وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
الغدیر
مؤسسه آموزش عالی غیردولتی-غیرانتفاعی

پایاننامه جهت اخذ درجه کارشناسي ارشد
رشته: مهندسي صنایع
گرایش: مدیریت سیستم و بهرهوري

عنوان:

بهبود کنترل موجودي محصولاتي با چرخه عمر کوتاه در زنجیره تأمین با استفاده از لجستیك بهنگام

استاد راهنما: دکتر عیسي نخعي کمال آبادي
استاد مشاور: دکتر ابوالفضل میرزازاده
استاد داور: دکترعلیرضا بافنده

پژوهشگر:
صلاح الدین قسیمي

تبریز: تاریخ : تابستان ۱۳۸۷

بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده

امروزه مدیران ارشد شرکتهای تولیدی از روشها وابزارهای مختلفی که جهت تحقق اهداف وطرحهای تجاری خودمبتنی بر کسب مزیت رقابتی و دستیابی به سهم بیشتری از بازار می باشد ، استفاده می نمایند . در این راستااستراتژیهایی 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 مینیمم 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 مینیمم می کند .

هر دو مدل ارائه شده جدید می باشند ، وبرای 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

۱-۲ تعریف مسئله و بیان موضوع اصلی ۳

۱-۳ هدف تحقیق ۶

۱-۴ سوالات تحقیق..... .....۸

۱-۵سابقه شکاف تحقیقات موجود و ضرورت انجام تحقیق.....۸

۱-۶ زمینه‌های کاربردی تحقیق.....۱۰

۱ -۷ جنبه جدید بودن ونو آوری تحقیق.....۱۰

۱-۸ ساختار تحقیق.....۱۰

۲- فصل دوم: مرور ادبیات و سیر تاریخی تحقیق ۱۳

۲-۱ مدیریت زنجیره تامین.....۱۳

۲-۱-۱ تعاریف و مفاهیم اولیه درمدیریت زنجیره تامین..... .....۱۴

۲-۱-۲ روند ظهور و تکامل مدیریت زنجیره تامین.....۱۵

۲-۱-۳ ساختار زنجیره تامین ۱۹

۲-۲ لجستیک بهنگام.....۲۰

۲-۳ اقلام فاسد شدنی.....۲۵

۲-۴ برنامه ریزی و کنترل موجودیها.....۲۵

۲-۴-۱ تعاریف و مفاهیم اولیه در برنامه ریزی و کنترل موجودیها..... ۲۶

۲-۴-۱-۱کارکردهای موجودی.....۲۶

۲-۴-۱-۲ هزینه های سیستم موجودی.....۲۷

۲-۴-۲ سیاستهای برنامه ریزی و کنترل موجودی.....۳۰

۲-۴-۲-۱سیاست (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

۲-۴-۲-۳سیاست (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 تراز۳۳

۲-۴-۳ طبقه بندی مدل های کنترل موجودی.....۳۴

۲-۵ .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: مدلسازی ریاضی.....۵۰

۳-۱ مدل سازی.....۵۰

۳-۱-۱ نمای ریاضی مدل ۱.....۵۵

۳-۱-۱-۱ تشریح مدل ۱.....۵۶

۳-۱-۲ مدل ۲ ..... ۵۸

۳-۱-۲-۱ نمای ریاضی مدل ۲..... ۵۸

۳-۱-۲-۲ تشریح مدل ۲..... ۵۹

۳-۲ نتیجه گیری..... ۶۰

٤- فصل چهارم: روشهای حل و نتایج محاسباتی..... .....۶۲

۴-۱ مقدمه..... ۶۲

۴-۲ مفاهیم بهینه محلی و بهینه کلی..... ۶۲

۴-۳ پیاده سازی الگوریتم ژنتیک در حل مدل پیشنهادی..... ۶۵

۴-۳-۱ نمایش کروموزومها..... ۶۶

۴-۳-۲ تولید جامعه اولیه..... 67

۴-۳-۳ عملگرهای ژنتیکی..... ۶۸

۴-۳-۳-۱ عملگر جهش..... ۶۸

۴-۳-۳-۲ عملگر تقاطع..... ۷۰

۴-۳-۳-۳ عملگر انتخاب..... ۷۲

۴-۳-۴ تابع هدف کروموزوم ها..... ۷۲

۴-۴ مسائل نمونه و حل مدلها..... ۷۳

۴-۴-۱ حل مدل۱..... ۷۳

۴-۴-۱-۱ نتایج محاسباتی حاصله از نرم افزار (مدل۱) ۷۹

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

۴-۴-۲ حل مدل ۲ .....۸۵

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

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

۵-۱ مقدمه.....۹۱

۵-۲ نتیجه گیری.....۹۲

۵-۳ محدودیتهای تحقیق ۹۳

۵-۴ تحقیقات آتی.....۹۳

ضمایم ۹۵

ضمیمه ۱- معرفی الگوریتم ژنتیک..... .....۹۶

ضمیمه ۲- نمونه هایی از خروجیهای کامپیوتر ۱۱۲

منابع و ماخذ..... ۱۱۳

فهرست جداول

عنوان		صفحه
۲-۱	قوانین سر انگشتی برای گزینش شکل خط مشی موجودی	۳۴
۳ -۱	متغییرهای هر دو مدل	۵۲
۳-۲	پارامترهای هر دو مدل	۵۳
٤-۱	مقادیر تصادفی پارامترهای هر دو مدل	۷۵
٤-۲	مسایل نمونه در ابعاد مختلف جهت حل مدل۱	۷۶
٤-۳	تعداد کل متغییرها ومحدودیتهای مدل۱ با در نظر گرفتن مسایل مختلف	۷۸
٤-٤	نتیجه حل ده بار مسئله ۵ مدل۱	۸۰
٤-۵	میانگین حاصل از ۱۰ بار تکرار ۱۰ مسئله نمونه توسط cplex10.2 مدل۱	۸۱
٤-٦	نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک در ۵ بار تکرار مدل۱	۸۳
٤-۷	بهترین مقدار و میانگین ۵ بار اجرای الگوریتم ژنتیک مدل۱	۸۴
٤-۸	مسایل نمونه در ابعاد مختلف جهت حل مدل۲	۸۶
٤-۹	نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک ونرم افزار لینگو مدل۱	۸۷
٤-۱۰	نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک ونرم افزار لینگواز مدل۲	۸۸
٤-۱۱	مقایسه مدل۱ با مدل۲	۸۹

فهرست شکلها و نمودارها

عنوان		صفحه
۲-۱	روند ظهور و تکامل مدیریت زنجیره تامین	۱۷
۲-۲	چشم انداز استراتژیک مدیریت زنجیره تامین	۱۸
۲-۳	ساختار یک زنجیره تامین	۱۹
۲-٤	فرایندهای اصلی زنجیره تامین	۲۰
۲-۵	تغییرات موجودی انبار نسبت به زمان	۲۹
۲-٦	طبقه بندی مسایل کنترل موجودی	۳۴
۲-۷	ساختار یک سیستم چند سطحی	۳۸
۲-۸	شبکه زنجیره تامین سری	۳۹
۲-۹	شبکه زنجیره تامین واگرا	۴۰
۳-۱	زنجیره تامین مسئله تحقیق	۵۱
٤-۱	نمایش بهینه سراسری در برابر بهینه محلی	۶۳
٤-۲	زمان حل مسئله با توجه به ابعاد آن	۶۴
٦-۱	شمای کلی الگوریتم ژنتیک	۱۰۲

فصل اول

کلیات تحقیق

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 وکار 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[1] متکی باشند. مدیریت زنجیره تامین[2] 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 هزینه ها، گسترش شبکه توزیع کالا، تسلط بر بازارهای فرامنطقه ای و ... می باشند.

از جمله مزایای تشکیل زنجیره تامین، در نظر گرفتن ارتباط میان بنگاه های 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 بنگاه های مختلف و تعاملات میان آنها به صورت همزمان در نظر گرفته شود، به

[1] Supply Chain
[2] . 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[۱] (IT)، مدیریت استراتژیک[۲] (SM)، مدیریت ارتباط با مشتری[۳] (CRM)، مدیریت موجودیها[۴] (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 برنامه‌ریزی به عنوان زمینه ساز جهت‌گیری‌ها و فعالیتهای سازمانی در تمامی ابعاد، اصلی‌ترین و مهمترین عنصر مدیریت محسوب می‌گردد. برنامه‌ریزی کسب وکار تجاری[۵]، برنامه ریزی تولید[۶]، برنامه ریزی موجودیها[۷]، برنامه ریزی حمل و نقل[۸]، برنامه ریزی منابع انسانی[۹]، برنامه ریزی تعمیرات و نگهداری[۱۰] و ... برخی از زمینه های کاربرد برنامه ریزی در حیطه فعالیتهای سازمانی می باشند.

برنامه ریزی، پیاده سازی و کنترل سیستم‌های موجودی و انبارداری و در واقع مدیریت موجودیها، دغدغه اصلی سازمانها در عصر حاضر به شمار می‌آید. طراحی و به کارگیری مکانیزمهای کنترل موجودی به منظور کاهش هزینه کل سیستم موجودی، کاهش موجودی راکد 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

[1] Information Technology
[2] Strategic Management
[3] Customer Relationship Management
[4] Inventory Management
[5] Business Planning
[6] Production Planning
[7] Inventory Planning
[8] Transportation Planning
[9] Human Resource Planning
[10] 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 برابرنمودن 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 می‌توان کالاهای سیستم‌های موجودی را در چهار گروه کلی طبقه‌بندی کرد :

۱- کالاهای منسوخ شدنی

۲- کالاهای فاسدشدنی

۳- کالاهای بهبود شونده

۴- کالاهای عادی

کالاهای منسوخ‌شدنی به کالاهایی اطلاق می‌گردد که با گذشت زمان و به دلیل تغییرات سریع در فناوری و یا معرفی محصولات جدید توسط رقبا، ارزش خود را از دست می‌دهند. در اینگونه موارد قیمت کالاها به شدت کاهش می‌یابد و یا در غیراینصورت پس از اتمام دوره حیات آن منسوخ می‌گردد. 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 می‌گردد که در طی زمان خراب، ضایع، خشک و یا تبخیر می‌گردند. محصولاتی چون میوه‌جات، سبزیجات، خون انسان، فیلم‌های 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.

کالاهای عادی :به کالاهایی اطلاق می 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 می‌شود.

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 مبداء تا نقطه مصرف به عهده دارد تا نیازمندیهای مشتری بر آورده شود. و لجستیک بموقع یعنی بهینه کردن هزینه های دیر کرد وزود کرد بخش لجستیک.

رکن اصلی برنامه‌ریزی و به کارگیری آمار و اطلاعات گذشته ، به تصویر کشیدن آینده با بهره گیری از ابزار مناسب قابل پیش بینی است. بر این اساس، برنامه‌ریزی 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، پریود 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 برخودار 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 نظرگرفتن 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 قبلا در مورد کالاهایی با چرخه عمر کوتاه که زوداز مد میافتند(مثل گوشیهای موبایل ،قطعات کامپیوترو...)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 تأمین 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 زودکرد و دیرکرد)

۴- کاهش هزینه خرید کالاها

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

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

۷- مینیمم کردن هزینه کالاهای فاسد شده(در مدل۲)

۸- تعیین دوره های مناسب سفارش دهی

۹-افزایش سرمایه در گردش

۱۰- افزایش سطح خدمت

می باشد.

دراین 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 هزینه ها، 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.

۱-٤ 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[1] طراحی نمود تاباستفاده از آن دستیابی به اهداف تحقیق با بکار گیری 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 تامین‌کنندگان، مراکز تولید، انبارها، مراکز توزیع و فروشگاههای خرده‌فروشی، به علاوه مواد خام، موجودی در جریان ساخت و محصولات نهایی که بین تسهیلات جریان دارد، می‌گردد. 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 مواداولیه تا مشتری نهایی را شامل می‌گردد 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 می‌شود. از دیدگاه عملی این شبکه می‌تواند مجموعه‌ای از مشتریان، مجموعه‌ای از توزیع‌کنندگان، مجموعه‌ای از فروشندگان محصول و یا غیره باشد. به عبارت دیگر، توزیع ، به گام های برداشته شده برای جابجایی و نگهداری محصولات از مرحله تامین‌کنندگان به مرحله مشتریان در زنجیره تامین اشاره دارد و از

[1] .just in Time logistic

آنجاییکه هم هزینه‌های زنجیره تامین و هم تجربه مشتریان را مستقیما تحت تاثیر قرار می‌دهد، یکی از مولفه-های 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 شبکه-های بسیار متفاوتی انتخاب می‌کنند. به عنوان نمونه، شرکت Dell رایانه‌های شخصی را مستقیما به مشتریان نهایی توزیع می‌کند. در حالیکه شرکت‌هایی چون Hewlett Packard از طریق فروشندگان مجدد کالاهای خود را به فروش می‌رساند. مشتریانDell برای دریافت رایانه‌های شخصی خریداری شده، باید چندین روز منتظر بمانند و این در حالی است که مشتریان HP می‌توانند آن را سریعا دریافت کنند. شرکتGateway 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، شرکتGateway هیچ محصولی در فروشگاه‌های خود به فروش نمی‌رساند، بلکه رایانه‌ها را مستقیما 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، پایان‌نامه‌هاومجلات معتبر صورت گرفت، مشخص گردید مدل کنترل موجودی کالاهای فاسدشدنی با در نظر گرفتن فلسفه JIT logistic در زمینه مدیریت زنجیره تأمین به ندرت مورد بررسی قرار گرفته شده است. از سوی دیگر با توجه به توسعه روزافزون دانش در زمینه مدیریت زنجیره تأمین 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.

