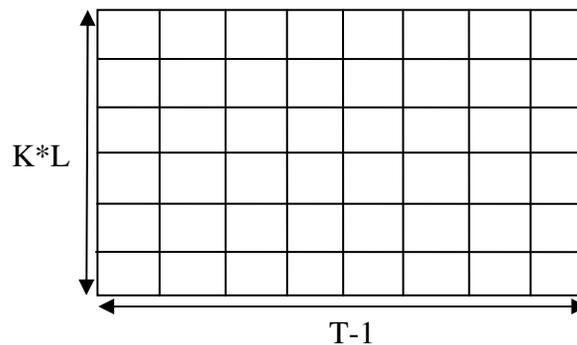
در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی نحوه نمایش کروموزوم‌ها به صورت متغیرهای صفر و یک در نظر گرفته خواهد شد. مدل ارائه شده دارای دو دسته متغیر بوده که در یکسری از آنها متغیرهای صفر و یک و در دسته دیگر متغیرهای اعداد صحیح دیده می‌شوند. از آنجا که تعداد متغیرهای مدل ارائه شده بسیار زیاد بوده و عملاً

غیر ممکن است که کلیه آنها به عنوان ژن‌های یک کروموزوم تعریف شوند لذا در اینجا متغیرهای صفر و یک مدل را به عنوان کروموزوم تعریف نموده که این متغیرها نیز دارای سه دسته زیر می‌باشند:

- ۱) متغیرهایی که برای نشان دادن احداث کارخانه‌ها استفاده می‌گردند.
  - ۲) متغیرهایی که برای نشان دادن احداث انبارهای میانی استفاده می‌شوند.
  - ۳) متغیرهایی که بیانگر وجود کمبود یا اضافه موجودی در هر دوره برای هر کالا می‌باشد.
- برای هر کدام از متغیرهای بالا ماتریسی در نظر گرفته خواهد شد که هر کروموزوم بایستی هر سه ماتریس را شامل شود. لازم به ذکر است که حداکثر تعداد کل مکان احداث کارخانه‌ها  $I$  و حداکثر تعداد انبارهای میانی  $J$  می‌باشد و این بایستی در ایجاد ماتریس در نظر گرفته شود. شکل زیر این موضوع را نشان می‌دهد. به طوریکه ستون‌ها نشان دهنده دوره‌های زمانی و سطرها نیز بیانگر مکان بالقوه تسهیلات می‌باشند.



برای متغیرهای  $V_{kl}^t$  نیز شبیه به دو متغیر  $PZ$  و  $DZ$  ماتریسی تشکیل داده بطوریکه ستون آن نشان دهنده دوره‌های زمانی و سطرهای آن به اندازه  $K*L$  خواهند بود. لازم به ذکر است که اعداد هر کدام از ژن‌های این ماتریس می‌توانند صفر یا یک باشند.



لذا هر کروموزوم از سه رشته مختلف که هر کدام از آنها نیز ماتریس‌هایی با ابعاد مختلف هستند، تشکیل می‌شود.

کروموزوم: [رشته اول، رشته دوم، رشته سوم]

### ۴-۳-۲ تولید جامعه اولیه

جهت تولید جامعه اولیه بایستی به اندازه مشخصی کروموزوم تولید نمود. جهت تولید کروموزومها بایستی به موجه بودن جواب تولید شده توجه نمود. بنا به محدودیت‌های (۷) و (۸) حداکثر تعداد ژنهایی که مقدار یک

می‌گیرند در هر کدام از کروموزومها و در رشته‌های اول و دوم آنها نبایستی از میزان مشخصی بیشتر گردند. برای این منظور در هر کدام از ستون‌ها (دوره‌های زمانی) بایستی حداکثر تعداد کارخانه‌ها و انبارهای فعال، مقدار یک به ترتیب برای رشته‌های اول و دوم در نظر گرفته شوند. در صورتیکه تعداد یک‌ها در هر دوره زمانی بیشتر از تعداد کارخانه‌ها و انبارهای فعال گردد کروموزوم تولید شده ناموجه خواهد بود. برای رشته سوم کروموزوم‌ها این صادق نبوده و حد بالایی برای آن در نظر گرفته نخواهد شد.

بعد از آنکه مقدار متغیرهای صفر و یک مدل در کروموزوم‌ها تعیین گردید، مدل تنها شامل متغیرهای عدد صحیح است و مدل باقیمانده یک مدل برنامه‌ریزی خطی است. در مدل ارائه شده، مجموعه محدودیت‌های سوم، چهارم، هفتم، هشتم، دوازدهم و سیزدهم دچار تغییرات می‌گردند، بطوریکه محدودیت‌های هفتم و هشتم حذف و طرف سمت راست سایر محدودیتها تغییر می‌کنند. حال برای حل مدل می‌توان از روشهای معمولی برنامه‌ریزی خطی از قبیل روش سیمپلکس، روش‌های نقطه داخلی و ... استفاده نمود و مقدار تابع هدف مدل را محاسبه نمود. در این پایان‌نامه از نرم‌افزار Matlab و با استفاده از تابع linprog این کار صورت گرفته است.

## ۴-۳-۳ عملگرهای ژنتیکی

در ادامه سعی خواهد شد، عملگرهای اصلی الگوریتم ژنتیک که متشکل از سه عملگر اصلی: جهش، تقاطع و انتخاب می‌باشند تشریح گردند.

## ۴-۳-۳-۱ عملگر جهش

احتمال جهش، احتمال تغییر هر کدام از ژنها تعریف می‌شود. در این پروژه برای هر کدام از کروموزوم‌ها در ابتدا تعداد ژن‌هایی که بایستی تغییر یابند، تعیین می‌گردد. این مقدار از حاصلضرب تعداد کل ژن‌های هر کروموزوم در احتمال جهش تعریف می‌گردد. حال به این اندازه بایستی ژن انتخاب شده تا مقدار آنها تغییر یابد

به طوریکه اگر مقدار آن صفر است به یک و اگر یک است به صفر تغییر می‌یابد. در این مرحله بایستی به موجه بودن جواب‌های تولید شده نیز توجه نمود زیرا در رشته‌های اول و دوم در هر ستون تعداد ژنهای با مقدار یک نبایستی از حداکثر تعداد مکان‌های مجاز برای احداث بیشتر گردد. همچنین در هر دوره از هر کدام از تسهیلات حداقل بایستی یکی فعال باشد. در رشته سوم این محدودیت وجود ندارد.

برای نمونه، رشته زیر را در نظر می‌گیریم. اگر احتمال جهش، ۰,۲ فرض شود، تعداد کل ژنهایی که

بایستی جهش یابند عبارتند است از:

$$0.2 * 12 = 2.4$$

۱	۰	۰	۱
۰	۱	۰	۰
۱	۰	۱	۱
والد و ژنهای انتخاب شده			

۰	۰	۰	۱
۰	۱	۱	۰
۱	۰	۱	۱
فرزند تولید شده			

و از آنجا که این مقدار عدد طبیعی نیست بایستی مقدار آن را گرد نمود. لذا ۲ تا از ژنهای بایستی جهش یابند. به صورت تصادف دو ژن را انتخاب و مقادیر آنها در صورت موجه شدن جواب تغییر می‌یابد. برای مثال در رشته

نشان داده شده بالا، ژن قرار گرفته در سطر و ستون سوم نمی تواند از یک به صفر تغییر یابد. ژن هایی که رشته والد نشان داده شده اند مقادیر آنها تغییر یافته است.

مراحل مختلف عملگر جهش در شکل زیر نشان داده شده است.

### انجام مراحل زیر برای هر کدام از کروموزوم ها

**گام ۱:** تعیین تعداد ژنهایی که بایستی در هر رشته از کروموزوم ها تغییر یابند.

**گام ۲:** تغییر مقادیر ژنهای انتخاب شده از یک به صفر و برعکس. در این مرحله بایستی به موجه بودن

جواب های تولید شده توجه نمود.

فرایند جهش در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی

### ۴-۳-۲- عملگر تقاطع

همانطوریکه قبلاً نیز متذکر شدیم، برای انجام عملگر تقاطع دو تا از کروموزوم ها با هم ترکیب می شوند و از ترکیب آنها فرزندان جدیدی ایجاد می گردند. احتمال کراس آور، احتمال انتخاب هر کدام از کروموزوم ها جهت اعمال عملگر تقاطع تعریف خواهد شد. ابتدا بایستی کروموزوم هایی که با هم ترکیب خواهند شد شناسایی شده و سپس با همدیگر ترکیب شوند. نحوه ترکیب کردن آنها بایستی به گونه ای باشد که جواب های ناموجه تولید نگردند. لذا برای رسیدن به این هدف، در هر کدام از رشته ها ستون ها را باهم ترکیب خواهیم نمود. از تقاطع یک نقطه ای جهت ترکیب کروموزوم ها استفاده شده است. مثلاً اگر دو کروموزوم به شکل زیر داشته باشیم که در آن چهار دوره زمانی و تعداد تسهیلات بالقوه ۳ تا است ترکیب کروموزوم ها به صورت زیر است.

۱	۰	۱	۱
۰	۰	۱	۰
۱	۱	۱	۱
رشته والد انتخابی ۱			

۱	۰	۰	۱
۱	۱	۰	۰
۰	۰	۱	۱
رشته والد انتخابی ۲			

اگر فرض شود دو رشته نشان داده شده، دو رشته یک کروموزوم باشند، ابتدا نقطه تقاطع انتخاب شده سپس مقادیر دو طرف رشته با یکدیگر عوض خواهند شد. نقطه تقاطع نشان داده شده در این مثال، دوره زمانی اول می باشد. در زیر رشته حاصله نشان داده شده است. در این حالت هیچگاه کروموزوم تولید شده ناموجه نخواهد بود.

۱	۰	۰	۱
۰	۱	۰	۰
۱	۰	۱	۱
رشته تولید شده فرزند ۱			

۱	۰	۱	۱
۱	۰	۱	۰
۰	۱	۱	۱
رشته تولید شده فرزند ۲			

مراحل مختلف انجام عملگر تقاطع در شکل زیر نمایش داده شده است.

