

## به کارگیری روش فوق ابتکاری - شبیه سازی تبرید تدریجی برای حل مسایل زنجیره تامین

یحیی زارع مهرجردی\*<sup>۱</sup>، شاهین برقی<sup>۲</sup>، حجت‌الله مومنی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۲</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته مدیریت صنعتی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

رسید مقاله: اول اردیبهشت ماه ۱۳۹۰

پذیرش مقاله: دوم مرداد ماه ۱۳۹۰

### چکیده

در طی سالیان اخیر، توسعه سریع تکنولوژی اطلاعات، تأثیرات زیادی را بر نحوه مدیریت زنجیره عرضه بنگاه های تولیدی داشته است. یکی از مقوله هایی که تحت تأثیر این تغییر و تحول قرار گرفته است، نحوه پیکربندی زنجیره عرضه است که با رویکرد های مختلفی می تواند صورت پذیرد. افزایش در تعداد اعضاء متقاضی در زنجیره تأمین از یک سو و گسترش ارتباطات از طریق تکنولوژی های نوین اطلاعات از سوی دیگر، انتخاب اعضاء زنجیره تأمین را با پیچیدگی خاصی مواجه کرده که آن را جزو مسایل سخت قرار داده است. در این گونه مسایل دیگر روش های کلاسیک قدیمی در خصوص پیکره بندی زنجیره عرضه کارا نمی باشند. در این تحقیق الگوریتمی بر مبنای مدل ارایه شده گریوز بوسیله روش فوق ابتکاری شبیه سازی تبرید تدریجی ابداع گردیده که به واسطه آن می توان پیکره بندی بهینه زنجیره عرضه را با رویکرد کمینه کردن هزینه موجودی و سطح سرویس بالا به مشتری تحصیل نمود. به منظور بررسی قابلیت، به کارگیری و همچنین مقایسه عملکرد الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم گریوز، مسأله ای از یک سازمان تولیدی (شرکت تولیدی صنعتی ابزاران)، انتخاب و حل گردیده است.

**کلمات کلیدی:** پیکربندی زنجیره عرضه، مدیریت زنجیره عرضه، مدیریت موجودی، شبیه سازی تبرید تدریجی.

### ۱ مقدمه

مدیریت زنجیره عرضه یکی از مسایلی است که در سال های اخیر از اهمیت ویژه ای برخوردار گشته است. در سالیان دور رقابت، فی مابین سازمان ها بود، لیکن در طی سالیان اخیر رقابت بین سازمانی، جای خود را به رقابت بین زنجیره های عرضه داده است.

با طرح نظریات جدید در ارتباط با رضایت مشتریان، تولید بر اساس درخواست و نیازهای مشتریان و مسایل رقابتی در بازار و همچنین گسترش و نفوذ تکنولوژی اطلاعاتی و ارتباطی و نوع همبستگی‌هایی که بین تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان بزرگ وجود دارد، این بحث را به بحثی جامع تبدیل کرده است. تأثیر گذاری و تأثیر پذیری تولیدکنندگان، تأمین‌کنندگان، مشتریان بر یکدیگر و نیز نتیجه این آثار که در نهایت در هزینه‌ها، کیفیت، زمان تولید و تحویل نمایان می‌شوند، باعث شده تا زنجیره عرضه به عنوان یک نظام یکپارچه و همبسته مطرح گردد.

## ۲ ادبیات تحقیق

گریوز و همکارانش در خصوص تعیین محل نگهداری موجودی اطمینان به منظور کمینه نمودن هزینه‌های موجودی و ارایه محصولات و خدمات با تنوع بالا و پاسخگویی به موقع به مشتریان مدلی را توسعه و شکل دادند. در این تحقیق تنها یک پیکره بندی زنجیره عرضه در نظر گرفته شده است [۱-۲].