۱-٦ زمینه‌های کاربردی تحقیق

با توجه به این که به کارگیری مدلهای کنترل موجودی تنها در محیط اقتصادی سالم و پویا میسر می باشد 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 بپردازند. در عین حال ارزش کاربردی این مدل زمانی نمایان تر می گردد که سازمان با مشکلات مرتبط با نگهداری موجودیها (هزینه نگهداری بالا، هزینه استهلاک، هزینه کمبود موجودی، هزینه فاسد شدن کالاهاو ....) 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 نو آوری تحقیق ،طراحی مدلی جدیدبرای 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 می باشد ، که برای حل واعتبار 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[1] 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، نتیجه‌گیری،محدودیتها و پیشنهادات آتی آورده خواهد شد،و در فصل ششم،ضمایم تحقیق بیان شده است.

[1] . 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 می‌باشد، استفاده می نمایند. در این راستا استراتژیهایی که منجر به ارائه محصولات با کیفیت بالاتر، قیمت پایین‌تر و دسترس پذیری بالاتری شوند، مدنظر خواهند بود. به همین جهت سازمان‌ها همواره می‌کوشند 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 می‌باشد، همچنین با توجه به پیشرفتهای قابل ملاحظه‌ای 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 دوچندانی بر پیکره بنگاهها وارد می‌شود 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 برآیند 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 دو چندانی 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.

۲-۱- ۱ تعاریف و مفاهیم اولیه درمدیریت 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 مصرف‌کنندگان می باشد.

هاند فیلد[18]، زنجیره تامین و مدیریت آن را به صورت زیر تعریف می نماید:

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 می‌شود. یکپارچه سازی فعالیتهای مذکور به منظور دستیابی به یک موقعیت مطلوب را مدیریت زنجیره تامین می نامند.

براساس تعریف هارلند[19][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[20] [۴] و پین و نیو [21] [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 می نماید. باتز[22] [۶] بازیافت مواد را نیز بخشی از حوزه های فعالیتهای مدیریت زنجیره تامین می داند.

[18] Hand Fild
[19] Harldand
[20] 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 رقبا و پیشرفت تکنولوژی، از جمله عواملی هستند که شرکت‌ها را وادار به بهبود فرایندهای داخلی و ارتباطات خارجی می‌کند، در غیر این‌صورت 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 می نمایند. 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 می سازد 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 ۱۹۶۰تولید انبوه به عنوان تنها ابزار کاهش هزینه تولید، استراتژی اصلی تولیدکننده‌گان محسوب می‌گردید. روند توسعه محصول جدید با تاخیر زیاد و منحصراً متکی بر تکنولوژی های سازمان و ظرفیت آن بود. نگهداری موجودی به منظور حفظ تعادل در جریان تولید منجر به سرمایه گذاری موجودیها و در نتیجه افزایش هزینه های تولید شده را به دنبال داشت. در این دوره شراکت استراتژیک و تعاملی خریدار و تامین کننده چندان مورد توجه قرار نمی‌گرفت [۷].

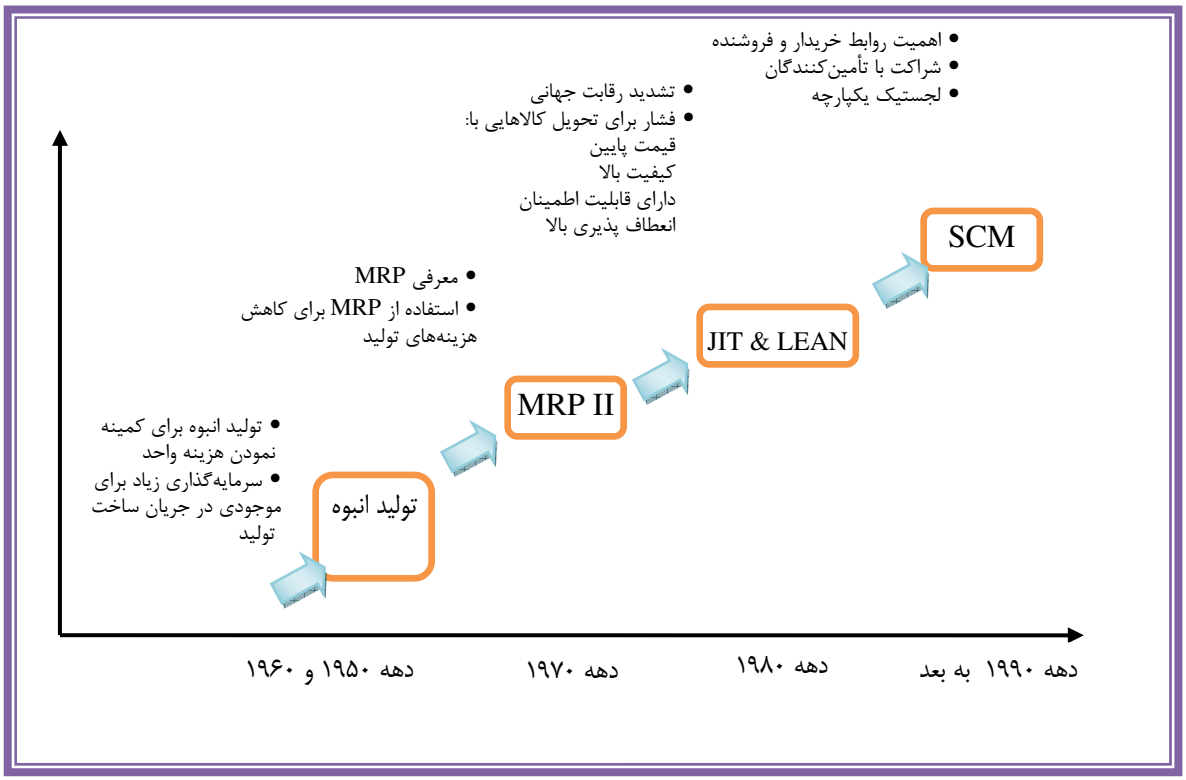
[21] Payne & new
[22] Baatz

در دهه ۱۹۷۰ با معرفی برنامه ریزی منابع مواد[۲۳] 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 حمل‌ونقل 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 تامین‌کنندگان و تامین از تامین کنندگان شایسته جایگزین فعالیتهایی نظیر بازرسی هنگام تحویل گردید [۸].

[23] .Material Resource Planning (MRP)



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

در طی سالهای اخیر بسیاری از تولیدکنندگان و توزیع کنندگان از مفاهیم SCM برای بهبود کارایی در سراسر زنجیره ارزش استفاده نموده اند [۹]. از جمله این مفاهیم می توان 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 می باشد. (**شکل ۲- ۲**)

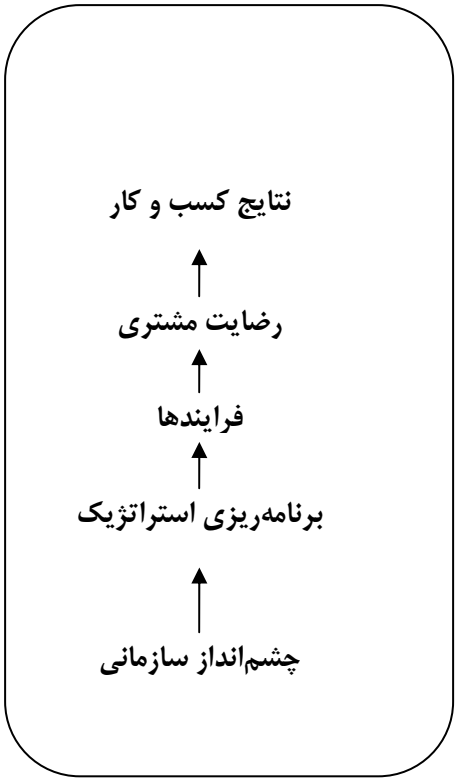
نتایج کسب و کار خروجیهای رضایت مشتری هستند.

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.



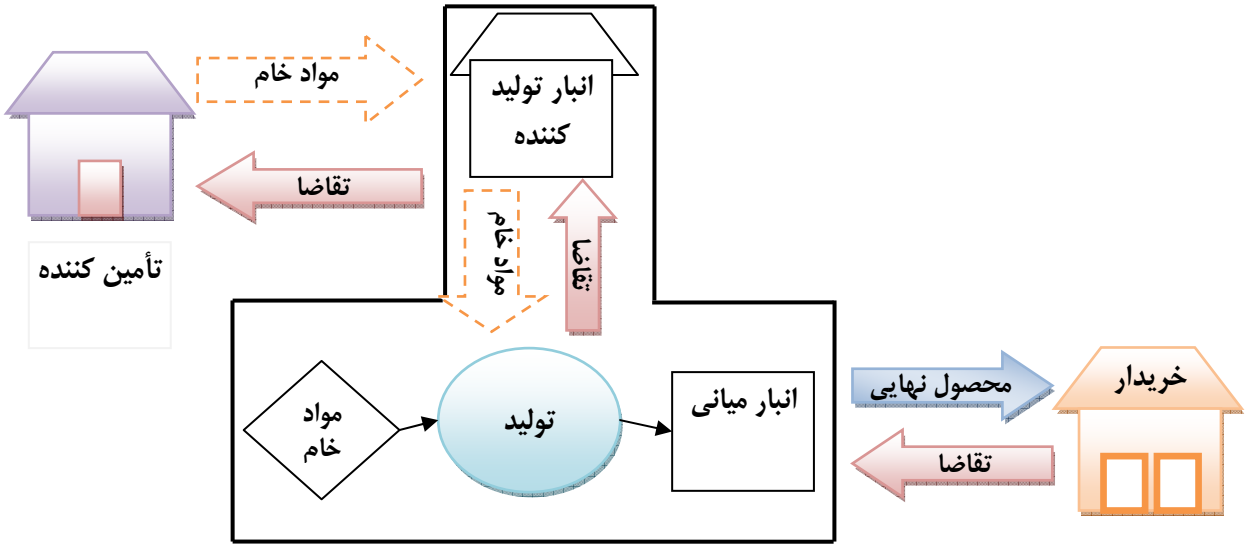
شکل ۲- ۲: چشم انداز استراتژیک مدیریت زنجیره تأمین

۲-۱- ۳ 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].

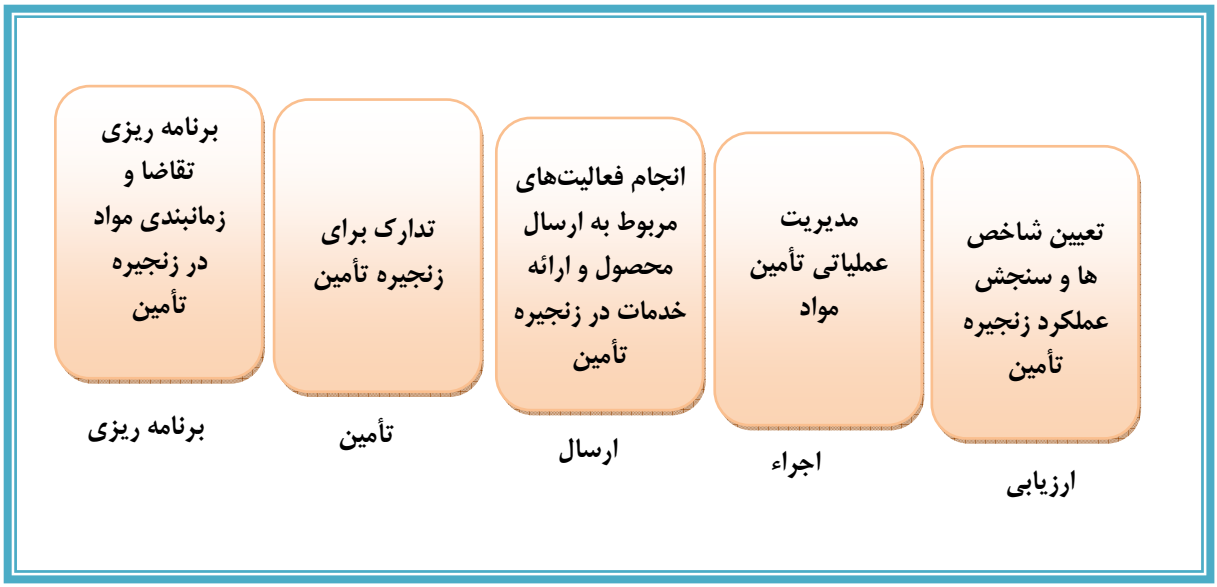
به عبارت دیگر زنجیره تامین، چرخه انتقال محصولات تا رسیدن به مصرف کننده نهایی و شامل فعالیتهایی است که از مرحله کشف و استخراج مواد خام از زمین آغاز و با بازیافت محصولات پس از بهره برداری خاتمه می یابد. به این ترتیب با توجه به این که در هر سطح از زنجیره ارزش افزوده ایجاد می شود، می توان زنجیره تامین را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

شکل ۲- ۱ 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 تولیدکنندگان محصولات نیمه تمام است. در سطح «تولید» تولیدکنندگان از مواد تامین شده برای تولید کالاهای مورد نیاز به مشتریان استفاده می نمایند و در سطح ارسال تقاضای مشتریان نهایی از طریق توزیع محصولات به وسیله توزیع کنندگان واسطه ها 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 می توان 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 می نماید. همچنین بازیافت استفاده مجدد از مواد و ... در هر سطح به صورت جریانات بازگشتی مشخص شده‌اند. فرایندهای اصلی زنجیره تأمین و موضوعات مطرح در هر گام فرایند در **شکل ۲- ٤** نشان داده شده‌اند.



شکل ۲- ٤: فرایندهای اصلی زنجیره تأمین

۲-۲ لجستیک بهنگام

لجستیک بخش نسبتا بزرگی از فعالیتهای زنجیره تامین را به خود اختصاص داده است و در حقیقت قسمت فیزیکی زنجیره تامین را تشکیل می دهد.این بخش که کلیه فعالیتهای فیزیکی از مرحله تهیه ماده خام تا تولید محصول نهایی رادر بر می گیرد شامل فعالیتهای حمل و نقل ، انبار داری، زمانبندی تولید و... می شود.