**گام ۱:** تعیین کروموزوم هایی که بایستی برای عملگر تقاطع انتخاب شوند.

**گام ۲:** انتخاب یک نقطه تصادفی جهت تعویض رشته ها با هم (نقطه تقاطع).

**گام ۳:** ترکیب قسمت های مختلف رشته ها با هم و تولید رشته های جدید (برای هر سه رشته)

فرایند تقاطع در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی

#### ۴-۳-۳-۳ عملگر انتخاب

جهت انجام عملگر انتخاب می توان از استراتژیهای مختلفی استفاده نمود که در این پایان نامه از استراتژی نخبه گرایی استفاده شده است. ابتدا مقدار تابع هدف فرزندان محاسبه شده و سپس والدین و کروموزوم های تولید شده در استخر قرار داده خواهند شد. سپس بایستی از بین آنها به اندازه جمعیت جامعه، کروموزوم جهت نسل بعدی انتخاب گردد. کروموزوم ها را با توجه به مقدار تابع هدفشان مرتب نموده و بهترین آنها به نسل بعدی انتخاب می شوند.

#### ۴-۳-۴ تابع هدف کروموزوم ها

جهت محاسبه تابع هدف هر کدام از کروموزوم ها بایستی مدل خطی مسئله کاهش یافته حل گردد. سپس مقدار تابع هدف آن به عنوان تابع هدف کروموزوم تولید شده در نظر گرفته خواهد شد. بایستی توجه نمود که مدل خطی برخی از کروموزوم های تولید شده دارای جواب موجه نبوده و بایستی از آنها صرف نظر نمود.

## ۴-۴ مسائل نمونه و حل مدلها

### ۴-۴-۱ حل مدل ۱

در این پایان‌نامه، برای بررسی میزان عملکرد مدل ۱ پیشنهادی ۱۰ مسئله نمونه مختلف در ابعاد متعدد حل شده‌اند. یک الگوریتم ژنتیک پیشنهادی برای حل مدل مطرح گردید. مسائل نمونه با استفاده از دو روش الگوریتم ژنتیک و همچنین نرم افزار GAMS و حل کننده<sup>۵۳</sup> CPLEX 10.2 حل گردیده‌اند. لازم به ذکر است که خود نرم افزار GAMS، نرم افزار تخصصی و پیشرفته بهینه‌سازی است که در حل مسائل مختلف بهینه‌سازی به کار گرفته می‌شود. این نرم افزار متشکل از حل کننده‌های مختلفی از قبیل: MINOS، CPLEX و ... می‌باشد. هر کدام از این حل کننده‌ها نیز، دسته‌ای از مسائل بهینه‌سازی را حل نموده و از روشهای مختلف تحقیق در عملیات در حل مسائل استفاده می‌نمایند. قوی‌ترین این حل کننده‌ها، CPLEX بوده که از الگوریتم صفحات برشی در حل مسائل بهینه‌سازی استفاده می‌نماید. چند مسئله نمونه با استفاده از الگوریتم CPLEX حل شدند که نتایج بدست آمده نشان از برتری مطلق CPLEX هم از نظر زمان و هم از نظر کیفیت جواب در مدل ارائه شده داشت. بنا به این دلایل، از این حل کننده جهت حل مسائل تولید شده نمونه استفاده شد.

الگوریتم ژنتیک پیشنهادی در محیط برنامه نویسی MATLAB 7.0.2 کد شده و از توابع آن در داخل الگوریتم استفاده خواهد شد.

الگوریتم CPLEX از روش صفحات برشی در حل مسائل بهینه‌سازی عدد صحیح مختلف استفاده می‌نماید. استفاده از صفحات برشی در حل مدل‌ها، نیازمند زمان اجرای خیلی کم بوده و این موضوع نیز در مسائل نمونه به وضوح دیده شده است.

<sup>53</sup>.Solver

از آنجا که مدل پیشنهادی در ادبیات موضوع مشاهده نشده و مدلی که همه پارامترهای در نظر گرفته شده در پایان نامه را در نظر بگیرد موجود نبوده است، لذا مسائل نمونه به صورت تصادفی و با استفاده از پارامترهایی که در جدول ۴-۱ مشاهده می‌شوند، تولید گردیده‌اند.

جدول ۴-۱: مقادیر تصادفی پارامترهای هر دو مدل

مقدار	توضیح	پارامتر
توزیع نرمال بین [۲۰]	هزینه حمل و نقل هر واحد کالای $\bar{m}$ از کارخانه $i$ به انبار میانی $j$ با مد $m$ در دوره $t$ .	$pc_{ijm}^t$
توزیع نرمال بین [۳۰]	هزینه حمل و نقل هر واحد کالای $\bar{m}$ از انبار میانی $j$ به خرده فروشی $k$ با مد $m$ در دوره $t$ .	$dc_{jkm}^t$
توزیع نرمال بین [۱۰۰۰۰، ۱۰۰۰]	هزینه ثابت عملیاتی کارخانه $\bar{m}$ در دوره $t$ .	$pf_i^t$
توزیع نرمال بین [۲۰۰۰، ۲۰۰]	هزینه ثابت عملیاتی انبار میانی $\bar{m}$ در دوره $t$ .	$df_j^t$
توزیع نرمال بین [۷۰]	هزینه تولید محصول $\bar{m}$ در کارخانه $i$ در دوره $t$ .	$pb_{ii}^t$
توزیع نرمال بین [۱۰۰، ۵]	هزینه نگهداری هر واحد کالای $\bar{m}$ در انبار میانی $\bar{m}$ در دوره $t$ .	$dh_{ji}^t$
توزیع نرمال بین [۵۰، ۱۰]	تقاضای محصول $\bar{m}$ توسط مشتری $k$ در دوره $t$ .	$d_{ki}^t$
توزیع نرمال بین [۲۰، ۵]	زمان مورد نیاز تولید هر واحد محصول $\bar{m}$ در کارخانه $i$ و در دوره $t$ .	$ps_{ii}^t$
توزیع نرمال بین [۱۰۰۰۰۰، ۱۰۰۰]	کل زمان تولیدی در دسترس کارخانه $\bar{m}$ در دوره $t$ .	$PU_i^t$
توزیع نرمال بین [۲۰۰۰۰، ۵۰۰]	کل ظرفیت نگهداری انبار میانی $\bar{m}$ در دوره $t$ .	$DU_j^t$
توزیع نرمال بین [۳۰۰، ۵۰]	کل ظرفیت نگهداری خرده فروشی $k$ در دوره $t$ .	$CU_k^t$
I	حداکثر تعداد کارخانه ها	$PW$
J	حداکثر تعداد انبارهای میانی	$DW$
توزیع نرمال بین [۰، ۵۰۰، ۰۲]	حجم هر واحد کالای $\bar{m}$ در دوره $t$ .	$pv_i^t$
توزیع نرمال بین [۲۰۰، ۱۰]	کل ظرفیت حجمی ارسالی مد حمل و نقل $m$ از کارخانه $i$ $\bar{m}$ در دوره $t$ .	$PV_{im}^t$
توزیع نرمال بین [۱۰۰، ۱۰]	کل ظرفیت حجمی ارسالی مد حمل و نقل $m$ از انبار میانی $\bar{m}$ در دوره $t$ .	$DV_{jm}^t$
توزیع نرمال بین [۴۰۰، ۵۰]	ظرفیت نگهداری محصول $\bar{m}$ در انبار میانی $\bar{m}$ در دوره $t$ .	$Q_{ji}^t$
توزیع نرمال بین [۳۰، ۱۰]	ظرفیت نگهداری محصول $\bar{m}$ در خرده فروشی $k$ در دوره $t$ .	$Q_{ki}^t$
توزیع نرمال بین [۲۰، ۵]	حداکثر سفارش عقب افتاده محصول $\bar{m}$ در خرده فروشی $k$ در دوره $t$ .	$bl_{ki}^t$
توزیع نرمال بین [۱۰۰، ۵]	ضریب هزینه مرتبط با جریمه هر روز-قلم زود کرد نسبت به موعد تحویل کالای $\bar{m}$ در خرده فروشی $k$ در دوره $t$ .	$\pi_{ki}^t$
توزیع نرمال بین [۱، ۵۰، ۵]	ضریب هزینه مرتبط با جریمه هر روز-قلم دیر کرد نسبت به موعد تحویل کالای $\bar{m}$ در خرده فروشی $k$ در دوره $t$ .	$\sigma_{ki}^t$
توزیع یکساخت بین [۳، ۶]	مدت مصرف کالای نوع $\bar{m}$	$EX_i$
توزیع نرمال [۱، ۲]	هزینه هر واحد کالای $\bar{m}$ فاسد شده	$w$

مسائل نمونه در ابعاد مختلفی جهت حل و صحت عملکرد مدل ۱ تولید گردیدند. ابعاد ۱۰ مسئله نمونه که

در محاسبات استفاده شده اند عبارتند از:

جدول ۴-۲: مسایل نمونه در ابعاد مختلف جهت حل مدل ۱

شماره مسئله	کارخانه	انبار میانی	تعداد مشتری	تعداد کالاها	تعداد مدها	تعداد دوره ها
	i	j	k	l	m	t
1	2	3	3	2	1	4
2	2	4	4	3	2	4
3	2	4	4	3	2	8
4	3	5	5	4	2	6
5	3	5	7	4	3	4
6	4	6	7	4	3	6
7	4	6	6	6	3	8
8	5	8	6	6	3	8
9	5	8	6	6	3	12
10	6	10	10	6	4	12

در جدول زیر تعداد کل متغیرها، تعداد کل محدودیت ها و تعداد کل متغیرهای صفر و یک مدل ۱ برای مسائل

نمونه مختلف حل شده، نشان داده شده است. با مشاهده این مقادیر و با افزایش پارامترهای مدل، ابعاد مسئله به شدت افزایش خواهند یافت. در حل الگوریتم ژنتیک از آنجا که هر ژن می‌تواند مقادیر صفر یا یک را به خود بگیرد و از آنجا که تعداد متغیرهای صفر و یک در مدل نیز با افزایش ابعاد مسئله افزایش خواهد یافت لذا تعداد کل جواب‌های موجه مسئله نیز به صورت نمایی افزایش می‌یابد. در ستون چهارم جدول زیر تخمینی از تعداد کل کروموزم‌ها نشان داده شده است.