از آنجایی که تعداد عرضه‌کنندگان، تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، شرکت‌های حمل و نقل و ... به مقدار چشمگیری افزایش پیدا کرده‌اند، شرکت‌هایی که مانند جنرال الکتریک در سطح جهانی می‌باشند، با تعداد بسیار زیادی تأمین‌کننده سروکار دارند. این شرکت‌ها جهت پیکره‌بندی زنجیره عرضه خود به به کارگیری تکنولوژی اطلاعات روی آورده‌اند. به طور مثال شرکت جنرال الکتریک در این خصوص سایتی را ایجاد نموده و به منظور برگزاری مناقصات از آن استفاده می‌نماید. این افزایش در انتخاب اعضاء زنجیره، باعث شده است تا دیگر روش‌های کلاسیک قدیمی در خصوص پیکره‌بندی زنجیره عرضه کارا نباشند. مثلاً اگر فرض شود در زنجیره عرضه یک سازمان ۱۰۰ گره وجود داشته باشد و برای هر گره به طور متوسط ۱۰ انتخاب وجود داشته باشد، آن‌گاه تعداد جواب‌ها به رقم ۱۰ به توان ۱۰۰ خواهد رسید. مطابق با تحقیقات شارپ پالوویچ [۳] این مسأله جزو مسایل سخت غیر چند جمله‌ای قرار می‌گیرد. یکی از روش‌های جستجوی جواب بهینه برای این دست از مسایل روش فوق‌ابتکاری شبیه‌سازی تبرید تدریجی است. تا به حال مسایل مشابهی از قبیل مساله نحوه چیدن مدارهای الکترونیکی، مساله فروشنده دورگرد، مساله زمان‌بندی، مساله استقرار سلولی توسط این روش حل گردیده‌اند. در این تحقیق نیز برای یافتن بهترین پیکره‌بندی از همین الگوریتم استفاده شده است.

با حرکت به سمت قرن ۲۱، سازمان‌ها با افزایش پیچیدگی در فرآیند تولید و تجارت مواجه شده‌اند. هم‌اکنون با توسعه رقابت جهانی می‌بایست محصولات متنوع در زمان و مکان مناسب در دسترس مشتری قرار گیرد. خواست مشتری برای کیفیت بالاتر و خدمات رسانی موجب افزایش فشارهایی شده که قبلاً وجود نداشت. همچنین فن‌آوری سخت‌افزاری و نرم‌افزاری پیشرفته، موجب انعطاف‌پذیری بالا، سرعت بیشتر در حمل و نقل و امکان دسترسی بهتر به اطلاعات در مراکز تولیدی و خدماتی شده است.

تحقیقات انجام شده نشان داده است که روش‌های یکپارچه‌تری جهت هدایت عملیات تجاری مورد نیاز است تا بتوان از روش‌های سنتی که هزینه‌های اجرایی کل سیستم را سرسام‌آور می‌کند، اجتناب کرد. در راستای

مطالعات گسترده‌تر، مفهوم زنجیره عرضه که به معنای: کل مجموعه فعالیت‌های درگیر برای رسیدن کالا و خدمات به دست مصرف کننده بود، ظاهر گشت.

### ۳ مفهوم و تاریخچه پیدایش زنجیره عرضه

شاید تا ۲۰ سال پیش کسی نام زنجیره عرضه را به صورت رسمی نشنیده بود ولی در حال حاضر، این مفهوم از عمده مفاهیمی است که همه روزه در مجلات و نشریات به آن اشاره می‌گردد.

در دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی، بهبود فرآیندهای داخلی که برای حضور در صحنه رقابت انجام می‌گرفت به استراتژی‌های بازاریابی نیاز پیدا کرد. افزایش تقاضا در دهه ۸۰ میلادی نیز نیاز به انعطاف‌پذیری و بهبود محصولات و فرآیندهای موجود را تشدید کرد و پیشرفت‌های تکنولوژی، توسعه ارتباطات و دانش فنی و فرهنگ صنعتی بالاتر، انعطاف و بهبود در تولید فراهم گردید [۳].

در این دوره موسسات تولیدی تا حدودی از کنترل و فرآیندهای داخلی اطمینان بیشتری حاصل کرده بودند و تاثیر شگرفی که مواد و خدمات ورودی بر روی قابلیت آن‌ها برای آن‌ها برای پاسخگویی به نیاز مشتریان داشت، نمود بیشتری پیدا کرد. این درک، باعث توجه و تمرکز بیشتر بر روی تامین و استراتژی‌های منبع‌یابی و تنها تولید کالای باکیفیت، کافی نبود، بلکه محصول را چه زمانی، در چه مکانی و چگونه و به اندازه‌ای که مشتری می‌خواهد و اقتصادی باشد، تحویل دهند نیز مهم بود [۴-۵].