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 ،اجراو کنترل موثر و انبارش کالاها،خدمات و اطلاعات مرتبط را از نقطه مبداء 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 شوندواز 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 ودیر کرد کار jباشند .

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 $\alpha_j > 0$ ویک هزینه واحد دیر کـرد $\beta_j > 0$ در نظـر گرفتـه مـی شود.با فرض اینکه توابع جریمه خطی باشند ،تابع هدف کلی برای برنامه S را می توان بصورت زیر نوشت:

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

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

فلسفه JIT اولین بار توسط وانگ ات ال [۲۴] [۲۹]. در زمینه مدیریت زنجیره تامین بکار برده شد.با توجـه به سیاست JIT، باید مقدار مناسبی از کالاها، در زمان مناسب و در مکان مناسـب تحویـل گـردد.JIT نقـش مهمی در توزیع کارایی کالاها بازی می‌کند. از آنجا که هزینه‌های لجستیکی بخش بزرگی از کل هزینه هـای زنجیره تامین را به خود اختصاص می‌دهند، اتخاذ تصمیمات مربوط بـه برنامـه‌ریـزی توزیـع و موجـودی بطـور همزمان، می توانند کل هزینه های زنجیره تامین را به میزان قابل تـوجهی کـاهش دهـد و از سـوی دیگـر اثـر مهمی بر روی تعیین سطح سرویس به مشتری دارد.

هماهنگی تولید به صورت *JIT* و حمل و نقل در یک زنجیره تامین غیرمتمرکـز بـه منظـور خـدمات‌رسـانی مناسب به مشتریان با ارایه خدمات تحویل به موقع یکی از چالش‌هـای مـدیریت زنجیـره تـامین اسـت. از دیـدگاه تئوریک مساله تولید و توزیع به موقع را می‌توان به صورت ترکیبی از برنامه‌ریزی، زمانبنـدی و مـسیریابی در نظـر گرفت. از دیدگاه کاربردی این مساله مستلزم برقراری تـوازن بـین ریـسک و سـودآوری اسـت. در یـک تحقیـق مطالعه موردی بر روی مساله تحویل بتن آماده[۲۵] که در آن علاوه بر پیچیدگی‌های ذکر شده ممنوعیت زودکرد[۲۶]

[24] .Wang et al
[25] *ready-mixed concrete*
[26] *earliness*

و دیرکرد[۲۷] 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 هریک 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 قابل‌توجه در واریانس سرعت کامیون‌های حمل‌کننده بتن آماده می‌باشد *(Naso et al., 2007)* [۳۹]

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 جریمه هایی همراه است . هدف تعیین برنامه ریزی توزیع بهینه به طریقی است که کل هزینه های ساخت ، حمل ، زودکرد یا دیر کرد مینیمم شود .

[27] *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 مینیمم 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، پریود مناسب سفارش‌دهی 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.

۲-٤ برنامه ریزی و کنترل موجودیها

برنامه ریزی و کنترل موجودیها را می‌توان طراحی و بکارگیری الگوی مناسب به منظور تامین، نگهداری و سفارش‌گذاری موجودیها دانست. در واقع هدف از برنامه‌ریزی و کنترل موجودیها تعیین سطح بهینه موجودیهاست بگونه‌ای که هزینه‌های سیستم موجودی (هزینه های مرتبط با نگهداری، سفارش‌دهی، 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 می نماید، و لیکن

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

در این بخش مهمترین کارکردهای موجودی و انواع هزینه های مرتبط در قالب مفاهیم و تعاریف اولیه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در عین حال انواع سیاست‌های برنامه‌ریزی و کنترل موجودی معرفی و طبقه بندی مدلهای ریاضی کنترل موجودی ارایه می‌گردد.

۲-٤- ۱ تعاریف و مفاهیم اولیه در برنامه ریزی و کنترل موجودیها

۲-٤-۱-۱ کارکردهای موجودی

موجودیها را می‌توان به مواد خام، مواد تحت فرایند، کالای ساخته شده و ضایعات طبقه بندی نمود. سازمانهای مختلف با توجه به ماهیت کسب و کار خود انواع مختلفی از موجودیها را نگهداری می‌نمایند. موجودی در شرکت‌های خرده فروش به شکل کالاهای ساخته شده و در شرکت‌های تولیدی بشکل مواد خام و یا مواد تحت فرایند[۲۸] 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.

[28] -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 می‌تواند به عنوان ابزاری برای حذف وابستگی و ایجاد تعادل میان دو نهاد مجاور در زنجیره تامین که دارای نرخ تولید/ مصرف متفاوت می‌باشند، مورد استفاده قرار گیرد.

۲-٤-۱-۲ هزینه های سیستم موجودی

هزینه های تدارک، نگهداری، کمبود، هزینه حمل‌ونقل و ... از مهمترین هزینه‌های 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. دراین 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

ω: هزینه انبارش واحد کالا

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

π: 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 هزینه های آماده سازی، 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 می نماید.

هزینه تدارک سفارش = هزینه ثابت سفارش دهی + اندازه سفارش × قیمت واحد کالا $= A + Q \times C$

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 می گردد.

هزینه نگهداری = هزینه انبارش + هزینه رکود سرمایه

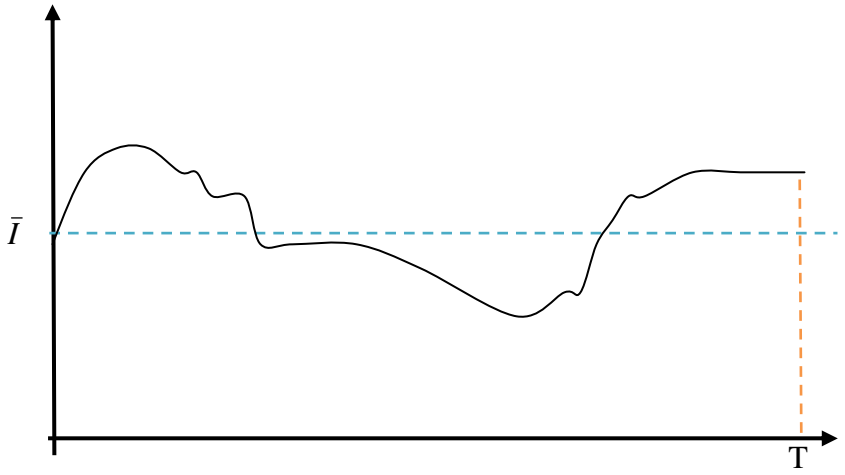
هزینه انبارش هر واحد × هزینه انبارش در طول دوره = متوسط موجودی در طول دوره

هزینه رکود سرمایه = نرخ سود × قیمت واحد × متوسط موجودی در طول دوره

متوسط موجودی در طول دوره برنامه ریزی $(0,T)$ را می توان با تقسیم میزان موجودی نگهداری شده در طول دوره برمدت 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× (هزینه انبارش واحد کالا +قیمت واحد× 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 می‌شود. 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):

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

هزینه کمبود (سفارش عقب افتاده):

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

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

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

۲-٤-۲ سیاست های برنامه ریزی و کنترل موجودی

خط مشی موجودی مبنای تصمیم‌گیری 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 مشی‌های کنترل موجودیها و مزایا و معایب هر یک مختصراً مورد بررسی قرار می گیرد.

۲-٤-۲- ۱ سیاست (s,Q)؛مرور دائم؛ نقطه سفارش، اندازه سفارش

دراین 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 می‌گردد. 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 می‌شود.

میزان موجودی در ظرف دوم متناظر با نقطه سفارش می باشد، بنابراین با بازگشایی ظرف دوم، عمل سفارش گذاری صورت می‌گیرد. 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 تراکنش‌ها آنقدر بزرگ باشد که یک سفارش به اندازه Q حتی نتواند موقعیت موجودی را به نقطه سفارش‌دهی برساند (مثلاً فرض کنید Q=10، موقعیت موجودی برابر است با s+1 و تقاضایی به اندازه ۱۵ واحد از راه می‌رسد.) در این حالت می‌توان اندازه سفارش را ضریب صحیحی از Q و آنقدر بزرگ در نظر گرفت که موقعیت موجودی از s فراتر رود.

۲-٤-۲-۲ 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 اندازه های واحد در نظر گرفته شود، عملکرد دو سیاست مذکور یکسان می‌باشد زیرا همواره سفارش-دهی دقیقاً در موقعیت موجودی sانجام می‌گیرد(S=s+Q) . با توجه به اینکه در این سیاست موقعیت موجودی همواره بین حداقل s و حداکثر S قرار می گیرد، سیاست (s,S) را سیاست حداقل- حداکثر نیز می نامند.

می‌توان نشان داد که، مجموعه هزینه های جایگزینی، نگهداری و کمبود موجود در سیستم هایی که از سیاست (s,S) استفاده می نمایند در حالت بهینه بیشتر از سیاست (s,Q) نخواهد بود. با این وجود، به استثناء شرایطی که در آن تفاوت هزینه های حاصل از بکارگیری این دو سیاست قابل توجه است، سیاست (s,Q) جایگزین مناسبی برای (s,S) محسوب می شود. 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 (وحتی 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 پیش بینی اندازه سفارشات در اغلب موارد ترجیح داده می شود.

۲-٤-۲-۳ سیاست (R,S)؛ مرور دوره ای؛ سفارش تا نقطه تراز

در این سیاست که به سیاست جایگزینی تناوبی موجودی نیز مشهور است، در هر R واحد زمانی (زمان هر مرور)، سفارش گذاری 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 هزینه های سیستم موجودی را به دنبال خواهد داشت. از دیگر مزایای این سیاست می توان به بازنگری و اصلاح سطوح تراز با توجه به تغییر الگوی تقاضا اشاره نمود. بالا بودن هزینه های نگهداری نسبت به سیاست های (s,S)،(s,Q) ضعف عمده این سیاست می‌باشد.

۲-٤-۲-٤ سیاست (R,s,S)؛ مرور دوره ای؛ نقطه سفارش، سفارش تا نقطه تراز

این سیاست در حقیقت ترکیبی از سیاست های (s,S) و (R,S) است. در این روش در هر R واحد زمانی وضعیت سیستم موجودی مورد بررسی قرار می گیرد؛ در صورتیکه موقعیت موجودی برابر نقطه سفارش دهی s و یا پایین تر 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 می شود. همچنین سیاست (R,S) را می توان یک حالت خاص سیاست (R,s,S) با فرض s=S-1 دانست. پایین‌تر بودن مجموع هزینه های جایگزینی موجودی، نگهداری و کمبود در سیاست (R,s,S) بهینه نسبت به سایر سیاست‌های برنامه‌ریزی و کنترل موجودی ها (ویژگی‌های خوب)، درک مشکل و محاسبات طولانی را می توان از ویژگی های این سیاست نام برد (ویژگی‌های بد).

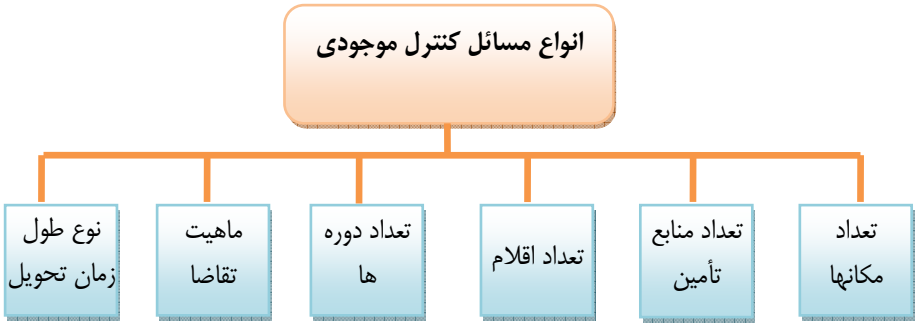
در **جدول ۲- ۱**، خط مشی موجودی مناسب به تفکیک نوع اقلام و ماهیت کنترل ارائه شده است. با توجه به اینکه صرفه جویی های حاصله برای اقلام دسته C بسیار جزئی می باشند، شرکت ها عموماً از سیاست هایی چون (s,Q) و (R,S) و یا روش های دستی و ساده برای مدیریت موجودی اقلام این دسته استفاده می نمایند.

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)

۲-٤-۳ طبقه بندی مدل های کنترل موجودی

مدلهای مربوط به موجودی را می‌توان به چند روش دسته‌بندی 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- ٦: طبقه بندی مسایل کنترل موجودی

موجودی‌ها 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 می‌گذارد. 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.

برنامه‌ریزی سیستم موجودی چند دوره‌ای می‌تواند بصورت سفارش گذاری مکرر یا نامکرر انجام گیرد. در حالتیکه تقاضا طی همه دوره‌ها یکسان باشد، سفارش‌گذاری‌ها در ابتدای بازه‌هایی با طول ثابت و در غیر این صورت در بازه‌های زمانی متغیر صورت می پذیرد. برخی از تصمیمات کنترل موجودی از قبیل تک دوره‌ای 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 تأثیرگذار 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 می‌شود. مسائل موجودی با تقاضای ثابت بسیار آسانتر از مسائل با تقاضای متغیر است. به همین ترتیب مدلسازی و بررسی شرایط تقاضای قطعی بسیار ساده‌تر از

مسائل موجودی احتمالی می باشد. درحالتی که مدل قطعی و تک دوره‌ای باشد، تصمیمات کنترل موجودی به مدل مشهور EOQ برمی‌گردد. در حالت چند دوره‌ای قطعی عموماً از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی خطی استفاده می‌شود. همچنین برای توابع غیرخطی می‌توان 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 می‌شود.