جدول ۴-۳: تعداد کل متغیرها و محدودیت‌های مدل ۱ با در نظر گرفتن نمونه‌های مختلف

تخمینی از تعداد کروموزمها	تعداد کل محدودیت های مدل	تعداد کل متغیرهای مدل	تعداد متغیرهای صفر و یک مدل	شماره مسئله
$2^{44} = 1.76 \times 10^{13}$	212	212	44	1
$2^{76} = 7.5 \times 10^{22}$	396	744	76	2
$2^{152} = 5.7 \times 10^{45}$	840	1488	152	3
-	970	2328	174	4
-	764	2768	148	5
-	1314	5316	228	6
-	2304	9584	384	7
-	2676	13640	400	8
-	4092	20460	600	9
-	5976	48432	912	10

## ۴-۱-۱-۴-۱ نتایج محاسباتی حاصله از نرم افزار CPLEX 10.2 در مدل ۱

در ادامه خلاصه نتایج حاصله از اجرای الگوریتم‌ها برای مسائل مختلف آورده شده است. در نرم افزار CPLEX هر کدام از مسائل ۱۰ بار اجرا شدند. در شکل زیر برای مسئله نمونه پنجم، خلاصه نتایج محاسباتی حاصل از ۱۰ بار اجرای الگوریتم آورده شده است. از آنجا که در هر ۱۰ بار، نرم افزار مقادیر جدیدی را با استفاده از توزیع‌های مشخص تعریف شده برای پارامترها تولید می‌نماید، نتایج بدست آمده با هم متفاوت می‌باشند. مهمترین نتایجی که در نرم افزار گزارش داده خواهند شد عبارتند از:

- EXECUTION TIME: زمان حاصل از اجرای نرم افزار جهت تولید و اجرای روش برحسب ثانیه
  - Best possible: بهترین مقدار تابع هدف که جواب کلی مدل می‌باشد.
  - OBJECTIVE VALUE: بهترین مقداری که نرم افزار با توجه به فاصله در نظر گرفته شده بدست خواهد آورد. این مقدار قابل تغییر است و در اینجا مقدار ۰٫۱ در نظر گرفته شده است.
  - Absolute gap: برابر میزان اختلاف بهترین جواب پیدا شده با جواب بهینه کلی مدل
  - Relative gap: برابر میزان اختلاف نسبی بهترین جواب پیدا شده با جواب بهینه کلی مدل می‌باشد.
- در سطر آخر جدول، مقادیر میانگین نتایج بدست آمده نشان داده شده است.

جدول ۴-۴: نتیجه حل ده بار مسئله ۵ جدول ۴-۲ توسط Cplex10.2

<i>The Summary Results of 10 Runs of Test Problem 5</i>					
Test Problems	EXECUTION TIME(sec)	Best possible	OBJECTIVE VALUE	Absolute gap	Relative gap%
5	0.24	115884.5	128600.9	12716.4	11
5	0.24	119329	131550.7	12221.7	10.2
5	0.24	113586	126165	12579	11
5	0.25	118077	131136	13059	11
5	0.24	117557.6	129360.7	11803.1	10
5	0.24	120910	131933	11023	9
5	0.24	117008	129830.8	12822.8	11
5	0.24	115124.7	127916	12791.3	11
5	0.52	119808	130892	11084	9.2
5	0.24	116240.7	128718	12477.3	10.7
<b>average</b>	<b>0.27</b>	<b>117352.7</b>	<b>129610.4</b>	<b>12257.7</b>	<b>10.5</b>

۱۰ مسئله نمونه با ابعاد جدول ۴-۲ در نظر گرفته شدند، هر مسئله توسط نرم افزار cplex به تعداد ۱۰ بار

تکرار حل شدند و میانگین حاصله از ۱۰ بار حل محاسبه شده در جدول ۴-۵ آورده شده است

جدول ۴-۵: میانگین حاصل از ۱۰ بار تکرار ۱۰ مسئله نمونه با ابعاد جدول ۴-۲ توسط cplex 10.2

Test Problem	EXECUTION TIME(sec)	Best Possible	OBJECTIVE VALUE	Absolute gap	Relative gap%
1	0.02	51857	56875.2	5018.2	10

2	0.06	64163	68244.9	4284.9	7
3	0.15	132224.4	146185.8	13961.4	10.5
4	0.23	168296	185236.5	16940.5	10
5	0.27	117352.7	129610.4	12257.7	10.5
6	0.47	179870	199335.3	19465.3	10.8
7	1.04	286935	315370.8	28435.8	10
8	1.56	282488.4	311053.7	28565.3	10
9	3.00	427896.4	475368.4	47472	11
10	7.10	585782	624874	39092	7

با مشاهده نتایج می‌توان فهمید که نرم افزار CPLEX برای حل اینگونه مسائل از کارایی بسیار بالایی برخوردار بوده و در زمان خیلی کم، جواب هایی با مقادیر تابع هدف بسیار خوب را خواهد داد. لذا می‌توان با توجه به مدل ارائه شده و حل آن توسط نرم افزار CPLEX به بررسی مسائل زنجیره تأمین چند سطحی پرداخت.

#### ۴-۱-۲ نتایج حاصله از اجرای الگوریتم ژنتیک در مدل ۱

همانطور که قبلاً نیز بیان گردید الگوریتم ژنتیک از آنجا که در حلقه داخلی بایستی مدل برنامه ریزی خطی را حل کند، لذا نسبت به نرم افزار CPLEX بسیار وقت گیرتر می‌باشد و همچنین مقدار تابع هدف پیدا شده آن نیز بیشتر از نرم افزار مذکور می‌باشد. پارامترهای ژنتیک که در این مسائل استفاده گردیدند عبارتند از:

اندازه جامعه: ۱۰؛ تعداد نسل: ۵؛ احتمال تقاطع: ۰٫۸؛ احتمال جهش: ۰٫۳

از آنجا که در هر بار اجرای الگوریتم مسائل تولید شده به صورت تصادفی می‌باشند، امکان دارد مدل ارائه شده براساس پارامترهای تولید شده موجه نبوده و دارای جواب شدنی نباشد (این موضوع در نرم افزار

CPLEX نیز مشاهده شده است) و یا با توجه به کروموزم‌های تولید شده، جواب موجهی برای مسئله پیدا نگردد. برای هر مسئله نمونه الگوریتم ژنتیک ۵ بار اجرا شده است. بهترین مقدار تابع هدف پیدا شده، از هر ۵ بار اجرای الگوریتم ژنتیک در جدول زیر آورده شده است. در این جدول برخی از مسائل دارای جواب موجه نبوده که با خط تیره مشخص گردیده اند. برای مسائل نمونه نهم و دهم به علت ابعاد زیاد ماتریس‌های تولید شده، پردازنده جوابگویی حافظه مورد نیاز نبود، به همین دلیل مقادیر آنها در جدول مشاهده نمی‌شود.

جدول ۴-۶: نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک در ۵ بار تکرار

<i>Test Problems</i>	<i>The Obtained Best Objective Function in iterations</i>				
	1	2	3	4	5
1	66930.7	56563.5	57370	74783	54166.6
2	73142.4	74503.4	69721.5	77384.4	76230
3	173352.6	167501.4	186062.8	172157	166918.4
4	-	211590	215377.7	217856.6	208260

5	138722.3	135897.6	131890	131809.7	139739.8
6	243960.2	250431.6	221855.6	242020.3	236410.6
7	-	-	382631.4	348859.5	-
8	428411.5	411597.7	375705.1	-	415003

در جدول زیر بهترین مقدار ۵ بار اجرای الگوریتم ژنتیک، میانگین ۵ بار اجرای الگوریتم و همچنین میانگین زمان اجرای هر بار آزمایش آورده شده است.

جدول ۴-۷: بهترین مقدار و میانگین ۵ بار اجرای الگوریتم ژنتیک

<i>Test Problems</i>	<i>Average</i>	<i>Best</i>	<i>Time(sec)</i>
<b>1</b>	61962.5	54166.6	5.2
<b>2</b>	74196.4	69721.5	16.5
<b>3</b>	173198.5	166918.4	72.9
<b>4</b>	213271	208260	85.7
<b>5</b>	135611	131809.7	66.3
<b>6</b>	238935.7	221855.6	192.5
<b>7</b>	365745.4	348859.5	529
<b>8</b>	407679.3	375705.1	1077.4

با توجه به نتایج بدست آمده در جداول ۴-۵ و ۴-۷ از حل مدل ۱ بوسیله حل‌کننده Cplex والگوریتم ژنتیک صحت عملکرد آن کاملاً آشکار است، پس هر زنجیره تامینی که با شرایط مدل ۱ طراحی شود، تمام محصولات با توجه به تاریخ مصرفی که دارند قبل از انقضای آن، توسط مشتری بکار گرفته می‌شوند. در نتیجه هیچگونه کالای فاسد شدنی نخواهیم داشت، و این بهترین حالت برای تمام تولید کنندگان خواهد بود، و در حالت ایده آل کاربرد بسزایی دارد.

البته با توجه به موضوع پایان نامه تا اینجا به هدف موضوع رسیده ایم و کار خاتمه شده محسوب می‌شود. اما با توجه به کاربردی بودن موضوع و گستردگی زنجیره تامین تصمیم گرفتیم از حالت ایده ال خارج شویم و واقع بینانه تر موضوع را بررسی کنیم، یعنی در اکثر مواقع واقعیت این است که مقداری از تولیدات به هر عنوانی در زمان مصرف توسط مشتری بکار گرفته نمی‌شوند. بنابراین تولید کنندگانی که نمی‌توانند حالت ایده ال برای خود مهیا کنند، استفاده از مدل ۱ برایشان مقدور نمی‌باشد تصمیم به طراحی مدل ۲ برای این نوع تولید کنندگان گرفتیم. مدل ۲ همانطوری که قبلاً هم بیان کردیم، علاوه بر مینیمم کردن سایر هزینه‌ها در زنجیره تامین، هزینه آن دسته از کالاهایی که به هر عنوان فاسد می‌شوند را به تابع هدف اضافه کرده و آنرا مینیمم می‌کند.