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 هاکس و کاندا[29] به سیستم های تولید – موجودی، تصمیمات لجستیکی 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 نمونه‌های تصمیم‌گیری در این سطح می‌توان به تصمیماتی در مورد تعداد، موقعیت و ظرفیت انبارها و کارخانه‌های تولیدی یا شکل جریان مواد در شبکه لجستیک اشاره نمود. «تصمیمات سطح تاکتیکی» حداقل فصلی و حداکثر سالانه اتخاذ می‌گردند. 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 می‌شود.

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[30]

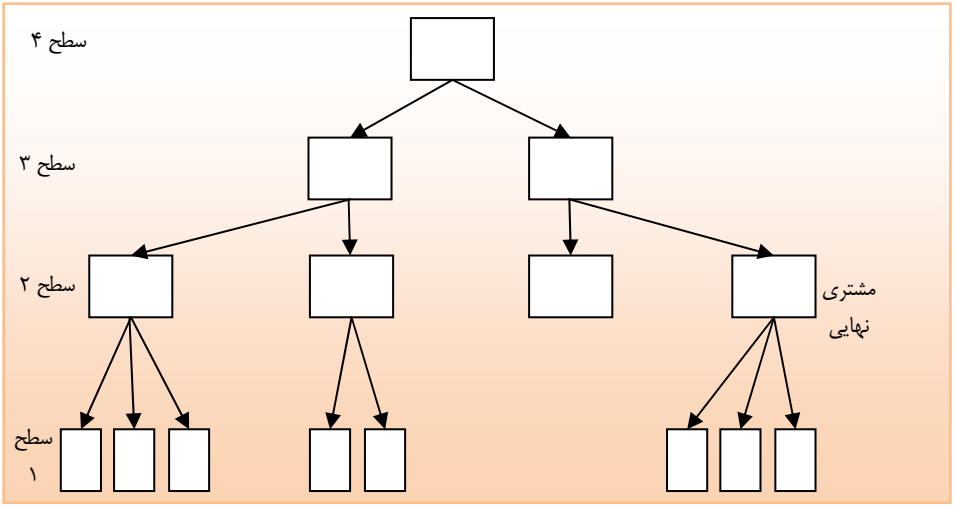
از دیدگاه مدیریت زنجیره تأمین، کلیه تأمین‌کنندگان مواد اولیه، تولیدکنندگان، توزیع کنندگان و فروشندگان در بهبود کیفیت محصول نهایی و کاهش هزینه‌ها و قیمت نهایی به طور مستقیم تأثیرگذار می‌باشند. به این ترتیب برنامه‌ریزی صرفاً برای یک بنگاه به منظور بهبود و کاهش هزینه‌ها قابل قبول نبوده، بلکه می‌باید تا حد امکان سطوح مختلف و محدودیت‌های آنها به صورت همزمان در نظر گرفته شود.

[29] Hax & Candea
[30] 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 صورت‌های گوناگون بین محل‌های 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 (۲-۷) نمایانگر ساختار یک سیستم ۴ سطحی است. هر سطح یک اچلون (یا مرحله) نامیده می شود. در این سیستم تأمین موجودی هر سطح از محل موجودی سطح بالاتر و تقاضای مشتری نهایی تنها از طریق محل‌های ذخیره در سطح اول برآورده می‌گردد. شبکه مذکور می‌تواند بیانگر یک سیستم توزیع- تولید نیز باشد. در این صورت سطح (۴) انبار کارخانه‌ای است که در آن محصول تولید می‌شود. سطح (۳) بیانگر انبارهای منطقه‌ای، سطح (۲) نمایانگر انبارها در شهرهای مختلف و سطح (۱) مؤسسات کوچک عرضه‌کننده کالا به مردم را نشان می‌دهد.

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 می‌توان از دیگر مزایای سیستم‌های چند مرحله‌ای نسبت به سیستم های تک سطحی نام برد.



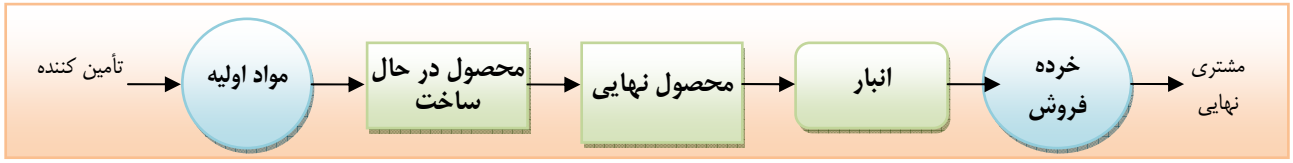
شکل ۲- ۷: ساختار یک سیستم چند سطحی

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 دکترین عملی را که باید به وسیله هر سطح بکار گرفته شود مشخص نمود.

۲-۵-۲ شبکه های زنجیره تأمین

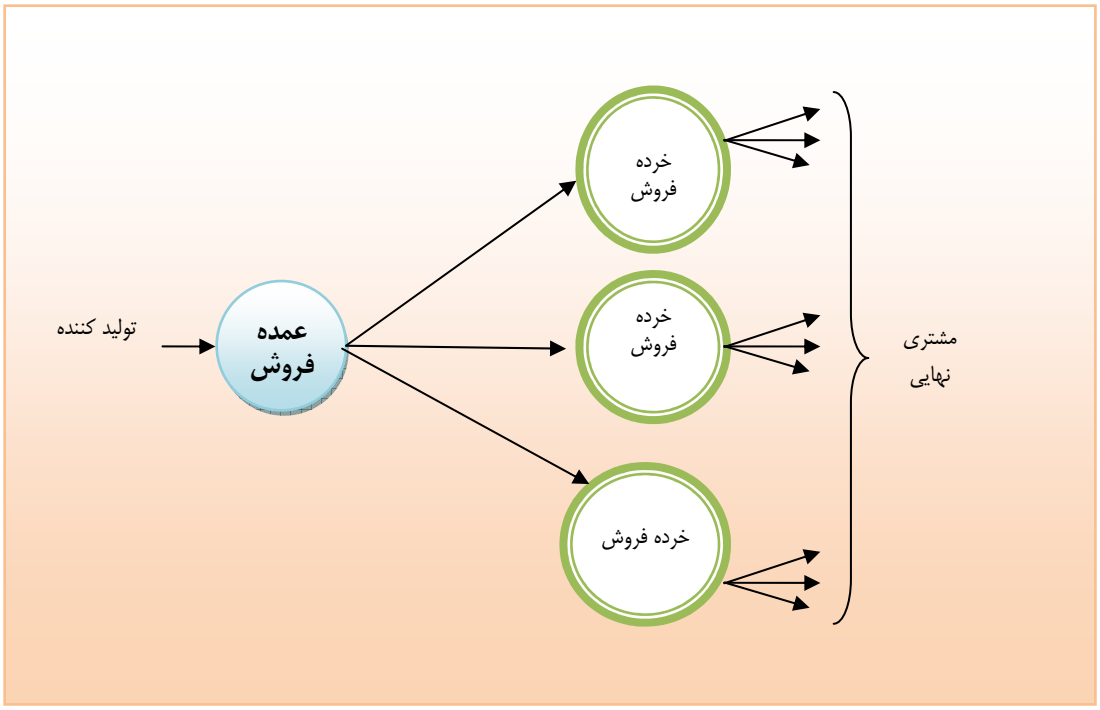
در دیدگاه زنجیره تأمین، تمامی سازمانهایی که در تولید و عرضه محصول تأثیر گذار می باشند، همانند حلقه های یک زنجیر به یکدیگر متصلند و در راستای ارایه بهتر خدمت به مصرف کننده نهایی محصول تلاش می‌نمایند. نحوه ارتباط این حلقه‌ها، ساختار زنجیره تأمین را تعیین خواهد نمود. در این بخش شبکه‌های زنجیره تأمین معرفی می گردند.

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 تصمیم گیری در سیستم های چند سطحی

تصمیم گیری درسیستمهای چند سطحی را میتوان به دو بخش تقسیم نمود:

۱) تصمیمات ساختاری: این تصمیمات مبنای طراحی شبکه تسهیلات جهت ارایه محصولات / خدمات با افق زمانی بلند مدت محسوب می گردند. برخی از حوزه های تصمیمات ساختاری عبارتند از:

- کارخانه ها، انبارها و خرده فروشان 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 حمل‌ونقلی برای هر یک از محصولات و تحت چه شرایطی باید مورد استفاده قرار گیرد؟

۲) تصمیمات هماهنگی [۳۱]: این نوع تصمیم‌ها پس از تصمیم های ساختاری، به صورت کوتاه مدت و براساس میزان تقاضا و مدت زمان تدارک اتخاذ می گردند. تصمیمات هماهنگی مواردی از قبیل:

- آیا تصمیم‌های ذخیره‌سازی و سفارش می‌باید به صورت متمرکز انجام گیرد و یا غیرمتمرکز؟
- آیا موجودی‌ها باید به صورت متمرکز نگهدای شوند و یا به سطوح خرده‌فروشی منتقل گردند؟
- موجودی محدود و غیرکافی 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

[31] .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

۲-۵-٤ پیشینه تحقیق

درحرکت محصولات از تأمین‌کننده مواد اولیه تا مشتریان، با توجه به نوع مواد و محصولات ، محدودیت های مختلفی بر سیستمهای توزیع- موجودی اعمال می‌شود. 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 قرارگیرد.

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 دریک بخش به طور ناخواسته هزینه ای مضاعف به بخش دیگر وارد گردد. ولیکن به دست آوردن سیاست بهینه را دریک سیستم موجودی چند پله ای با در نظر گرفتن تعاملات میان سطوح مختلف مشکل می سازد. از آنجاکه دامنه مدل‌های ارائه شده در ادبیات موضوع بسیار زیاد می‌باشد، سعی شده است مرتبط ترین کارها در ادامه آورده شود.

در گذشته مدل‌های مقدار سفارش اقتصادی(EOQ) و مقدار تولید اقتصادی (EPQ) به صورت مستقل از دیدگاه خریدار یا فروشنده مورد استفاده قرار می‌گرفتند 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 عموما شامل چندین منبع تامین (مانند کارخانجات) است که هر یک ظرفیت ثابتی برای چندین نوع محصول دارند و لازم است تا هر منبع به مجمو عه‌ای 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 می‌نماید 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 می‌دهد. 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 فزایند ه ای به یکپارچه سازی زنجیره تامین شده است و مطالعات مختلفی به بررسی این مطلب پرداخته‌اند. به عنوان نمونه ایرن گک[۳۲] 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 می‌گیرند:۱) سفارشات عقب افتاده جایز نیست.۲) زمان‌های انتظار بین کارخانجات و مراکز توزیع و نیز زمان‌های 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 هزینه‌های نگهداری و سفارش دهی، تعیین می‌گردد.

یکی از اولین مدل های مرور پیوسته موجودی در سیستمهای چند سطحی، توسط شربروک[۳۳] [۱۲] ارایه شد. در این بررسی تقریب متریک به عنوان روشی مناسب جهت تعیین سطح بهینه موجودیها دریک سیستم دو سطحی معرفی می‌گردد، مدل شربروک توسط مک استادت[۳۴] [۱۳] درسال ۱۹۷۳ توسعه داده شد.

[32] .E renguc
[33] .Sherbrooke
[34].Muckstadt

هل[35] [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 اندازهQ را در طی n بار ارسال با اندازه‌های به ترتیب $q_1, q_2, \ldots, q_n$ به یک خریدار ارسال می‌کند. اندازه i مین ارسال برابر است با $q_1*\lambda^{i-1}$ که در آن $1\leq\lambda\leq p/D$ می‌باشدبول اپراگادا[36] و همکاران [۱۵] به بررسی سیستم توزیعی شامل یک دپو و چند انبار پرداخته‌اند که در آن تقاضا به صورت احتمالی و در سطح انبارها ایجاد می گردد. در ابتدای هر دوره دپو سفارشی به یک تامین‌کننده 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 می‌کند. دپو هیچ موجودی نگهداری نمی‌کند. 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 گرفته‌اند.گویال[37][۱۶]. در سال(۲۰۰۰) در کار خود با در نظر گرفتن مدل یکپارچه تولید-موجودی تک فروشنده تک خریدارهل (۱۹۹۷)، روش ساده‌ای برای مقداردهی اندازه‌های ارسالی بدست آمده از روش مذکور را ارائه نموده است.

هوکیو و گویال[38] [۱۷]. در سال(۲۰۰۰) تعیین سیاست بهینه‌ای برای سیستم یکپارچه تولید-موجودی که از یک خریدار و یک فروشنده تشکیل شده است را مورد مطالعه قرار داده‌اند مفروضات زیر در توسعه مدل در نظر گرفته شده است:

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

[35] .Hill
[36] .Bollapragada
[37] .Goyal
[38] .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 حمل‌ونقل است.

گری و گویال[۳۹] [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[۴۰] [۱۹]. مطرح نمودند.

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

[۲۱]. به فرضیات آنها حالت کمبود را اضافه کرده اند وانگ[۴۳][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[۴۴] 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

[39] .Giri & Goyal
[40] .Wagner & Whitin
[41] .Mirsa
[42] .Jiaswal & Shah
[43] .Hwang
[44] .Moon

است.سارکر[45] 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 [46] [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 ارایه داده‌اند. نتایج عددی نشاندهنده کاهش هزینه‌های کل سیستم در حالت برنامه‌ریزی یکپارچه نسبت به برنامه‌ریزی مستقل هریک نهاده‌ها می‌باشد.یانگ و وی (۲۰۰۳) در کار خود مدلی برای برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-موجودی کالاهای فاسد شدنی ارایه 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 ارایه داده‌اند. این مدل به بررسی حالت تک محصولی و سیستمی متشکل از یک تولید کننده و چند خرده‌فروش

[45] .Sarker
[46] .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[47] و همکاران[۲۶]. یک مدل چند سطحی بین تامین کننده، تولیدکننده 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[48][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[49][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 وهزینه ثابت عملیاتی مربوط به کارخانه ها و انبارهای فعال(که در اینجاهزینه ثابت عملیاتی مربوط به کار خانه ها و انبارهای بالفعل از میان کارخانه ها و انبارهای بالقوه درنظر 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 Schrander 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 درنظر گرفتن نرخ فساد ثابت برای این اقلام تداوم یافت [۳۱].

کوورت وفیلیپ[50][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

47 .Rau
48 .Chen & Lee
49 .Farahani & Elahipanah
50 .Covert &Philip

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

فصل سوم

مدلسازی ریاضی

۳- فصل سوم: مدلسازی ریاضی

۳- ۱ مدل سازی

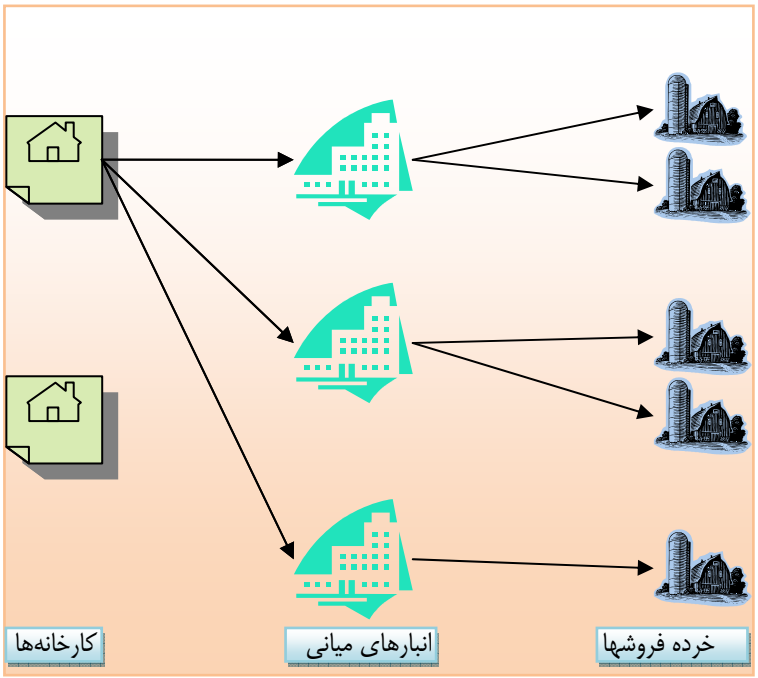
در این تحقیق یک سیستم توزیع سه سطحی برای اقلام فاسد شدنی با در نظر گرفتن فلسفه JIT بررسی خواهد شد. نخست، مدل مسئله ارائه شده و سپس با استفاده ازحل کننده Cplex.10.2 ، الگوریتم ژنتیک و نرم افزار Lingo حل می گردد.

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 قرا دارد (نو است).

- ✓ سیستم مصرف کالا در انبار FIFO است.
- ✓ زمان حمل کالا در مقایسه با طول دوره برنامه‌ریزی 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 درشکل 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:

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

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

جدول ۳- ۱: متغیرهای هر دو مدل

متغیر	توضیح
X^t_{ijlm}	مقدار کالای lأم که از کارخانه iأم به انبار میانی jأم در دوره t به وسیله مد m جابه جا می شود.
Y^t_{jklm}	مقدار کالای lأم که از انبار میانی jأم به خرده فروش kأم در دوره t به وسیله مد m جابه جا می شود.
PZ^t_i	بیان کننده این است که آیا کارخانه iأم در دوره tأم فعال است؟ (متغیر صفر و یک)
DZ^t_j	بیان کننده این است که آیا انبار میانی jأم در دوره tأم فعال است ؟ (متغیر صفر و یک)
B^t_{kl}	مقدار تجمعی تقاضای پس افت کالای نوع lأم تا دوره t در خرده فروشی k.
In^t_{kl}	مقدار تجمعی موجودی کالای نوع lأم تا دوره t در خرده فروشی k.
v^t_{kl}	متغیر صفر و یک، که بیانگر پس افت یا نگهداری کالای lأم تا دوره t در خرده فروشی kأم.

جدول ۳- ۲: پارامترهای هر دو مدل

پارامتر	توضیح
pc^t_{ijlm}	هزینه حمل‌ونقل هر واحد کالای lأم از کارخانه i به انبار میانی j با مد m در دوره t.
dc^t_{jklm}	هزینه حمل و نقل هر واحد کالای lأم از انبار میانی j به خرده فروشی kأم با مد m در دوره t.
pf^t_i	هزینه ثابت عملیاتی کارخانه iأم در دوره t.
df^t_j	هزینه ثابت عملیاتی انبارمیانی jأم در دوره t.
pb^t_{il}	هزینه تولید محصول lأم در کارخانه i در دوره t.
dh^t_{jl}	هزینه نگهداری هر واحد کالای l در انبار میانی jأم در دوره t.
d^t_{kl}	تقاضای محصول lأم توسط مشتری kأم در دوره t.
ps^t_{il}	زمان مورد نیاز تولید هر واحد محصول l در کارخانه i و در دوره t.
PU^t_i	کل زمان تولیدی در دسترس کارخانه iأم در دوره t.
DU^t_j	کل ظرفیت نگهداری انبار میانی jأم در دوره t.
CU^t_k	کل ظرفیت نگهداری خرده فروش kأم در دوره t.
PW	حداکثر تعداد کارخانه ها
DW	حداکثر تعداد انبارهای میانی
pv^t_l	حجم هر واحد کالای l أم در دوره t .
PV^t_{im}	کل ظرفیت حجمی ارسالی مد حمل و نقل m از کارخانه i أم در دوره t.

DV^t_{jm}	کل ظرفیت حجمی ارسالی مد حمل و نقل m از انبار میانی jأم در دوره t.
Q^t_{jl}	ظرفیت نگهداری محصول lأم در انبارمیانی j در دوره t.
Q'^t_{kl}	ظرفیت نگهداری محصول lأم در خرده فروش k در دوره t.
bl^t_{kl}	حداکثر سفارش عقب افتاده محصول lأم در خرده فروش kأم در دوره t.
π^t_{kl}	ضریب هزینه مرتبط با جریمه هر روز-قلم زودکرد نسبت به موعد تحویل کالای l در خرده فروش k در دوره t
σ^t_{kl}	ضریب هزینه مرتبط با جریمه هر روز-قلم دیرکرد نسبت به موعد تحویل کالای l در خرده روش k در دوره t
EX_l	مدت مصرف کالای نوع lأم
W	هزینه هر واحد کالای فاسد شده(مربوط به مدل ۲)

اهداف این مدل عبارتند از:

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 زودکرد و دیرکرد)

۴- کاهش هزینه خرید کالاها

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

۶- مصرف کالاها قبل از اتمام تاریخ انقضاءوجلوگیری 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

$$Min \quad Z1 = (\sum_{t}\sum_{m}\sum_{l}\sum_{j}\sum_{i} pc^{t}_{ijlm}.X^{t}_{ijlm} + \sum_{t}\sum_{m}\sum_{l}\sum_{k}\sum_{j} dc^{t}_{jklm}.Y^{t}_{jklm})$$
$$+ (\sum_{t}\sum_{i} pf^{t}_{i}.PZ^{t}_{i} + \sum_{t}\sum_{j} df^{t}_{j}.DZ^{t}_{j}) + (\sum_{t}\sum_{l}\sum_{i} pb^{t}_{il}.(\sum_{j}\sum_{m} X^{t}_{ijlm}) + \quad (1)$$
$$(\sum_{l}\sum_{j}\sum_{t\neq T} dh^{t}_{jl}(\sum_{i}\sum_{m}\sum_{t'=1}^{t} X^{t'}_{ijlm} - \sum_{k}\sum_{m}\sum_{t'=1}^{t} Y^{t'}_{jklm})) + (\sum_{l}\sum_{k}\sum_{t} \sigma^{t}_{kl}.B^{t}_{kl} + \sum_{l}\sum_{k}\sum_{t} \pi^{t}_{kl}.In^{t}_{kl})$$

$$\sum_{m}\sum_{j} Y^{t}_{jklm} = d^{t}_{kl} \qquad \forall k,l,t \qquad (2)$$

$$\sum_{l} ps^{t}_{il}(\sum_{j}\sum_{m} X^{t}_{ijlm}) \le PU^{t}_{i}.PZ^{t}_{i} \qquad \forall i,t \qquad (3)$$

$$\sum_{l} pv^{t}_{l}(\sum_{i}\sum_{m} X^{t}_{ijlm}) \le DU^{t}_{j}.DZ^{t}_{j} \qquad \forall j,t \qquad (4)$$

$$(\sum_{l} pv^{t}_{l}.\sum_{j}\sum_{m} Y^{t}_{jklm}) \le CU^{t}_{k} \qquad \forall k,t \qquad (5)$$

$$\sum_{m}\sum_{k}\sum_{t}^{t} Y^{t'}_{jklm} \le \sum_{m}\sum_{i}\sum_{t}^{t} X^{t'}_{ijlm} \qquad \forall j,l,t \neq T \qquad (6)$$

$$\sum_{i} PZ^{t}_{i} \le PW \qquad \forall t \qquad (7)$$

$$\sum_{j} DZ^{t}_{j} \le DW \qquad \forall t \qquad (8)$$

$$\sum_{j}\sum_{l} pv^{t}_{l}.X^{t}_{ijlm} \le PV^{t}_{im} \qquad \forall i,m,t \qquad (9)$$

$$\sum_{k}\sum_{l} pv^{t}_{l}.Y^{t}_{jklm} \le DV^{t}_{jm} \qquad \forall j,m,t \qquad (10)$$

$$\sum_{j}\sum_{m}\sum_{t'=1}^{t} Y^{t'}_{jklm} - \sum_{t'=1}^{t} d^{t'}_{kl} = In^{t}_{kl} - B^{t}_{kl} \qquad \forall k,l,t \neq T \qquad (11)$$

$$In_{kl}^{t} \le Q_{kl}^{\prime t}.v_{kl}^{t} \qquad \forall k,l,t \ne T \qquad (۱۲)$$

$$B_{kl}^{t} \le bl_{kl}^{t}.(1-v_{kl}^{t}) \qquad \forall k,l,t \ne T \qquad (۱۳)$$

$$\sum_{i}\sum_{m}\sum_{t} X_{ijlm}^{t} = \sum_{k}\sum_{m}\sum_{t} Y_{jklm}^{t} \qquad \forall l,j \qquad (۱۴)$$

$$\sum_{i}\sum_{m}\sum_{t'=1}^{t} X_{ijlm}^{t'} - \sum_{k}\sum_{m}\sum_{t'=1}^{t} Y_{jklm}^{t'} \le Q_{jl}^{t} \qquad \forall j,l,t \ne T \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{t'=1}^{t}\sum_{j}\sum_{i}\sum_{m} X_{ijlm}^{t'} \le \sum_{t'=1}^{\min(t+EX_i,T)} \sum_{k} d_{kl}^{t'} \qquad \forall l,t \ne T \qquad (۱۶)$$

$$\sum_{t'=1}^{t}\sum_{i}\sum_{m} X_{ijlm}^{t'} \le \sum_{t'=1}^{\min(t+EX_i,T)} \sum_{k}\sum_{m} Y_{jklm}^{t'} \qquad \forall l,j,t \ne T \qquad (۱۷)$$

$$PZ_{i}^{t}, DZ_{j}^{t}, v_{kl}^{t} = 0 \quad or \quad 1 \qquad \forall i,j,t \qquad (۱۸)$$

$$X_{ijlm}^{t}, Y_{jklm}^{t}, In_{kl}^{t}, B_{kl}^{t} \ge 0 \qquad \forall i,,k,l,m,j,t \qquad (۱۹)$$

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 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)

محدودیت های مدل عبارتند از:

مجموعه محدودیت‌های (۲) بیان کننده 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) بیان کننده محدودیت زمان تولید کارخانه ها می باشد. 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) نشان دهنده محدودیت ظرفیت انبارهای میانی و مجموعه محدودیت های (۵) بیانگر محدودیت فضای انبار در خرده فروشی ها می باشد.

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

مجموعه محدودیت های (۱۱)، کمبود و یا سطح موجودی در هر خرده‌فروش را معین می‌کنند. مجموعه محدودیت های (۱۲) و (۱۳) بیانگر این هستند که در هر دوره برنامه ریزی برای هر محصول فقط زودکرد و یا دیرکرد می توان اتفاق بیفتد و همزمان نمی توانند 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 می‌دهد. همچنین مجموعه روابط ۱۹نشانگر 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 توسّط مشتریان، مقادیر مثبت باشد.

۳-۱-۲ مدل ۲

متغیرها و پارامترهای این مدل نیز در جداول۳-۱ و۳-۲ 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 وآنرا بهینه می کند.

اهداف این مدل عبارتند از :

مجموعه اهداف ۱ تا ۵ و۷، ۸، ۹ مدل ۱ و همچنین مینیمم کردن هزینه کالاهای فاسد شده می باشد.