## ۴-۴-۲ حل مدل ۲

حال بخاطر اینکه صحت عملکرد مدل ۲ را هم نشان دهیم، و اینکه مزیت مدل ۱ نسبت به مدل ۲ را ثابت کنیم، آنها را با الگوریتم ژنتیک و نرم افزار lingo حل کرده و نتایج بدست آمده صحت عملکرد را آشکارا نشان می‌دهد.

## ۴-۴-۲-۱ نتایج محاسباتی حاصله از الگوریتم ژنتیک و نرم افزار lingo در مدل ۲ و مقایسه

### آن با مدل ۱

با توجه به اینکه مدل دارای متغیرهای زیادی می باشد، و نرم افزار lingo استفاده شده در اینجا از نوع دانشجویی می باشد، لذا قادر به حل نمونه با ابعاد بزرگ را ندارد، بنابراین از نمونه هایی با ابعاد کوچک استفاده شده است .

هر دو مدل با این نمونه ها هم با الگوریتم ژنتیک و هم با نرم افزار lingo.10 حل شده اند، و با مقایسه جوابها با هم صحت عملکرد مدل ۲ و مزیت مدل ۱ نسبت به مدل ۲ تایید می شود.

جدول ۴-۸: مسایل نمونه در ابعاد مختلف جهت ارزیابی مدل ۲

شماره مسئله	ا کارخانه	ا انبار میانی	k مشتری	تعداد ا کالاها	تعداد m مدها	تعداد t دوره ها
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲
۲	۲	۱	۱	۱	۲	۲
۳	۲	۱	۲	۱	۲	۲
۴	۱	۱	۲	۳	۲	۲
۵	۱	۲	۲	۲	۲	۲
۶	۲	۱	۲	۳	۲	۲
۷	۳	۱	۳	۳	۲	۲

جدول ۴-۹: نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک و نرم افزار لینگو در مدل ۱

Test problems	Results GA Model	Time(Sec) GA Model	Results Lingo Model	Time(sec) lingo Model	GAP%
۱	۱۳۵۰۲	۲,۶۳۱۹	۱۳۱۵۰	<۱	۲,۷
۲	۱۳۷۸۶	۲,۶۵۱	۱۳۳۰۰	<۱	۳,۷
۳	۱۴۳۰۸	۲,۷۰۹	۱۴۲۰۰	<۱	۰,۸
۴	۱۵۶۳۵	۲,۸۱۲۵	۱۵۴۵۰	<۱	۱,۲
۵	۱۶۷۴۸	۲,۸۲۸۱	۱۶۶۰۰	<۱	۱
۶	۱۷۲۰۹	۳,۳۱۲۵	Lingo solve Unable		
۷	۲۰۹۲۷	۴,۲۰۳۱	"		

$$GAP1\% = \frac{(GA1 - lingo1)}{lingo1} * 100$$

جدول ۴-۱۰: نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک و نرم افزار لینگو در مدل ۲

Test problems	Results GA Model	Time(Sec) GA Model	Results Lingo Model	Time(sec) Lingo Model	GAP%
۱	۱۳۶۰۷	۲,۶۳۷۹	۱۳۳۴۷	<۱	۲
۲	۱۳۹۰۱	۲,۶۹۸۱	۱۳۵۸۷	<۱	۲,۳
۳	۱۴۷۶۹	۲,۷۱۱	۱۴۴۹۸	<۱	۱,۹
۴	۱۵۹۸۹	۲,۸۲۰۱	۱۵۸۱۰	<۱	۱,۱
۵	۱۷۷۹۴	۲,۹۲۳۷	۱۷۵۶۹	<۱	۱,۳
۶	۱۹۸۰۳	۳,۵۴۹۶	Lingo Solve Unable		
۷	۲۲۸۸۵	۴,۴۳۹۷	"		

$$GAP2\% = [(GA2 - lingo2) / lingo2] * 100$$

جدول ۴-۱۱: مقایسه مدل ۱ با مدل ۲ و نشان دادن مزیت مدل ۱ نسبت به مدل ۲

Test problems	Results GA <sub>2</sub> Model <sub>2</sub>	Results GA <sub>1</sub> Model <sub>1</sub>	GA <sub>2</sub> -GA <sub>1</sub>
۱	۱۳۶۰۷	۱۳۵۰۲	۱۰۵
۲	۱۳۹۰۱	۱۳۷۸۶	۱۱۵
۳	۱۴۷۶۹	۱۴۳۰۸	۴۶۱
۴	۱۵۹۸۹	۱۵۶۳۵	۳۵۴
۵	۱۷۷۹۴	۱۶۷۴۸	۱۰۴۶
۶	۱۹۸۰۳	۱۷۲۰۹	۲۵۹۴
۷	۲۲۸۸۵	۲۰۹۲۷	۱۹۵۸

با مقایسه نتایج بدست آمده از حل مدل ۱ و مدل ۲ با ابعاد جدول ۴-۸ می توان صحت عملکرد مدل ۲ را نتیجه گرفت ، وهمچنین مزیت مدل ۱ نسبت به مدل ۲ کاملاً آشکاراست ، یعنی سیستمی که مدل ۱ را بکار می گیرد، از فاسد شدن کالاها جلوگیری میکند و در نتیجه هزینه فساد پذیری آنها را نخواهد داشت، و این بهترین حالت در نتیجه این تحقیق می باشد، اما اگر به هر دلیلی مقداری از کالاها در زمان مصرفشان توسط مشتری مصرف نشود این کالاها جزء کالاهای فاسد شدنی محسوب شدند، بهترین روش برای بهینه کردن هزینه ها بکار گیری مدل ۲ است.

## فصل پنجم

# جمع بندی و نتیجه گیری

# و تحقیقات آتی

## ۵- فصل پنجم: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری و تحقیقات آتی

### ۵-۱ مقدمه

رقابت فزاینده موجود در بازارهای جهانی کنونی و نیز افزایش توقعات مشتریان برای محصولات و خدماتی با کیفیت بالاتر و هرچه بیشتر سفارشی سازی شده و با تنوع بالا در ظاهر و کارکرد موجب شده است، سازمان‌ها بیش از پیش برای افزایش کارایی خودشان بر زنجیره‌های تامین متکی باشند. از طرف دیگر، مرحله نهایی زنجیره تامین بر شبکه توزیع تمرکز دارد که در آن تقاضای نهایی برای محصول یا خدمات ایجاد می‌گردد و از آنجاییکه هم هزینه‌های زنجیره تامین و هم تجربه مشتریان را مستقیماً تحت تاثیر قرار می‌دهد، یکی از راههای کلیدی سودآوری کلی یک بنگاه است. علاوه بر این، محیط به شدت رقابتی و متغیر موجود در صنعت کالاهای فاسد شدنی، مدیریت زنجیره تامین شبکه‌های توزیع این محصولات را با پیچیدگی خاصی همراه کرده است. به بیان دیگر، در طراحی سیستم‌های موجودی کالاهای فاسد شدنی با این محدودیت روبرو هستیم که کالاها در دوره کوتاهی بایستی مصرف گردند و نمی‌توان این کالاها را برای دوره‌های طولانی ذخیره و انباشت کرد. بنابراین، در این تحقیق با در نظر گرفتن مطالب مذکور و نیز با در نظر گرفتن منطق تولید به موقع در زنجیره تامین، مدلی ریاضی جدید تولید-موجودی برای زنجیره تامین سه سطحی پیشنهاد گردید. این مدل با هدف کمینه سازی مجموع هزینه‌های سیستم و به صورت چند محصولی، چند دوره‌ای فرموله شد. با حل مدل برنامه توزیع-موجودی بهینه‌ای برای افق برنامه ریزی بدست می‌آید که مجموع هزینه‌های سیستم موجودی را کمینه می‌سازد.

## ۲-۵ نتیجه‌گیری

مسائل متعددی با استفاده از داده‌های تصادفی تولید شده و از سه روش CPLEX و الگوریتم ژنتیک و نرم افزار lingo.10 در حل آنها استفاده شد. صحت عملکرد هر دو مدل با استفاده از این نتایج بدست آورده شدند و برای هر نوع سیستمی با این ویژگی‌ها و فرضیات می‌توان سیاست بهینه‌ای برای تولید و توزیع به کار گرفت.

از مشاهده نتایج بدست آمده از مسائل مختلف حل شده که در جداول نشان داده شده‌اند، می‌توان موارد زیر را استخراج نمود:

۱- الگوریتم CPLEX به علت استفاده از روش صفحات برشی، توانایی حل مسائل مختلف را در زمان‌های منطقی دارا بوده و توانایی محاسبه جواب‌های بهینه را دارد. با استفاده از این روش می‌توان تصمیمات بهینه را برای مدل ارائه شده در زنجیره تأمین کالاهای چند سطحی تولیدی-موجودی اتخاذ نمود.

۲- الگوریتم ژنتیک به دلیل اینکه در داخل حلقه اصلی برای هر کروموزوم از روش برنامه ریزی خطی جهت محاسبه تابع هدف و حل مدل کاهش یافته استفاده می‌نماید، زمان بر بوده و کند می‌باشد. در این الگوریتم، اغلب کروموزوم‌های تولید شده منجر به جواب‌های غیرموجه در برنامه ریزی خطی خواهند شد و لذا زمان زیادی صرف اینکار خواهد گردید.

۳- نتایج حاصل از جدول شماره ۴-۹ و ۴-۱۰ نشان می‌دهند، که الگوریتم ژنتیک نسبت به نرم افزار lingo از کارایی بهتری برخوردار است.

۴- نتایج حاصله از جدول ۴-۱۱ برتری مدل ۱ نسبت به مدل ۲ را اثبات می‌کند، یعنی هر زنجیره تامینی که با مدل ۱ طراحی شود، چون مقدار فساد پذیری کالاها به حد صفر میرسد و هیچ‌گونه محصول فاسد شدنی در انتهای فرایند نخواهیم داشت، در نتیجه مقدار کل هزینه‌ها به کمترین مقدار خواهد رسید، اما اگر به هر دلیلی مقداری از محصولات در زمان مصرفشان بدست مشتری نرسند و جزء کالاهای فاسد شده محسوب گردیدند، بهترین روش برای بهینه کردن هزینه‌ها بکارگیری مدل ۲ است.

## ۳-۵ محدودیت‌های تحقیق

محدودیت‌های مسئله شامل محدودیت در ظرفیت تولید، نگهداری، توزیع عمده فروشان و خرده فروشان، ناوگان حمل و نقل و زمان تولید است، و همچنین از آنجا که مدل پیشنهادی در ادبیات موضوع مشاهده نشده و مدلی که همه پارامترهای در نظر گرفته شده در پایان نامه را در نظر بگیرد موجود نبوده است، لذا مسائل نمونه به صورت تصادفی تولید گردیده‌اند.

## ۴-۵ تحقیقات آتی

- می‌توان در تحقیقات آتی برای حل مدل ارائه شده در این تحقیق به پیاده‌سازی و بهبود سایر الگوریتم‌های فراابتکاری پرداخت.
- پارامترهای بکار رفته در این تحقیق بصورت تصادفی می‌باشند، در تحقیقات آتی برای کارایی بیشتر مدل‌ها می‌توان از مقادیر دقیق استفاده کرد.
- در تحقیقات آتی می‌توان مدل ۲ را طوری طراحی کرد، که چند روز مانده به تاریخ انقضاء بتوان کالاها را با قیمت کمتر بفروش رساند، تا مقدار هزینه‌ها به حداقل برسند.

• با بکار بردن حل‌کننده‌های قویتری مثل CPLEX11 و... می‌توان مدل‌هایی با ابعاد بزرگ را در

مدت زمان کمتر و با دقت بیشتری حل کرد.



## ۶-۱-۱ ضمیمه ۱

### ۶-۱-۱-۱ معرفی الگوریتم ژنتیک

این الگوریتم اولین بار توسط هالند<sup>54</sup> در سال ۱۹۸۹ مطرح گردید. در این الگوریتم‌ها، ابتدا لازم است روش خاصی برای نمایش هر جواب ممکن مسأله بصورت یک کروموزوم در نظر گرفته شود. این روش نمایش در واقع یک نگاهت دو طرفه بین فضای جواب مسأله و فضای کروموزوم‌های الگوریتم تکاملی می‌باشد که در انتخاب آن باید دقت کرد، چرا که ممکن است در کارایی الگوریتم نقش بسزایی داشته باشد [۳۴]. وجود این نگاهت در بعضی از انواع الگوریتم‌های تکاملی مانند، استراتژی‌های تکاملی چندان محسوس نیست، چرا که مثلاً در این نوع الگوریتم کروموزوم بصورت دنباله‌ای از خود پارامترهای مسأله ساخته می‌شود (نگاشت همانی)، در حالی که در گروهی دیگر از این الگوریتم‌ها مانند الگوریتم‌های ژنتیک، روش‌های نمایش و کد کردن مختلفی برای مسایل متفاوت استفاده می‌شود.

### ۶-۱-۱-۱-۱ بررسی و مقایسه ژنتیک طبیعی و الگوریتم ژنتیک

همانطور که خصوصیات ارثی موجودات زنده بوسیله ژنها بر روی کورموزمها کد گذاری شده است، در الگوریتم ژنتیک نیز هر یک از پاسخهای ممکن مساله به وسیله رشته‌های عددی (یا حرفی) کد گذاری می‌شود و جمعیتی از رشته‌های فوق به عنوان نامزد حل مساله در نظر گرفته می‌شوند. در طبیعت، انتخاب طبیعی بر روی گوناگونی توارثی موجود در گونه‌ها عمل کرده و فقط انواعی را که با شرایط محیطی خود سازگاری بهتری دارند، ابقا می‌نماید. از طریق تغییر کثرت نسبی ژنها، انتخاب طبیعی سبب تجمع تنوعات مفید می‌شود. مشابه این وضعیت، قابلیت بقای هر رشته جمعیت توسط میزان سازش آن رشته با شرایط مساله سنجدیده می‌شود. می‌توان اطلاعات و شرایط مساله را در تابعی به نام تابع برازش گنجانده.

با تخصیص هر یک از رشته‌های جمعیت به عنوان متغیر تابع برآزش، عدد بدست می‌آید که نشان دهنده میزان سازگاری آن رشته مساله است. بالا بودن مقدار برآزش به ازای هر رشته جمعیت، بیانگر شانس حضور آن رشته در نسل بعدی بوده و پایین بودن مقدار برآزش نشانه احتمال بالای عدم حضور رشته مربوطه در نسل بعدی می‌باشد. لذا در نسل بعدی رشته‌هایی با مقدار برآز بالاتر ممکن است بیش از یکبار تکرار شده و رشته‌هایی با مقدار برآزش کم، از جمعیت حذف می‌شوند.

یکی از عواملی که پدید آورنده تحول در موجودات و ایجاد افراد متفاوت در یک گونه است، عمل تقاطع می‌باشد. در عمل تقاطع طبیعی، کروموزمها هم‌تا با یکدیگر جفت شده و از پهلو به موازات هم قرار می‌گیرند. سپس هر یک از آنها در سرتاسر طول خود به دو قسمت تقسیم شده و در نتیجه مجموعه‌ای چهارتایی ایجاد می‌شود. در همین هنگام قسمتهایی از کروموزوم اول با قسمتهایی از کروموزوم دوم جابجا شده و این اختلال به ایجاد افراد متفاوت در یک گونه منجر می‌شود. برای ایجاد تنوع در رشته‌های عددی و تبادل اطلاعات رشته‌ها با یکدیگر از فرایند مشابهی استفاده می‌شود. عمل تقاطع بدین صورت روی رشته‌ها صورت می‌گیرد که ابتدا رشته‌های جمعیت به صورت دو به دو با هم جفت شده و با اثر ژنهای دو رشته بر هم، دو رشته جدید حاصل می‌شود.

یکی دیگر از عوامل تحول‌زا در موجودات، جهش بوده که موجب پیدایش هر نوع متغییر در ژنهای یک کروموزوم می‌باشد. مشابه با فرآیند فوق عمل جهش روی رشته‌های عددی بین صورت واقع می‌شود که ابتدا عنصری از رشته‌های عددی به صورت تصادفی مشخص شده و سپس بر روی آن عنصر انتخابی، تغییراتی اعمال می‌گردد.

ایده الگوریتم ژنتیک همان چیزی است که در طبیعت صورت می‌گیرد. به عنوان مثال خرگوش‌ها را در نظر بگیرید. بعضی از آنها باهوش‌تر و سریع‌تر از بقیه هستند. این خرگوش‌ها شانس بیشتر برای زنده ماندن در برابر حمله سایر حیوانات دارند. این جمعیت زنده از خرگوش‌ها شروع به تولید مثل کرده و بچه خرگوش‌ها متولد شده به طور متوسط سریع‌تر و باهوش‌تر از جمعیت موجود (والدین) می‌باشند. یک الگوریتم ژنتیک از یک رویه گام به گام پیروی می‌کند که با داستان فوق تطبیق می‌کند [۳۵].

### ۶-۱-۱-۲ ساختار اساسی الگوریتم‌های ژنتیک

در بکارگیری الگوریتم‌های ژنتیک، همچنین لازم است تابعی تعریف شود که به ازای هر کروموزوم، برازندگی جواب متناظر با آن را تعیین کند. همانطور که برازندگی هر فرد، میزان بقای او را در طبیعت مشخص می‌کند، مقدار برازندگی تعیین شده توسط این تابع نیز در بقای هر جواب در جمعیت در حال تکامل از طریق یک پروسه تصادفی نقش مستقیم دارد. تنها ارتباط الگوریتم تکاملی با مسأله بهینه‌سازی از طریق این دو پل، یعنی نگاشت جواب‌ها و تابع برازندگی، برقرار می‌شود.

اجزای اصلی الگوریتم‌های تکاملی در الگوریتم کلی زیر مشخص می‌باشد:

که در آن  $P(t)$  جمعیت کروموزوم‌ها در نسل  $t$  و  $Q$  مجموعه‌ای از کروموزوم‌های نسل جاری است که برای انتخاب در نظر گرفته می‌شوند. مثلاً ممکن است  $Q = P(t)$  تهی باشد یا اینکه  $Q = P(t)$ .

الگوریتم تکاملی، ابتدا جمعیتی از کروموزوم‌ها را به صورت تصادفی انتخاب می‌کند. همچنین برازندگی هر کروموزوم را توسط تابع برازندگی تعیین می‌نماید. سپس الگوریتم، وارد مرحله تولید مثل می‌شود که طی آن، نسل جدیدی بوجود آمده، جایگزین نسل فعلی می‌گردد. سپس دوباره میزان برازندگی کروموزوم‌های جدید محاسبه می‌شود. الگوریتم، این پروسه را مرتباً تکرار می‌نماید و در هر مرحله متوسط و ماکزیمم برازندگی

افراد جمعیت افزایش می‌یابد تا اینکه شرط پایانی الگوریتم برقرار گردد. شرط پایانی برای مثال ممکن است رسیدن برازندگی یک کروموزوم به حداقل برازندگی مطلوب باشد.

در مرحله تولید مثل، ابتدا افرادی از جمعیت به عنوان والدین انتخاب می‌شوند. این انتخاب، گزینشی تصادفی است. اما افراد برازنده‌تر شانس بیشتری در آن دارند و احتمالاً چندین بار انتخاب می‌شوند.

در تولید نسل جدید، اغلب دو عملگر «تقاطع ۵۵» و «جهش ۵۶» نقش دارند. هر یک از این عملگرها با احتمالی که از پارامترهای الگوریتم به حساب می‌آید، بر کروموزوم‌های والد اعمال می‌شوند و در نهایت کروموزوم‌های جدیدی به نام «فرزند» ارائه می‌کنند. سپس به طریقی از میان نسل قبلی و فرزندان حاصل شده، افرادی به عنوان نسل جدید انتخاب می‌شوند. برای شرط پایانی هم، معمولاً تعداد نسل‌ها یا ماکزیمم برازندگی موجود در جمعیت را در نظر می‌گیرند.