۳-۱-۲-۱نمای ریاضی مدل ۲

مدل مذکور شامل تابع هدف زیر میباشد :

(۲۰

$$Min \quad Z1 = (\sum_{t}\sum_{m}\sum_{l}\sum_{j}\sum_{i} pc^{t}_{ijlm}.X^{t}_{ijlm} + \sum_{t}\sum_{m}\sum_{l}\sum_{k}\sum_{j} dc^{t}_{jklm}.Y^{t}_{jklm})$$
$$+(\sum_{t}\sum_{i} pf^{t}_{i}.PZ^{t}_{i} + \sum_{t}\sum_{j} df^{t}_{j}.DZ^{t}_{j}) + (\sum_{t}\sum_{l}\sum_{i} pb^{t}_{il}.(\sum_{j}\sum_{m} X^{t}_{ijlm}) +$$
$$(\sum_{l}\sum_{j}\sum_{t\neq T} dh^{t}_{jl}(\sum_{i}\sum_{m}\sum_{t'=1}^{t} X^{t}_{ijlm} - \sum_{k}\sum_{m}\sum_{t'=1}^{t} Y^{t}_{jklm})) + (\sum_{l}\sum_{k}\sum_{t} \sigma^{t}_{kl}.B^{t}_{kl} + \sum_{l}\sum_{k}\sum_{t} \pi^{t}_{kl}.In^{t}_{kl}) +$$
$$(\sum_{t}\sum_{l}\sum_{i}\sum_{j}\sum_{m} X^{t}_{lijm} - \sum_{t'}\sum_{k}\sum_{l} d^{t'}_{kl}) * w$$

ومحدودیتهای آن شامل محدویتهای ۲ الی ۱۵ ،۱۸ ، ۱۹ و

(۲۱

$$\sum_{t'=1}^{t}\sum_{i}\sum_{m} X^{t'}_{ijlm} > \sum_{t''=1}^{\min(t+EX_l,T)}\sum_{k} d^{t''}_{kl} \qquad \forall l,j,t \neq T$$

(۲۲

$$\sum_{t'=1}^{t}\sum_{i}\sum_{m} X^{t'}_{ijlm} > \sum_{t''=1}^{\min(t+EX_l,T)}\sum_{k} Y^{t''}_{jklm} \qquad \forall l,j,t \neq T$$

می باشد .

۳-۱-۲-۲ تشریح مدل۲

رابطه (۲۰)تابع هدف مدل۲ 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 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 انقضاءدارند فاسد می گردند .

۳-۲ نتیجه گیری

بنابراین درهر 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

٤-فصل چهارم : روشهای حل و نتایج محاسباتی

٤-١مقدمه

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 تقسیم بندی کلی روشهای حل مسایل بهینه سازی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

روشهای دقیق[٤٨] : روشهایی مانند (سیمپلکس، دوگان، شبکه، تحدید و انشعاب، برنامه‌ریزی پویا، لاگرانژین و ...) که دستیابی به حل بهینه را تضمین می‌کنند.

روشهای غیر دقیق[٤٩] : 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.

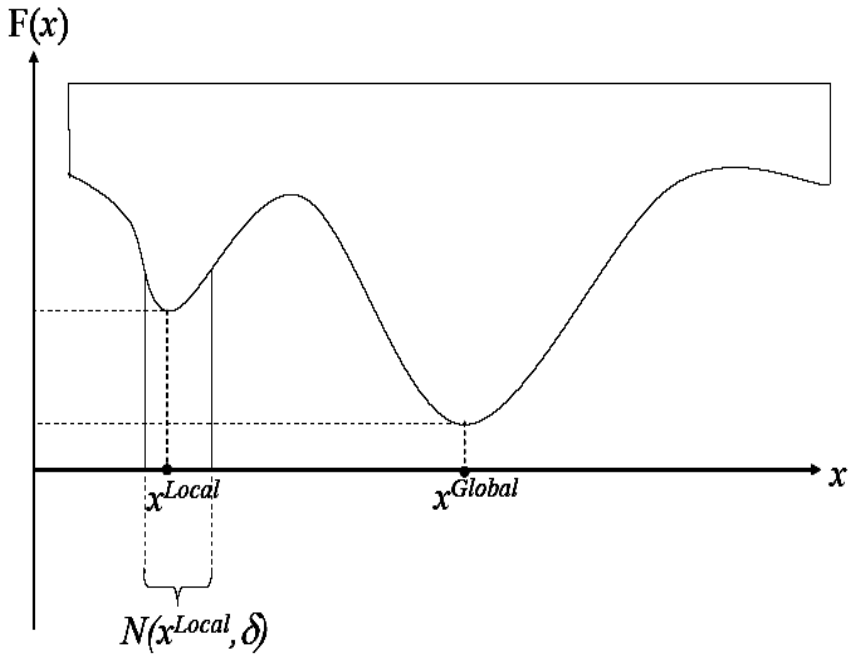
٤-٢مفاهیم بهینه محلی و بهینه کلی

تعریف همسایگی[٥٠] : یک همسایگی از جواب شدنی $x \in X$ مانند $N(x,\delta)$ به مجموعه‌ای از جواب‌های شدنی گفته می‌شود که با اعمال عملگر δ بروی x قابل دستیابی باشند. عملگر δ می‌تواند به معنی حذف، اضافه یا تغییر عناصر موجود در x باشد. به عملگر δ اصطلاحاً حرکت[٥١] نیز گفته می‌شود.

48 . Exact
49 . No Exact
50 . Neighborhood
51 . Move

تعریف بهینه موضعی[۵۲]: هرگاه 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. شکل۴-۱ بهینه کلی را در برابر بهینه‌های محلی نشان می‌دهد.

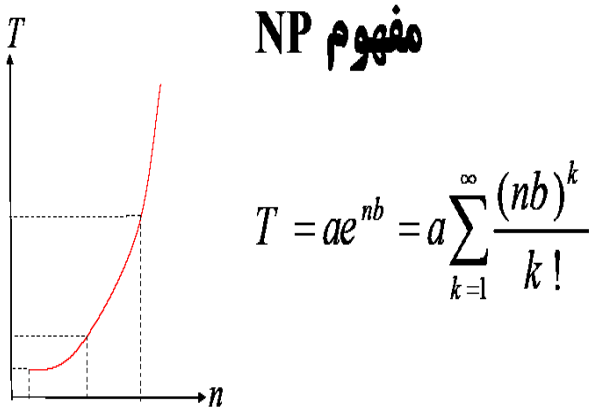


شکل۴-۱ : نمایش بهینه سراسری در برابر بهینه محلی

52 . Local Optimum

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 ۴-۲ نمایش داده شده است.



شکل۴-۲ : 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

٤-٣ 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 کروموزوم های 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 مسئه 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 می دهد.

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

٤-٣-١نمایش کروموزوم‌ها

در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی نحوه نمایش کروموزوم ها 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 می شوند. از آنجا که تعداد متغیرهای مدل ارائه شده بسیار زیاد بوده و عملاً

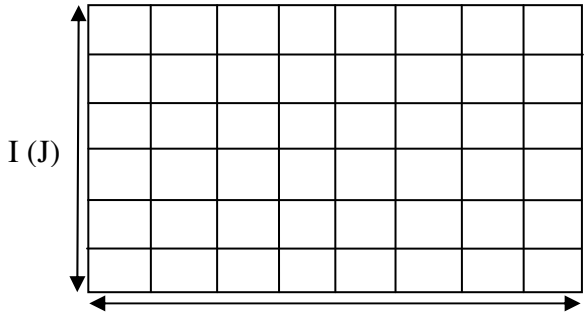
غیر ممکن است که کلیه آنها به عنوان ژن های یک کروموزوم تعریف شوند لذا در اینجا متغیرهای صفر و یک مدل را به عنوان کروموزم تعریف نموده که این متغیرها نیز دارای سه دسته زیر می باشند:

١) متغیرهایی که برای نشان دادن احداث کارخانه ها استفاده می گردند.

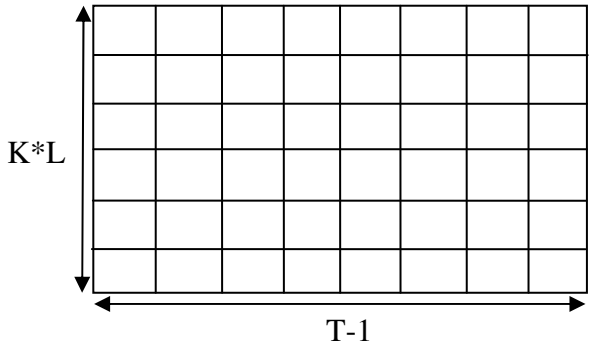
٢) متغیرهایی که برای نشان دادن احداث انبارهای میانی استفاده می شوند.

٣) متغیرهایی که بیانگر وجود کمبود یا اضافه موجودی در هر دوره برای هر کالا می باشد.

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 کارخانه ها I و حداکثر تعداد انبارهای میانی J می باشد و این بایستی در ایجاد ماتریس در نظر گرفته شود. شکل زیر این موضوع را نشان می دهد. به طوریکه ستون ها نشان دهنده دوره های زمانی و سطرها نیز بیانگر مکان بالقوه تسهیلات می باشند.



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



لذا هر کروموزوم از سه رشته مختلف که هر کدام از آنها نیز ماتریس هایی با ابعاد مختلف هستند، تشکیل می شود.

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

٤-٣-٢ تولید جامعه اولیه

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

می گیرند در هر کدام از کروموزومها و در رشته های اول و دوم آنها نبایستی از میزان مشخصی بیشتر گردند. برای این منظور در هرکدام از ستون ها (دوره های زمانی) بایستی حداکثر تعداد کارخانه هاوانبارهای فعال، مقدار یک به ترتیب برای رشته های اول و دوم درنظر گرفته شوند. در صورتیکه تعداد یک ها در هر دوره زمانی بیشتر ازتعداد کارخانه ها وانبارهای فعال گردد کروموزوم تولید شده ناموجه خواهد بود. برای رشته سوم کروموزوم ها این صادق نبوده و حد بالایی برای آن در نظر گرفته نخواهد شد.

بعد از آنکه مقدار متغیرهای صفر و یک مدل در کروموزوم ها تعیین گردید، مدل تنها شامل متغیرهای عدد صحیح است و مدل باقیمانده یک مدل برنامه ریزی خطی است. در مدل ارائه شده، مجموعه محدودیت های سوم، چهارم، هفتم، هشتم، دوازدهم و سیزدهم دچار تغییرات می گردند، بطوریکه محدودیت های هفتم و هشتم حذف و طرف سمت راست سایر محدودیتها تغییر می کنند. حال برای حل مدل می توان از روشهای معمولی برنامه ریزی خطی از قبیل روش سیمپلکس، روش های نقطه داخلی و ... استفاده نمود و مقدار تابع هدف مدل را محاسبه نمود. در این پایان نامه از نرم افزار Matlab و با استفاده از تابع linprog این کار صورت گرفته است.

٤-٣-٣ عملگرهای ژنتیکی

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

٤-٣-٣-١ عملگر جهش

احتمال جهش، احتمال تغییر هر کدام از ژنها تعریف می شود. در این پروژه برای هر کدام از کروموزوم ها در ابتدا تعداد ژن هایی که بایستی تغییر یابند، تعیین می گردد. این مقدار از حاصلضرب تعداد کل ژن های هر کروموزوم در احتمال جهش تعریف می گردد. 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 می یابد. در این مرحله بایستی به موجه بودن جواب های تولید شده نیز توجه نمود زیرا در رشته های اول و دوم در هر ستون تعداد ژنهای با مقدار یک نبایستی از حداکثر تعداد مکان های 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 می گیریم. 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	۰
۰	۱	۱	۰
۱	۰	۱	۱
فرزند تولید شده			

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

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

٤-۳-۳-۲ عملگر تقاطع

همانطوریکه قبلاً نیز متذکر شدیم، برای انجام عملگر تقاطع دو تا از کروموزوم‌ها با هم ترکیب می‌شوند و از ترکیب آنها فرزندان جدیدی ایجاد می‌گردند. 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	۰	۱
۰	۱	۰	۱
۱	۰	۱	۰

رشته والد انتخابی ۲

۱	۰	۱	۱
۰	۰	۱	۰
۱	۱	۱	۱

رشته والد انتخابی ۱

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	۱	۱
۱	۰	۱	۰
۰	۱	۱	۱

رشته تولید شده فرزند ۲

۱	۰	۰	۱
۰	۱	۰	۰
۱	۰	۱	۱

رشته تولید شده فرزند۱

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

٤-۳-۳-۳ 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. کروموزم ها را با توجه به مقدار تابع هدفشان مرتب نموده و بهترین آنها به نسل بعدی انتخاب می شوند.

٤-۳-٤ تابع هدف کروموزوم ها

جهت محاسبه تابع هدف هر کدام از کروموزم ها بایستی مدل خطی مسئله کاهش یافته حل گردد. سپس مقدار تابع هدف آن به عنوان تابع هدف کروموزم 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.

٤-٤ مسائل نمونه و حل مدلها

٤-٤-١حل مدل ١

در این پایان‌نامه، برای بررسی میزان عملکرد مدل۱ 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[۵۳] CPLEX 10.2 حل گردیده اند. لازم به ذکر است که خود نرم افزار GAMS، نرم افزار تخصصی و پیشرفته بهینه سازی است که در حل مسائل مختلف بهینه سازی به کار گرفته می شود. این نرم افزار متشکل از حل کننده های مختلفی از قبیل: MINOS، CPLEX و ... می باشد. هر کدام از این حل کننده ها نیز، دسته ای از مسائل بهینه سازی را حل نموده و از روشهای مختلف تحقیق در عملیات در حل مسائل استفاده می نمایند. قوی ترین این حل کننده ها،CPLEX بوده که از الگوریتم صفحات برشی در حل مسائل بهینه سازی استفاده می نماید. 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 بهینه سازی عدد صحیح مختلف استفاده می نماید. استفاده از صفحات برشی در حل مدل ها، نیازمند زمان اجرای خیلی کم بوده و این موضوع نیز در مسائل نمونه به وضوح دیده شده است.

[53] .Solver

از آنجا که مدل پیشنهادی در ادبیات موضوع مشاهده نشده و مدلی که همه پارامترهای درنظر 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 می شوند، تولید گردیده اند.

جدول۴-۱:مقادیر تصادفی پارامترهای هر دو مدل

پارامتر	توضیح	مقدار
pc^t_{ijlm}	هزینه حمل‌ونقل هر واحد کالای lأم از کارخانه i به انبار میانی j با مد m در دوره t.	توزیع نرمال بین [۲،۱]
dc^t_{jklm}	هزینه حمل و نقل هر واحد کالای lأم از انبار میانی j به خرده فروشی kأم با مد m دردوره t.	توزیع نرمال بین [۳،۱]
pf^t_i	هزینه ثابت عملیاتی کارخانه iأم در دوره t.	توزیع نرمال بین [۱۰۰۰۰،۱۰۰۰]
df^t_j	هزینه ثابت عملیاتی انبارمیانی jأم در دوره t.	توزیع نرمال بین [۲۰۰۰،۲۰۰]
pb^t_{il}	هزینه تولید محصول lأم در کارخانه i در دوره t.	توزیع نرمال بین [۷،۱]
dh^t_{jl}	هزینه نگهداری هر واحد کالای l در انبار میانی jأم در دوره t.	توزیع نرمال بین [۱،۰۵]
d^t_{kl}	تقاضای محصول lأم توسط مشتری kأم در دوره t.	توزیع نرمال بین [۵۰،۱۰]
ps^t_{il}	زمان مورد نیاز تولید هر واحد محصول l در کارخانه i و در دوره t.	توزیع نرمال بین [۲،۰۵]
PU^t_i	کل زمان تولیدی در دسترس کارخانه iأم در دوره t.	توزیع نرمال بین [۱۰۰۰۰۰،۱۰۰۰]
DU^t_j	کل ظرفیت نگهداری انبار میانی jأم در دوره t.	توزیع نرمال بین [۲۰۰۰۰،۵۰۰]
CU^t_k	کل ظرفیت نگهداری خرده فروش kأم در دوره t.	توزیع نرمال بین [۳۰۰،۵۰]
PW	حداکثر تعداد کارخانه ها	I
DW	حداکثر تعداد انبارهای میانی	J
pv^t_l	حجم هر واحد کالای lأم در دوره t.	توزیع نرمال بین [۰،۵،۰،۰۲]
PV^t_{im}	کل ظرفیت حجمی ارسالی مد حمل و نقل m از کارخانه iأم در دوره t.	توزیع نرمال بین [۲۰۰،۱۰]
DV^t_{jm}	کل ظرفیت حجمی ارسالی مد حمل و نقل m از انبار میانی jأم در دوره t.	توزیع نرمال بین [۱۰۰،۱۰]
Q^t_{jl}	ظرفیت نگهداری محصول lأم در انبارمیانی j در دوره t.	توزیع نرمال بین [۴۰۰،۵۰]
Q'^t_{kl}	ظرفیت نگهداری محصول lأم در خرده فروش k در دوره t.	توزیع نرمال بین [۳۰،۱۰]
bl^t_{kl}	حداکثر سفارش عقب افتاده محصول lأم در خرده فروش kأم در دوره t.	توزیع نرمال بین [۲۰،۵]
π^t_{kl}	ضریب هزینه مرتبط با جریمه هر روز-قلم زودکرد نسبت به موعد تحویل کالای l در خرده فروش k در دوره t	توزیع نرمال بین [۱،۰۵]
σ^t_{kl}	ضریب هزینه مرتبط با جریمه هر روز-قلم دیرکرد نسبت به موعد تحویل کالای l در خرده فروش k در دوره t	توزیع نرمال بین [۱،۵،۰،۵]
EX_l	مدت مصرف کالای نوع lأم	توزیع یکنواخت بین [۳،۶]
w	هزینه هر واحد کالای فا سد شده	توزیع نرمال [۱،۲]

مسائل نمونه در ابعاد مختلفی جهت حل و صحت عملکرد مدل۱ تولید گردیدند. ابعاد ۱۰ مسئله نمونه که در محاسبات استفاده شده اند عبارتند از:

جدول ۴-۲:مسایل نمونه در ابعاد مختلف جهت حل مدل۱

شماره مسئله	کارخانه	انبار میانی	تعداد مشتری	تعداد کالاها	تعداد مدها	تعداددوره 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 مدل۱ 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 می تواند 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 جواب های موجه مسئله نیز به صورت نمایی افزایش می یابد. در ستون چهارم جدول زیر تخمینی از تعداد کل کروموزم ها نشان داده شده است.

جدول ۴-۳:تعداد کل متغییرها ومحدودیتهای مدل۱ با در نظر گرفتن نمونه های مختلف

شماره مسئله	تعداد متغیرهای صفر و یک مدل	تعداد کل متغیرهای مدل	تعداد کل محدودیت های مدل	تخمینی از تعداد کروموزمها
1	44	212	212	$2^{44}=1.76\times10^{13}$
2	76	744	396	$2^{76}=7.5\times10^{22}$
3	152	1488	840	$2^{152}=5.7\times10^{45}$
4	174	2328	970	-
5	148	2768	764	-
6	228	5316	1314	-
7	384	9584	2304	-
8	400	13640	2676	-
9	600	20460	4092	-
10	912	48432	5976	-

٤-٤-١-١ نتایج محاسباتی حاصله از نرم افزار CPLEX 10.2 در مدل ١

در ادامه خلاصه نتایج حاصله از اجرای الگوریتم ها برای مسائل مختلف آورده شده است. در نرم افزار CPLEX هر کدام از مسائل ١٠ بار اجرا شدند. در شکل زیر برای مسئله نمونه پنجم، خلاصه نتایج محاسباتی حاصل از ١٠ بار اجرای الگوریتم آورده شده است. از آنجاکه در هر ١٠ بار، نرم افزار مقادیر جدیدی را با استفاده از توزیع های مشخص تعریف شده برای پارامترها تولید می نماید، نتایج بدست آمده با هم متفاوت می باشند. 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 می باشد.
- 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 ٠,١ 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 می باشد.

در سطر آخر جدول، مقادیر میانگین نتایج بدست آمده نشان داده شده است.

جدول ۴-۴:نتیجه حل ده بار مسئله ۵ جدول۴-۲ توسط Cplex10.2

The Summary Results of 10 Runs of Test Problem 5					
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
average	**0.27**	**117352.7**	**129610.4**	**12257.7**	**10.5**

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

٤-٤-١-٢ نتایج حاصله از اجرای الگوریتم ژنتیک درمدل ١

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

اندازه جامعه: ١٠؛ تعداد نسل: ٥؛ احتمال تقاطع: ٠,٨؛ احتمال جهش:٠,٣

از آنجا که در هر بار اجرای الگوریتم مسائل تولید شده به صورت تصادفی می باشند، 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 کروموزم های 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 باخط تیره مشخص گردیده اند. برای مسائل نمونه نهم و دهم به علت ابعاد زیاد ماتریس های تولید شده، پردازنده جوابگوی حافظه مورد نیاز نبود، به همین دلیل مقادیر آنها در جدول مشاهده نمی شود.

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

Test Problems	***The Obtained Best Objective Function in iterations***				
	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 ومیانگین ۵ بار اجرای الگوریتم ژنتیک

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

با توجه به نتایج بدست آمده در جداول ۴-۵ و ۴-۷ از حل مدل ۱ بوسیله حل کننده Cplex والگوریتم ژنتیک صحت عملکرد آن کاملا آشکار است ، پس هر زنجیره تامینی که با شرایط مدل۱ طراحی شود، تمام محصولات با توجه به تاریخ مصرفی که دارند قبل از انقضای آن، توسط مشتری بکار گرفته می شوند .در نتیجه هیچگونه کالای فاسد شدنی نخواهیم داشت ، واین 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 می شود. 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 بر رسی کنیم ، یعنی در اکثر مواقع واقعیت این است که مقداری از تولیدات به هر عنوانی در زمان مصرف توسط مشتری بکار گرفته نمی شوند . بنابراین تولید کنندگانی که نمی توانند حالت ایده ال برای خود مهیا کنند،واستفاده از مدل ۱ برایشان مقدور نمی باشد تصمیم به طراحی مدل ۲ برای این نوع تولید کنندگان گرفتیم . مدل ۲ همانطوری که قبلا هم بیان کردیم ، علاوه بر مینیمم کردن سایر هزینه ها در زنجیره تامین ، هزینه آن دسته از کالاهایی که به هر عنوان فاسد می شوند را به تابع هدف اضافه کرده وآنرا مینیمم می کند.

٤-٤- ۲ حل مدل ۲

حال بخاطر اینکه صحت عملکرد مدل ۲ را هم نشان دهیم ، واینکه مزیت مدل۱ 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 می دهد.

٤-٤-۲- ۱ نتایج محاسباتی حاصله از الگوریتم ژنتیک ونرم افزار lingo در مدل۲ ومقایسه آن با مدل۱

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 وهم با نرم افزار lingo.10 حل شده اند، و با مقایسه جوابها با هم صحت عملکرد مدل۲ و مزیت مدل۱ نسبت به مدل۲ تایید می شود.

جدول ۴-۸:مسایل نمونه در ابعاد مختلف جهت ارزیابی مدل۲

شماره مسئله	i کارخانه	j انبار میانی	k مشتری	l کالاها	m مدها	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 ازالگوریتم ژنتیک ونرم افزار لینگو در مدل۱

Test problems	Results GA۱ Model۱	Time(Sec) GA۱ Model۱	Results Lingo۱ Model۱	Time(sec) lingo۱ Model۱	GAP۱٪
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%=[(GA1-lingo1)/lingo1]*100

جدول۴-۱۰:نتایج حاصله از الگوریتم ژنتیک و نرم افزار لینگو در مدل۲

Test problems	Results GA۲ Model۲	Time(Sec) GA۲ Model۲	Results Lingo۲ Model۲	Time(sec) Lingo۲ Model۲	GAP۲٪
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

جدول۴-۱۱:مقایسه مدل۱با مدل۲ و نشان دادن مزیت مدل ۱ نسبت به مدل ۲

Test problems	Results GA۲ Model۲	Results GA۱ Model۱	GA۲-GA۱
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 مدل۱ و مدل۲ با ابعاد جدول۴-۸ می توان صحت عملکرد مدل ۲ را نتیجه گرفت ، وهمچنین مزیت مدل ۱ نسبت به مدل۲ کاملا آشکاراست ، یعنی سیستمی که مدل ۱ را بکار می گیرد،از فاسد شدن کالاها جلو گیری میکندو درنتیجه هزینه فساد پذیری آنهارا نخواهدداشت،و این بهترین حالت در نتیجه این تحقیق می باشد، اما اگر به هر دلیلی مقداری از کالاها در زمان مصرفشان توسط مشتری مصرف نشدو این کالاها جزء کالاهای فاسد شدنی محسوب شدند،بهترین روش برای بهینه کردن هزینه ها بکار گیری مدل۲ است.

فصل پنجم

جمع بندی و نتیجه گیری

وتحقیقات آتی

۵- فصل پنجم :جمع بندی و نتیجه گیری وتحقیقات 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، سازمان ها بیش از پیش برای افزایش کارایی خودشان بر زنجیره های 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 می گردد و از آنجاییکه هم هزینه های زنجیره تامین و هم تجربه مشتریان را مستقیما تحت تاثیر قرار می دهد، 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 شبکه های توزیع این محصولات را با پیچیدگی خاصی همراه کرده است .به بیان دیگر، در طراحی سیستم های موجودی کالاهای فاسد شدنی با این محدودیت روبرو هستیم که کالاها در دوره کوتاهی بایستی مصرف گردند و نمی توان این کالاها را برای دوره های طولانی ذخیره و انباشت کر د .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 تأمین سه سطحی پیشنهاد گردید. این مدل با هدف کمینه سازی مجموع هزینه های سیستم و به صورت چند محصولی، چند دوره‌ای فرموله شد. با حل مدل برنامه توزیع-موجودی بهینه ای برای افق برنامه ریزی بدست می آید که مجموع هزینه های سیستم موجودی را کمینه می سازد.

۵-۲ نتیجه گیری

مسائل متعددی با استفاده از داده های تصادفی تولید شده و از سه روش CPLEX و الگوریتم ژنتیک ونرم 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 ویژگی ها و فرضیات می توان سیاست بهینه ای 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 زمان های منطقی دارا بوده و توانایی محاسبه جواب های بهینه را دارد. با استفاده از این روش می توان 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 می نماید، زمان بر بوده و کند می باشد. در این الگوریتم، اغلب کروموزوم های تولید شده منجر به جواب های غیرموجه در برنامه ریزی خطی خواهند شد و لذا زمان زیادی صرف اینکار خواهد گردید.

۳- نتایج حاصل از جدول شماره۴-۹ و ۴-۱۰ نشان می دهند، 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 مدل۲ را اثبات می کند ،یعنی هر زنجیره تامینی که با مدل۱ طراحی شود،چون مقدار فساد پذیری کالاها به حد صفر میرسد و هیچ گونه محصول فاسد شدنی در انتهای فرایند نخواهیم داشت، در نتیجه مقدار کل هزینه ها به کمترین مقدار خواهد رسید،امااگر به هر دلیلی مقداری از محصولات در زمان مصرفشان بدست مشتری نرسند وجزء کالاهای فاسد شده محسوب گردیدند، بهترین روش برای بهینه کردن هزینه ها بکار گیری مدل۲ است.

۵-۳ محدودیتهای تحقیق

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

٥- ٤ تحقیقات آتی

- می توان در تحقیقات آتی برای حل مدل ارایه شده در این تحقیق به پیاده سازی و بهبود سایر الگوریتمهای فراابتکاری پرداخت.
- پارامترهای بکار رفته در این تحقیق بصورت تصادفی می باشند ،در تحقیقات آتی برای کارایی بیشتر مدلها می توان از مقادیر دقیق استفاده کرد.
- در تحقیقات آتی می توان مدل۲ را طوری طراحی کرد ،که چند روز مانده به تاریخ انقضاءبتوان کالاها را با قیمت کمتر بفروش رساند، تا مقدار هزینه ها به حداقل برسند.

- با بکار بردن حل کنندهای قویتری مثل CPLEX11 و...،می توان مدلهایی با ابعاد بزرگ را در مدت زمان کمتر وبا دقت بیشتری حل کرد.