بنابراین، برای تولید نسل بعد، کروموزوم‌های جدید که فرزندان نامیده می‌شوند به طریق زیر ساخته می‌شوند:

۱- ترکیب کردن دو کروموزوم از نسل فعلی با استفاده از عملگر تقاطع

۲- تغییر کروموزوم با استفاده از عملگر جهش

نسل جدید بوسیله

۱- انتخاب والدین و فرزندان بر اساس برازندگی

۲- حذف بقیه برای ثابت ماندن اندازه جمعیت

<sup>55</sup>. Recombination or crossover

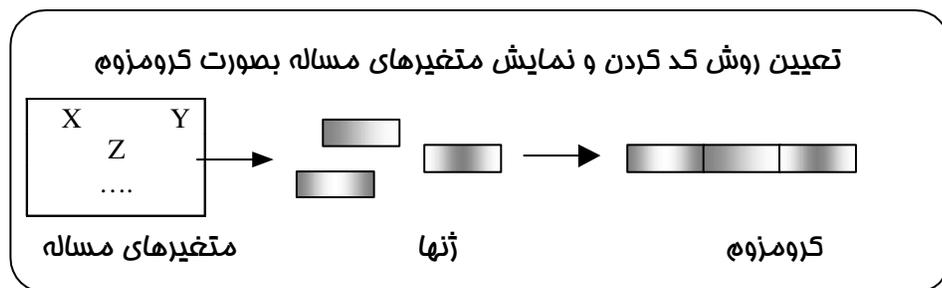
<sup>56</sup>. Mutation

ساخته می‌شود. کروموزوم‌های برازنده‌تر شانس بیشتری برای انتخاب شدن جهت تولید مثل دارند. بعد از نسل‌های مختلف، الگوریتم به بهترین کروموزوم که احتمالاً جواب بهینه یا یک جواب زیربهین را برای مسئله نمایش می‌دهد، همگرا خواهد شد.

ویژگیها و تمایزات الگوریتم‌های ژنتیک (به عنوان نوعی از الگوریتم‌های تکاملی) در مقایسه با دیگر الگوریتم‌های بهینه‌سازی، در زیر آمده‌اند که با توجه به شباهت زیاد روش‌های مختلف تکاملی، بسیاری از این ویژگی‌ها برای همه این روش‌ها صادق است [۳۶] و [۳۴]:

- ۱) الگوریتم‌های ژنتیک به جای استفاده از خود متغیرها از کد شده آنها یعنی کروموزوم‌ها که معمولاً رشته‌هایی از صفر و یک هستند، استفاده می‌کنند و در نتیجه ارتباط و وابستگی کمی به خود مسأله دارند. بنابراین، می‌توان حدس زد که این الگوریتم‌ها برای گستره وسیعی از مسایل جواب می‌دهند.
- ۲) اغلب الگوریتم‌های ژنتیک، بطور همزمان، تعداد زیادی از نقاط فضای جواب را بکار می‌گیرند. این ویژگی، احتمال گرفتار شدن آنها را در نقاط بهینه محلی، تا حد زیادی کاهش می‌دهد (البته به شرطی که پارامترهای الگوریتم درست انتخاب شده باشند).
- ۳) الگوریتم ژنتیک از قواعد احتمالی استفاده می‌کند نه قواعد قطعی.
- ۴) برخلاف روشهای دیگر، الگوریتم ژنتیک از قوانین احتمالی در هدایت عمل جستجو استفاده می‌کند. اما این به معنای یک جستجو تصادفی صرف نیست بلکه الگوریتم ژنتیک از انتخاب تصادفی به عنوان ابزاری برای هدایت عمل جستجو در مناطقی از فضا با احتمال بهبودی بیشتر استفاده می‌کند.
- ۵) الگوریتم‌های ژنتیک استاندارد، رسیدن به نقطه بهینه محلی را تضمین نمی‌کنند، ولی اغلب به نقاط تقریباً بهینه و قابل قبول همگرا می‌شوند.

- ۶) الگوریتم ژنتیک به خاطر طبیعت تکاملی‌شان، جوابهای را بدون توجه به طرز کار ویژه مساله، جستجو می‌کند و می‌تواند با هر نوع تابع هدف و محدودیت (خطی و غیر خطی) در هر فضای جستجو (گسسته، پیوسته یا مرکب) بکار گرفته شوند.
- ۷) الگوریتم ژنتیک انعطاف پذیری بالایی دارد.
- ۸) الگوریتم‌های ژنتیک، معمولاً ساده هستند و به اطلاعات کمکی و یا مشتقات تابع هدف نیازی ندارند، در نتیجه، آنها برای بهینه‌سازی روی یک تابع هدف بسیار پیچیده، بدون مشتق یا ناپیوسته، یا سیستم‌هایی که تعریف ریاضی مشخصی ندارند (و با شبیه‌سازی یا اعمال مستقیم پارامترها به سیستم واقعی تست می‌شوند) بسیار مناسب هستند.
- ۹) الگوریتم‌های ژنتیک نهایتاً می‌توانند به جای یک جواب، مجموعه‌ای از جواب‌های بهینه را ارائه دهند که این مسأله بخصوص در مسایل «بهینه‌سازی با چند هدف» یا «بهینه‌سازی با محدودیت»، دارای اهمیت است. شمای کلی الگوریتم ژنتیک در شکل ۶-۱ داده شده است.





### ۶-۱-۱-۳ مفاهیم اساسی در الگوریتم های ژنتیک

#### ۶-۱-۱-۳-۱ کد کردن و نمایش کروموزمها

الگوریتم ژنتیک به جای اینکه بر روی پارامترها یا متغیرهای مساله کار کند با شکل کد شده آنها سروکار دارد. یکی از روشهای کد کردن، کد کردن رشته ای می باشد که در آن هدف، تبدیل جواب مساله به رشته ای از اعداد است. اگر این رشته شامل صفر و یک باشد، رشته دودویی نامیده می شود. تعداد بیت‌های که برای کد گذاری متغیرها استفاده می شود به دقت مورد نظر برای جوابها، محدوده تغییر پارامترها و رابطه بین متغیرها بستگی دارد. رشته یا دنباله ای از بیتها به عنوان شکل کد شده یک جواب از مساله مورد نظر می باشد، کروموزم نامیده می شود در حقیقت بیت‌های یک کروموزوم نقش ژنها در طبیعت را دارند. یکی از ویژگیهای اصلی الگوریتم ژنتیک آن است که بطور متناوب بر روی فضای کد گذاری و فضای جواب کار می کند. عملگرهای ژنتیک بر روی فضای کد گذاری یا کروموزومها اعمال شده در حالیکه انتخاب و ارزیابی بر روی فضای جواب عمل می نماید [۳۷].

هر کروموزوم باید به طریقی حاوی اطلاعاتی در مورد جوابی که نمایش می دهد باشد، اکثراً روش نمایش دودویی بکار می رود، در این صورت کروموزوم چیزی شبیه به این رشته خواهد بود:

کروموزوم ۱	۱۱۰۱۱۰۰۱۰۰۱۱۰۱۱۰
کروموزوم ۲	۱۱۰۱۱۱۱۰۰۰۰۱۱۱۱۰

هر کروموزوم (در اینجا) یک رشته دودویی شامل چندین بیت است، هر بیت در این رشته می تواند خاصیتی از جواب را نمایش دهد، البته روشهای به رمز در آوردن زیادی وجود دارد و انتخاب طرح خاصی به

مسئله مورد نظر بستگی دارد، به عنوان مثال می‌توان از روشهای نمایش اعداد صحیح، اعداد حقیقی، جایگشت و غیره استفاده کرد.

در استفاده از کد گذاری با سه مفهوم اصلی زیر روبرو هستیم [۳۷]:

➤ قانونمند بودن یک کروموزوم

➤ موجه بودن یک کروموزوم

➤ منحصر به فرد بودن کروموزوم

قانونمندی کروموزوم، مربوط به زمان بکارگیری عملگرهای ژنتیک بوده یعنی گاهی اوقات ممکن است کروموزومهایی تولید شوند که با هیچ عضوی از فضای جواب متناظر نباشد. موجه بودن کروموزوم مربوط به حالتی است که بعد از رمزگشایی، همه محدودیتهای مساله را ارضا نماید. در غیر اینصورت کروموزوم غیر موجه خواهد بود. منحصر به فرد بودن ترسیم به این معناست که هر کروموزوم پس از رمزگشایی تبدیل به فقط یک نقطه از فضای موجه شود و بالعکس.

## ۶-۱-۱-۱-۲ جمعیت اولیه

پس از تعیین سیستم کد گذاری و مشخص شدن روش تبدیل هر جواب به کروموزوم، باید یک جمعیت اولیه از کروموزومها تولید نمود. در اکثر موارد جمعیت اولیه به صورت تصادفی تولید می‌شود اما گاهی اوقات برای بالا بردن سرعت و کیفیت الگوریتم از روشهای دیگر نیز برای تولید جمعیت اولیه استفاده می‌شود.

واضح است که هر چه جمعیت اولیه بیشتر باشد جواب بهتری حاصل می‌شود. ولی انتخاب جمعیت اولیه

بیش از حد، کار بیهوده و عبث است. زیرا الگوریتم به تولید جوابهایی در یک منطقه می‌پردازد که به وجود آنها

نیازی نیست. همچنین کم بودن تعداد جوابهای اولیه از این جهت خطرناک است که جوابهای موجود در قسمتی از منطقه موجه ممکن است. هیچگاه به وسیله هیچ عملگر تقاطعی یا جمشی تولید نشوند [۳۷].

### ۶-۱-۱-۳-۳ تعداد نسل

تعداد نسل هر چه بیشتر باشد به جواب بهتری می‌انجامد. ولی اگر از یک حدی بیشتر شود دیگر جواب‌ها بدون تغییر باقی می‌مانند و فقط باعث زیاد شدن زمان محاسبه می‌شود. بطور مثال اگر یک الگوریتم با ۵۰۰ تکرار همگرا شود انتخاب ۱۰۰۰ بعنوان تعداد نسب کار بیخودی است زیرا پس از ۵۰۰ نسل الگوریتم همگرا و بعد از آن جوابها بدون تغییر باقی می‌مانند [۳۷].

### ۶-۱-۱-۳-۴ عملگرهای ژنتیکی

عملگرهای مرسوم عبارتند از عملگر تقاطع و عملگر جهش. اما این عملگر بر حسب نوع مساله، تعریف شده و کاملاً به توانایی تحلیلگر وابسته بوده و تجربی می‌باشند. کارایی این عملگرها در رسیدن به جواب بهینه در مسایل مختلف، متفاوت است [۳۷].