ضمایم

٦-١ ضمیمه ١

٦-١-١معرفی الگوریتم ژنتیک

این الگوریتم اولین بار توسط هالند[54] 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 نگاشت 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 نگاشت 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 کدکردن مختلفی برای مسایل متفاوت استفاده می‌شود.

٦-١-١-١بررسی 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 رشته های عددی (یا حرفی) کدگذاری می شود و جمعیتی از رشته های فوق به عنوان نامزد حل مساله در نظر گرفته می شوند.

در طبیعت، انتخاب طبیعی بر روی گوناگونی توارثی موجود در گونه ها عمل کرده و فقط انواعی را که با شرایط محیطی خود سازگاری بهتری دارند، ابقا می نماید. از طریق تغییر کثرت نسبی ژنها، انتخاب طبیعی سبب تجمع تنوعات مفید می شود. مشابه این وضعیت، قابلیت بقای هر رشته جمعیت توسط میزان سازش آن رشته با شرایط مساله سنجیده می شود. می توان اطلاعات و شرایط مساله را در تابعی به نام تابع برازش گنجاند.

54 . Hollend

با تخصیص هر یک از رشته های جمعیت به عنوان متغیر تابع برازش، عدد بدست می آید که نشان دهنده میزان سازگاری آن رشته مساله است. بالا بودن مقدار برازش به ازای هر رشته جمعیت، بیانگر شانس حضور آن رشته در نسل بعدی بوده و پایین بودن مقدار برازش نشانه احتمال بالای عدم حضور رشته مربوطه در نسل بعدی می باشد. لذا در نسل بعدی رشته هایی با مقدار براز بالاتر ممکن است بیش از یکبار تکرار شده و رشته هایی با مقدار برازش کم، از جمعیت حذف می شوند.

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

یکی دیگر از عوامل تحول زا در موجودات، جهش بوده که موجب پیدایش هر نوع متغییر در ژنهای یک کروموزم می باشد. مشابه با فرآیند فوق عمل جهش روی رشته های عددی بین صورت واقع می شود که ابتدا عنصری از رشته های عددی به صورت تصادفی مشخص شده و سپس بر روی آن عنصر انتخابی، تغییراتی اعمال می گردد.

ایده الگوریتم ژنتیک همان چیزی است که در طبیعت صورت می گیرد. به عنوان مثال خرگوش ها را در نظر بگیرید. بعضی از آنها باهوش تر و سریع تر از بقیه هستند. این خرگوش ها شانس بیشتر برای زنده ماندن در برابر حمله سایر حیوانات دارند. این جمعیت زنده از خرگوش ها شروع به تولید مثل کرده و بچه خرگوش ها متولد شده به طور متوسط سریع تر و باهوش تر از جمعیت موجود (والدین) می باشند. یک الگوریتم ژنتیک از یک رویه گام به گام پیروی می کند که با داستان فوق تطبیق می کند [۳۵].

٦-١-١-٢ ساختار اساسی الگوریتم های 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 پروسهٔ 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 تهی باشد یا اینکه $Q=P(t)$.

الگوریتم تکاملی، ابتدا جمعیتی از کروموزوم‌ها را به‌صورت تصادفی انتخاب می‌کند. همچنین برازندگی هر کروموزوم را توسط تابع برازندگی تعیین می‌نماید. سپس الگوریتم، وارد مرحلهٔ 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 مرحلهٔ 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[55]» و «جهش[56]» نقش دارند. هر یک از این عملگرها با احتمالی که از پارامترهای الگوریتم به‌حساب 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

[55]. Recombination or crossover
[56]. Mutation

ساخته می‌شود. کروموزوهای 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 همهٔ این روش‌ها صادق است [۳۶] و [۳۴]:

۱) الگوریتم‌های ژنتیک به جای استفاده از خود متغیرها از کد شدهٔ 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 گسترهٔ 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 بهینهٔ محلّی، 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 عملِ جستجو استفاده می‌کند. اما این به معنای یک جستجو تصادفی صرف نیست بلکه الگوریتم ژنتیک از انتخاب تصادفی به عنوان ابزاری برای هدایت عملِ جستجو در مناطقی از فضا با احتمال بهبودی بیشتر استفاده می‌کند.

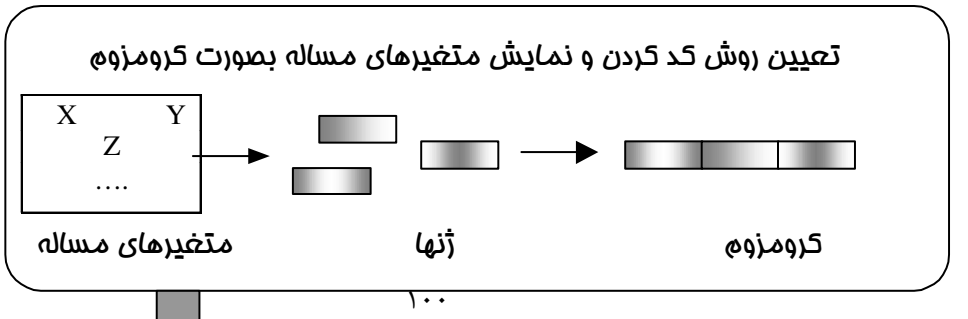
۵) الگوریتم‌های ژنتیک استاندارد، رسیدن به نقطهٔ بهینهٔ محلّی را تضمین نمی‌کنند، ولی اغلب به نقاط تقریباً بهینه و قابل قبول همگرا می‌شوند.

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.



٦-١-١- ٣ مفاهیم اساسی در آلگوریتم های ژنتیک

٦-١-١-٣-١ 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 کدگذاری 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 کدگذاری و فضای جواب کار می کند. عملگرهای ژنتیک بر روی فضای کدگذاری یا کروموزومها اعمال شده در حالیکه انتخاب و ارزیابی بر روی فضای جواب عمل می نماید [۳۷].

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

۱۱۰۱۱۰۰۱۰۰۱۱۰۱۱۰	کروموزوم ۱
۱۱۰۱۱۱۱۰۰۰۰۱۱۱۱۰	کروموزوم ۲

هر کروموزوم (در اینجا) یک رشته دودویی شامل چندین بیت است،هر بیت در این رشته می‌تواند خاصیتی از جواب را نمایش دهد،البته روشهای به رمز درآوردن زیادی وجود دارد وانتخاب طرح خاصی به

مسئله مورد نظر بستگی دارد،به عنوان مثال می توان از روشهای نمایش اعـداد صـحیح،اعداد حقیقی،جایگـشت 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 ممکـن اسـت کروموزومهایی تولید شوند که با هیچ عضوی از فضای جواب متناظر نباشـد.موجـه بـودن کرومـوزوم مربـوط بـه حالتی است که بعد از رمزگشایی، همه محدودیتهای مساله را ارضا نماید. در غیر اینـصور کرومـوزوم غیـر موجـه خواهد بود. منحصر به فرد بودن ترسیم به این معناست که هر کروموزوم پس از رمز گشایی تبدیل بـه فقـط یـک نقطه از فضای موجه شود و بالعکس.

٦-١-١-٣-٢ جمعیت اولیه

پس از تعیین سیستم کدگذاری و مشخص شدن روش تبدیل هر جواب به کروموزوم، بایـد یـک جمعیـت اولیه از کروموزمها تولید نمود. دراکثر موارد جمعیت اولیه به صورت تصادفی تولید مـی شـود امـا گـاهی اوقـات برای بالا بردن سرعت و کیفیت الگوریتم از روشهای دیگر نیز برای تولید جمعیت اولیه استفاده می شود.

واضح است که هر چه جمعیت اولیه بیشتر باشد جواب بهتری حاصل می شود. ولی انتخاب جمعیـت اولیـه بیش از حد، کار بیهوده و عبث است. زیرا الگوریتم به تولید جوابهایی در یک منطقه می پردازد 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].

٦-١-١-٣-٣ تعداد نسل

تعداد نسل هر چه بیشتر باشد به جواب بهتری می انجامد. ولی اگر از یک حدی بیشتر شود دیگر جواب ها بدون تغییر باقی می مانند و فقط باعث زیاد شدن زمان محاسبه می شود. 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 می مانند [۳۷].

٦-١-١-٣-٤ 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 وتجربی می باشند. کارایی این عملگرها در رسیدن به جواب بهینه در مسایل مختلف، متفاوت است [۳۷].

٦-١-١-٣-٤-١ عملگرهای تقاطعی

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

عمل ترکیب ژنهای والدین را می‌کیرد و فرزندان جدید را تولید می‌کند،ساده ترین روش،انتخاب یک نقطه تقاطع و تعویض قسمتهای راست این نقطه تقاطع ازدو کروموزوم است:

کروموزوم ۱	Xxyxxyyxyyxxyxxy
کروموزوم ۲	1101111000011110
فرزند ۱	Xxyxx1100001111
قرزند۲	11011yyxyyxxyxx

روش دیگری نیز برای ترکیب وجود دارد،برای مثال می توانیم از نقاط تقاطع بیشتری استفاده کنیم،ترکیب می تواند پیچیده تر باشد وبیشتر 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 کروموزمها می باشد.با توجه به تعریف برای هر کدام از کروموزمها یک عددتصادفی بین صفر ویک تولید کرده،اگر کوچکتر از pc باشد برای تقاطع انتخاب در غیر اینصورت انتخاب نمی شود [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 می توان فضای نمونه گیری را از یک تا دو برابر تعداد جمعیت اولیه افزایش داد [۳۷].

٦-١-١-٣-٤- ٢ عملگرهای جهشی

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

محلهایی که قرار است تغییر کند، نحوه انتخاب محلها و نحوه انجام متغییر مهم است. در عملگرهای جهشی از اطلاعات یک جواب استفاده شده و جواب دیگری بدست می آید. این تغییر ممکن است کم یا زیاد بوده که به همان میزان از اطلاعات آن کروموزوم، زیاد یا کم استفاده می شود. 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 می باشد [۳۷].

این عملگر از جمعیت در بهینه محلی جلوگیری می کند،عملگر جهش بصورت اندکی،فرزند تولید شده را تغییر می‌دهد،برای حالت نمایش دودوییی،می توان به تصادف یکی از 1 را به 0 یا یکی از0 ها را به 1 تبدیل کرد،در ایتصورت جهش می تواند بدین صورت باشد:

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

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

- نرخ عملگر جهشی:

نرخ عملگر جهشی (Pm) احتمال جهش یک ژن تعریف می شود و برابر است با احتمال تغییر کردن هرکدام از ژنها می باشدکه مقدار کوچکی است [۳۷].

نرخ عملگر جهشی در الگوریتم ژنتیک بصورت کدهای حقیقی نسبت به کدهای دودویی مقادیر بزرگ به خود می گیرد 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 می گردد. در اینصورت اگر نرخ عملگر جهشی مقادیر بزرگتری در نظر گرفته شود، باعث پراکندن بیش از حد ژنهای مطلوب ومتلاشی سازی کروموزمهای خوب می گردد [۳۷].

٦-۱-۱-۳-۵ عملگر انتخاب

وظیفه اصلی این عملگر هدایت الگوریتم به نواحی امید بخش فضای جواب می باشد 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 می کند و یا از بخشی از آنها را بکار می گیرد. 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 می شود. در این روش اندازه فاضی نمونه گیری برابر با اندازه جمعیت اولیه خواهد بود که شامل تمام نوزادان تولید شده نیز می باشد. 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 واندازه 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 λ نوزاد تولید شده و این تعداد با μ کروموزوم که در حقیقت والدین هستند رقابت می کنند و μ کروموزوم بهتر انتخاب می گردد.

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

۳- روش انتخاب جایگزینی نسلی اصلاح شده که در آن ابتدا کروموزومها بر اساس مقدار برازش منظم می شوند و به تعداد نوزادان تولید شده از انتهای لیست، کروموزمها 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 کروموزمها می باشد. در بعضی از تکنیکهای انتخاب، احتمال انتخاب یک کروموزوم متناسب با مقدار برازش آن است که این روش دارای چند عیب می

باشد. برای مثال در نسلهای اولیه، گرایشی برای تسلط تعدادی از کروموزومهای برتر بر فرآیند انتخاب و جود دارد در حالیکه در نسلهای اولیه، گرایشی برای تسلط تعدادی از کروموزومهای برتر بر فرآیند انتخاب وجود دارد در حالیکه در نسلهای آخر وقتی جمعیت به صورت کامل همگرا می شود رقابت بین کروموزومها خیلی جدی نبوده و تقریبا به صورت جستجوی تصادفی در می آید. یعنی در نسلهای اولیه چون مقدار برازش ها معمولاً با هم اختلاف زیادی دارند لذا شانس حضور کروموزومها به هم نزدیک است بنابراین انتخابها تقریباً تصادفی بوده و شانس انتخاب برای اکثر کورموزومها یکسان است. مکانیسم رتبه بندی برای کاهش این عیوب ارایه شده است. در این روش از مقادیر واقعی تابع هدف صرفنظر کرده و یک رتبه بندی از کروموزومها به جای تعیین احتمال انتخاب ارایه می کند. در این روش ابتدا جمعیت به صورت نزولی مرتب شده و سپس به هر کروموزوم یک احتمال انتخاب تخصیص می یابد.

٦-١-١-٣-٦ تابع برازش

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 بهینه سازی، معمولاً این شاخص همان مقدار تابع هدف مساله است. یعنی هر کروموزوم را تبدیل به جواب متناظر کرده و در تابع هدف قرار می دهند و مقدار بدست آمده از تابع هدف همان مقدار برازش متناظر با کروموزوم مربوطه خواهد شد. تابع برازش تاثیر زیادی بر عملکرد نهایی الگوریتم دارد و در مورد مسایل پیچیده باید اقدام به تعریف مناسب آن نمود [۳۷].

٦-٢ ضمیمه ٢

٦-٢-١ نمونه هایی 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.* 199 ;۷ ،۶p. 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 withuncertain 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 Industerial 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