### ۶-۱-۱-۳-۱-۴ عملگرهای تقاطعی

در این عملگرها دو یا چند جواب (معمولاً دو) انتخاب می‌شود. سپس یک یا چند نقطه از جوابهای انتخابی مشخص شده و مقادیر بین آنها با توجه به مقادیر جوابهای دیگر تغییر داده می‌شود تا جوابهای جدید بدست آید. در این عملگرها نقاط تغییر و کروموزمهایی که تغییر در آنها صورت می‌گیرد، حائز اهمیت است. هر چه تعداد جوابهایی که در این عملیات شرکت می‌کنند کمتر باشد، جوابهای حاصل به جمعیت قبلی نزدیک تر خواهد بود.

عمل ترکیب ژنهای والدین را می‌گیرد و فرزندان جدید را تولید می‌کند، ساده‌ترین روش، انتخاب یک

نقطه تقاطع و تعویض قسمتهای راست این نقطه تقاطع ازدو کروموزوم است:

کروموزوم ۱	Xxyxyxyxyxyxyxy
کروموزوم ۲	1101111000011110
فرزند ۱	Xxyxx1100001111
قرزند ۲	11011yyxyxyxyxx

روش دیگری نیز برای ترکیب وجود دارد، برای مثال می‌توانیم از نقاط تقاطع بیشتری استفاده کنیم، ترکیب می‌تواند پیچیده تر باشد و بیشتر به روش نمایش بستگی دارد، طراحی عملگرهای ترکیب مختلف می‌تواند تاثیرهای مختلفی داشته باشد.

### ➤ نرخ عملگر تقاطعی:

نرخ عملگر تقاطعی (PC) احتمال رخدادن عملگر تقاطع در هر یک از کروموزومها می‌باشد. با توجه به تعریف برای هر کدام از کروموزومها یک عدد تصادفی بین صفر و یک تولید کرده، اگر کوچکتر از pc باشد برای تقاطع انتخاب در غیر این صورت انتخاب نمی‌شود [۳۷].

مقدار نرخ تقاطعی تأثیر مستقیمی در فضای نمونه گیری دارد. به بیان دیگر هر چه نرخ تقاطعی بیشتر باشد اعضاء نمونه گیری بیشتر است و از آنجا که نرخ تقاطعی عددی بین صفر و یک است لذا می‌توان فضای نمونه گیری را از یک تا دو برابر تعداد جمعیت اولیه افزایش داد [۳۷].

### ۶-۱-۱-۳-۴-۲ عملگرهای جهشی

عملگرهایی که یک یا چند ژن از یک کروموزوم را انتخاب و مقادیر آنها را تغییر می‌دهند. در این عملگرها یک یا چند محل از یک رشته، در نظر گرفته شده و مقادیر آنها تغییر می‌یابد. در این عملگرها تعداد

محللهایی که قرار است تغییر کند، نحوه انتخاب محلها و نحوه انجام متغیر مهم است. در عملگرهای جهشی از اطلاعات یک جواب استفاده شده و جواب دیگری بدست می‌آید. این تغییر ممکن است کم یا زیاد بوده که به همان میزان از اطلاعات آن کروموزوم، زیاد یا کم استفاده می‌شود. به عبارت دیگر هر چه تغییرات زیادتر باشد جواب حاصله تصادفی تر خواهد بود و این تصادفی بودن جهت ورود موارد ژنتیکی جدید به داخل جمعیت مفید می‌باشد [۳۷].

این عملگر از جمعیت در بهینه محلی جلوگیری می‌کند، عملگر جهش بصورت اندکی، فرزند تولید شده را تغییر می‌دهد، برای حالت نمایش دودویی، می‌توان به تصادف یکی از 1 را به 0 یا یکی از 0 ها را به 1 تبدیل کرد، در این صورت جهش می‌تواند بدین صورت باشد:

فرزند اصلی ۱	1101111000011110
فرزند اصلی ۲	1101100100110110
فرزند جهش یافته ۱	1100111000011110
فرزند جهش یافته ۲	1101101100110110

دقیقاً مثل ترکیب، جهش نیز کاملاً به روش نمایش بستگی دارد، مثلاً وقتی از نمایش جایگشتی استفاده می‌کنیم، جهش می‌تواند با تعویض جای دو ژن صورت گیرد.

➤ نرخ عملگر جهشی:

نرخ عملگر جهشی (Pm) احتمال جهش یک ژن تعریف می‌شود و برابر است با احتمال تغییر کردن هر کدام از ژنها می‌باشد که مقدار کوچکی است [۳۷].

نرخ عملگر جهشی در الگوریتم ژنتیک بصورت کدهای حقیقی نسبت به کدهای دودویی مقادیر بزرگ به خود می‌گیرد و دلیل این امر این است که در کدهای دودویی تنها دو حالت برای هر ژن وجود دارد و اعمال عملگر جهشی تنها موجب تغییر آن از یک به حالت دیگر می‌گردد. در اینصورت اگر نرخ عملگر جهشی مقادیر بزرگتری در نظر گرفته شود، باعث پراکندن بیش از حد ژنهای مطلوب و متلاشی سازی کروموزمهای خوب می‌گردد [۳۷].

## ۶-۱-۱-۳-۵ عملگر انتخاب

وظیفه اصلی این عملگر هدایت الگوریتم به نواحی امید بخش فضای جواب می‌باشد و دارای سه بخش اساس فضای نمونه گیری، مکانیسم نمونه گیری و احتمال انتخاب است که شرح هر کدام از آنها در زیر آورده شده است [۳۷].

الف- فضای نمونه گیری:

عملگر انتخاب برای ایجاد نسل بعد، یا از همه نوزادان و والدین استفاده می‌کند و یا از بخشی از آنها را بکار می‌گیرد. بطور کلی دو نوع فضای نمونه گیری وجود دارد:

➤ فضای نمونه گیری عادی:

به این معنا است که هر نوزاد بلافاصله پس از تولید جایگزین والد خود می‌شود. در این روش اندازه فاضی نمونه گیری برابر با اندازه جمعیت اولیه خواهد بود که شامل تمام نوزادان تولید شده نیز می‌باشد. اشکال اساسی این روش این است که هیچ تضمینی برای اینکه نوزادان تولید شده بهتر از والدین باشند، وجود ندارد.

➤ فضای نمونه گیری توسعه یافته :

در این روش کلیه والدین و نوزادان دارای شانس برابر برای انتخاب شدن هستند و اندازه فضای نمونه گیری مجموع تعداد جمعیت اولیه و تعداد نوزادان تولید شده است.

ب: روش نمونه گیری

روش نمونه گیری به نحوه انتخاب کروموزومها از فضای نمونه گیری مربوط می شود و دارای سه رویکرد

زیر است:

➤ - نمونه گیری تصادفی ( چرخ رولت):

یکی از روشهای انتخاب تصادفی است و ایده آن، احتمال انتخاب می باشد. احتمال انتخاب متناظر با هر

کروموزوم بر اساس برازندگی آن محاسبه شده که اگر  $f_k$  مقدار برازندگی کروموزوم  $k$  باشد، احتمال بقای متناظر با این کروموزوم عبارت است از:

$$p_k = f_k / \sum_{i=1}^n f_i$$

حال کروموزومها را بر اساس  $p_k$  مرتب کرده و  $q_k$  که همان مقادیر تجمعی  $p_k$  ها می باشد را محاسبه

می کنیم :

$$q_k = \sum_{i=1}^k p_i$$

در این روش برای انتخاب هر کروموزوم یک عدد تصادفی بین صفر و یک تولید کرده و عدد مذکور در

هر بازه ای که قرار گرفت، کروموزوم متناظر با آن، انتخاب می شود.

➤ نمونه گیری قطعی :

در این نمونه گیری بهترین کروموزمها از فضای نمونه گیری انتخاب می شود که چند روش معروف آنها عبارتند از :

۱- روش انتخاب  $(\lambda + \mu)$  که در آن  $\lambda$  نوزاد تولید شده و این تعداد با  $\mu$  کروموزوم که در حقیقت والدین هستند رقابت می کنند و  $\mu$  کروموزوم بهتر انتخاب می گردد.

۲- روش انتخاب  $\lambda + \mu$  که در آن  $\lambda$  نوزاد تولید شده  $\lambda + \mu$  و از بین  $\lambda$  نوزاد،  $\mu$  کروموزوم برتر انتخاب می شود.

۳- روش انتخاب جایگزینی نسلی اصلاح شده که در آن ابتدا کروموزومها بر اساس مقدار برآزش منظم می شوند و به تعداد نوزادان تولید شده از انتهای لیست، کروموزومها حذف می شوند.

➤ نمونه گیری مختلط :

این نمونه گیری تلفیقی از دو روش نمونه گیری قطعی و تصادفی است که دو روش معروف آن عبارتند از :

۱- روش انتخاب مسابقه که در آن پس از تولید نوزادان، به تعداد جمعیت اولیه مجموعه چند عضوی تولید می شود ( اندازه مجموعه به اندازه مسابقه معروف است) و از هر مجموعه بهترین عضو انتخاب می گردد.

۲- روش انتخاب مسابقه تصادفی که مشابه روش قبل است با این تفاوت که بجای اینکه هر مجموعه بطور تصادفی شود با کمک چرخ رولت انتخاب می شود.

ج- احتمال انتخاب :

این دو موضوع در مورد چگونگی تعیین احتمال انتخاب کروموزومها می باشد. در بعضی از تکنیکهای انتخاب، احتمال انتخاب یک کروموزوم متناسب با مقدار برآزش آن است که این روش دارای چند عیب می

باشد. برای مثال در نسل‌های اولیه، گرایش برای تسلط تعدادی از کروموزوم‌های برتر بر فرآیند انتخاب و وجود دارد در حالیکه در نسل‌های اولیه، گرایش برای تسلط تعدادی از کروموزوم‌های برتر بر فرآیند انتخاب وجود دارد در حالیکه در نسل‌های آخر وقتی جمعیت به صورت کامل همگرا می‌شود رقابت بین کروموزوم‌ها خیلی جدی نبوده و تقریباً به صورت جستجوی تصادفی در می‌آید. یعنی در نسل‌های اولیه چون مقدار برآزش‌ها معمولاً با هم اختلاف زیادی دارند لذا شانس حضور کروموزوم‌ها به هم نزدیک است بنابراین انتخابها تقریباً تصادفی بوده و شانس انتخاب برای اکثر کروموزوم‌ها یکسان است. مکانیسم رتبه‌بندی برای کاهش این عیوب ارایه شده است. در این روش از مقادیر واقعی تابع هدف صرف‌نظر کرده و یک رتبه‌بندی از کروموزوم‌ها به جای تعیین احتمال انتخاب ارایه می‌کند. در این روش ابتدا جمعیت به صورت نزولی مرتب شده و سپس به هر کروموزوم یک احتمال انتخاب تخصیص می‌یابد.

## ۶-۱-۱-۳-۶ تابع برآزش

در فرآیند انتخاب بارها از عبارت کروموزوم مناسب تر صحبت به میان آمد. بدیهی است که برای تشخیص کروموزوم بهتر باید یک شاخص جهت ارزیابی کروموزوم‌ها وجود داشته باشد. در مورد مسایل بهینه‌سازی، معمولاً این شاخص همان مقدار تابع هدف مساله است. یعنی هر کروموزوم را تبدیل به جواب متناظر کرده و در تابع هدف قرار می‌دهند و مقدار بدست آمده از تابع هدف همان مقدار برآزش متناظر با کروموزوم مربوطه خواهد شد. تابع برآزش تاثیر زیادی بر عملکرد نهایی الگوریتم دارد و در مورد مسایل پیچیده باید اقدام به تعریف مناسب آن نمود [۳۷].

۲-۶ ضمیمه ۲

۱-۲-۶ نمونه‌هایی از خروجیهای کامپیوتر

## منابع و مأخذ

- ۱ Goyal S.K. and Giri B.C., *Recent trends in modeling of deteriorating inventory*. European Journal of Operational Research, 2001. **134**(1-16).
- ۲ Simchi-Levi D., Kaminsky P., and Simchi-Levi E., *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies ,and case studies*. 2000, NY, USA.: McGraw-Hill.
- ۳ Chopra S. , *Designing the distribution network in a supply chain*. Transportation Research Part E, 2003(39): p. 123-140.
- ۴ Harland , C.M., *Supply Chain Management : Relationships, Chain and Networks*. 199۷. p. 68-80.
- ۵ Scott , C. and R. Westbrook, *New Strategic Tools for Supple Chain Management*. International Journal of Physical Distribution and Logistic Management 1991. **21**: p. 23-31.
- ۶ New, S. and P. Payne, *Research Framework in Logistics Management* International Journal of Physical Distribution and Logistic Management, 1995. **25**: p. 60-77.
- ۷ Baatz, E.B., *Best practice: The chain gang*. CIO, 1995(8): p. 46-52.
- ۸ Farmer, D., *Purchasing Myopia-Revisited*. European Journal of Purchasing and Supply Chain Management, 1997. **3**: p. 1-8.
- ۹ Inman, R.A. and J.H. Hubler, *Certify The Process, Not just the Product*. Production and Inventory Management Journal, 1992(33): p. 11-14.

- ۱۰ Ragatz, G.T., R.B. Handfield, and T.V. Scannell, *Success Factors for Integrating Suppliers into new Product Development*. Journal of Innovation Management, 1997(14): p. 190-202.
- ۱۱ Geunes, J., P.M. Pardalos, and H.E. Romeijn, *Supply Chain Management: Models, Applications, and Research Directions*. 2005: Springer.
- ۱۲ Erenguc S.S., Simpson N.C., and Vakharia A.J., *Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review*. European Journal of Operational Research, 1999. **115**: p. 219-236.
- ۱۳ sherbrook, C.C., *Metric: A Multi-Echelon Technique for Recoverable Item Control*. Operations Research, 1968. **16**: p. 122-141.
- ۱۴ Muckstadt, J.A., *A Model For a Multi-Item, Multi-Echolon, Multi-Indenture Inventory system*. Management Science, 1973. **20**: p. 472-481.
- ۱۵ Hill R.M, *The single-vendor single-buyer integrated production inventory model with a generalized policy*. European Journal of Operational Research, 1997(97): p. 493-499.
- ۱۶ Bollapragada S., Akella R., and Srinivasan R., *Centralized ordering and allocation policies in a twoechelon system with non-identical warehouses*. European Journal of Operational Research, 1998. **106**: p. 74-81.
- ۱۷ Goyal S.K., *On improving the single-vendor single-buyer integrated production inventory model with a generalized policy*. european Journal of Operational Research, 2000. **125**: p. 429-430.
- ۱۸ Hoque M.A. and Goyal S.K., *An optimal policy for a single-vendor single-buyer integrated production-inventory system with capacity constraint of the transport equipment*. International Journal of Production Economics, 2000(65): p. 305-315.

- ۱۹ Goyal, S.K. and B.C. Giri, *Recent trends in modeling of deteriorating inventory*. European Journal of Operational Research, 2001. **134**: p. 1-16.
- ۲۰ Whitin, T.M. and H.M. Wagner, *Dynamic version of the economic lot size model*. Management Science, 1958. **5**: p. 89-96.
- ۲۱ Misra, R.B., *production lot size model for a system with deteriorating inventory*. International Journal of Production Research, 1975. **13**: p. 495-505.
- ۲۲ Shah, Y.K. and M.C. Jiaswal, *A lot size model for exponentially deteriorating inventory with finite production rate*. Gujarat Statist, 1976. **3**: p. 1-13.
- ۲۳ Hwang, H.S., *A study on an inventory model for items with Weibull ameliorating*. Computers and Industrial Engineering, 1997. **33**: p. 701-704.
- ۲۴ Moon, I., B.C. Giri, and B. Ko, *Economic order quantity models for ameliorating/deteriorating items under inflation and time discounting*. European Journal of Operational Research, 2005. **162**: p. 773-785.
- ۲۵ Sarker, B.R., A.M.M. Jamal, and S. Wang, *Supply chain models for perishable products under inflation and permissible delay in payment*. Computers and Operations Research, 2000. **27**, : p. 59-75.
- ۲۶ Yang P.C. and Wee H.M., *A single-vendor and multiple buyers production-inventory policy for a deteriorating item*,. European Journal of Operational Research, 200۲a(143): p. 570-581.
- ۲۷ Rau, H., M.Y. Wu, and H.M. Wee, *Integrated inventory model for deteriorating items under a multi-echelon supply chain environment*. Int. J. Production Economics, 2003. **86**: p. 155-168.

- ۲۸ Chen, C. and W. Lee, *Multi-objective optimization of multi-ec helon supply chain networks with uncertain product demands and prices*. Computers and Chemical Engineering 2004. **28**: p. 1131-1144.
- ۲۹ Farahani, R. and M. Elahipanah, *Desgning and Solving a Model for Just-in-time Distribution in Supply Chain Management*, in Amirkabir University. 2006.
- ۳۰ Wang, W., R.Y.K. Fung, and Y. Chai, *Approach of just-in-time distribution requirements planning for supply chain management* International Journal of Production Economics, 2003(91): p. 101- 107.
- ۳۱ Ghare ,P.M. and S.F. Schrader, *A Model for Exponentially Decaying Inventory*. Journal of Industrial Engineering, 1963(14): p. 283-293.
- ۳۲ Shah, Y.K. and M.C. Jaiswall, *An Order Level Inventory Model for a System with Constant Rate of Deterioration*. Operations Research, 1977. **14**: p. 174-184.
- ۳۳ Philip, G.S. and R.B. Covert, *An EOQ Model with Weibull Distribution Deteriortion*. AIIE Transactions, 1973. **5**: p. 323-326.
- ۳۴ Farahani, R. and M. Elahipanah, *A genetic algorithm to optimize the total cost and service level for just-in-time distribution in a supply chain*. International Journal of Production Economics, 2006(DOI:10.1016/j.ijpe.2006.11.028.)
- ۳۵ E. Falkenuer, *Genetic Algorithms and Grouping Problems*. 1997: Wiley.
- ۳۶ Arnovan.R, L. J., and Ray., *Neural Network Training Us ing Genetic Algorithm*. World Scientific publishing, 1997.
- ۳۷ Haupt, R.L. and S.E. Haupt, *Practical Genetic algorithms*. SECOND EDITION ed. 2004: JOHN WILEY & SONS , INC.

۳۸ Gen.M and chang.R, *Genetic Algorithm and Engineering Optimization* :۲۰۰۰ John Wiley.

۳۹ Naso, D., Surico, M., Turchiano, B., Kaymak, U., (2007), Genetic algorithms for supply-chain scheduling: A case study in the distribution of ready-mixed concrete, *European Journal of Operational Research*, 177, 2069–2099

۴۰ Zhou, G, Min,H., (2002) "The balanced allocation of customers to multiple distribution centers in the supply chain network : a genetic algorithm approach " , *Computers and Industrial Engineering* 43 , 251-261.

۴۱ Hwang , H.S. , (2002) . "design of supply chain logistics system cosidering service level " , *computers and Induserial Engineering* 43, 283- 297.

## Abstract

Today the senior managers of manufacturing companies use different methods to achieve their objectives and implement their projects which are based on acquiring competitive advantage and gaining more shares in the market. For this purpose, strategies which result in high-quality, less costly and more accessible products are

employed. There fore, organizations attempt to reduce the cost and speed up the delivery of products to customers to gain the competitive advantage among other rivals.

In this research, two new models of multi-level inventories for decaying items using just-in-time logistic to get to optimal total costs of supply chain including production cost, freight cost, maintenance cost, early or late cost of delivery, the cost of decaying product were used.

The first model has been designed to minimize the costs and all products will be delivered within consumption period and there will be no decaying products.

The second model has been designed in away that if some products are not delivered In time, since all products have expiry date, the cost of these products is added to the target function and is minimized.

Both models are new and have been tested through using the following three methods:

1. Introducing a genetic algorithm
2. CPLEX.10.2 solvent
3. LINGO.10 software

The findings prove the claims.

Keyword: supply chain, just-in-time logistic, decaying products, genetic algorithm.

Email: [salahzoh@yahoo.com](mailto:salahzoh@yahoo.com)