با پیدایش این تفکر، همه به این باور رسیدند که در جهان به هم پیوسته امروز پاسخگویی به تقاضای مشتری معمولاً تنها سازنده کالا را در بر نمی‌گیرد بلکه کل زنجیره عرضه و سرویس‌های آن‌ها را به خدمت می‌گیرد و همچنین مدیریت سازمان ایفا کننده نقش کوچکی است و آن چه مهم است مدیریت زنجیره عرضه است و در حقیقت تمام واحدهای بالادستی و پائین‌دستی نقش به‌سزایی در موفقیت و کامیابی موسسه خواهند داشت.

تعریفی که شورای زنجیره عرضه نموده چنین است: زنجیره عرضه شامل تمام فعالیت‌های مربوط به تولید تا تحویل محصول نهایی از تامین کنندگان عمده تا مشتریان خرده است. این فعالیت‌های عمده در چهار گروه عمده، طراحی و برنامه‌ریزی، منبع‌یابی، ساخت و تولید، تحویل و توزیع جای می‌گیرند و شامل مدیریت بخش‌های عرضه و تقاضا، منبع‌یابی مواد و قطعات، ساخت و مونتاژ، انبارداری، دریافت، سفارشات، توزیع و تحویل به مشتری می‌باشد [۶].

### ۳-۱ پیشروان زنجیره عرضه

۱. برنامه پاسخ سریع برای عرضه کنندگان و خرده‌شان در صنعت [۶]:

به خاطر رقابت شدید در صنعت نساجی و پوشاک در سراسر دنیا، سران این صنعت در آمریکا در سال ۱۹۸۴ اتحادیه "کرت سالمون" را تشکیل دادند. در سال ۱۹۸۵ این اتحادیه مأموریت یافت تا تحلیلی در مورد زنجیره عرضه انجام دهد. نتیجه مطالعات این اتحادیه نشان داد که زمان تحویل در زنجیره عرضه پوشاک از مرحله مواد خام تا رسیدن به مشتری حدود ۶۶ هفته بود، که ۴۰ هفته از این زمان در انبارها و ترانزیت‌ها می‌گذشت. زمان طولانی زنجیره عرضه به خاطر سرمایه‌گذاری در انبارها و عدم وجود محصول مناسب در زمان مناسب بود.

نتیجه این بررسی‌ها استراتژی پاسخ سریع بود. پاسخ سریع، یک همکاری مشترک بین عرضه‌کنندگان و خرده‌فروشان است که در آن سعی می‌شود تا با تبادل اطلاعات به خواسته‌های مشتریان سریع‌تر پاسخ داده شود. پاسخ سریع با قرار دادن سرمایه شرکت در مکان و زمان مناسب براساس داده‌های موجود در شبکه فروش، سوددهی انبارها را به حداکثر می‌رساند، و با ترکیب اطلاعات متغیر بازار موارد مختلفی در طراحی، تولید و توزیع پیش‌بینی می‌کند و باعث کاهش قیمت تمام شده کالا می‌شود.

۲. برنامه پاسخ موثر (مفید) به مشتری در صنعت خوار و بار [۶-۷] در سال ۱۹۹۲ گروهی از سران صنعت خواروبار یک گروه کاری مشترک به نام گروه کاری "پاسخ موثر به مشتری" ایجاد کردند. وظیفه این گروه بررسی و آزمایش زنجیره توزیع صنعت خواروبار بود تا موقعیت‌هایی برای عملکرد بهتر این زنجیره شناسایی شود. این گروه انحادیه کرت سالمون را به استخدام درآورد، تا زنجیره عرضه‌کننده / توزیع‌کننده / مشتری را بررسی کرده و مشخص کنند با تغییرات در تکنولوژی و روش‌های مورد استفاده چه پیشرفت‌هایی در سرویس قابل حصول است.

در کنار صنایع نساجی و خواروبار، سایر تولیدکنندگان نیز برای بهبود عملکرد در زنجیره عرضه‌شان تلاش‌هایی انجام داده‌اند، برخی از این تلاش‌ها و خلاصه عملکرد آن‌ها به شرح ذیل می‌باشد:

۱. شرکت هولت پکارد: این تولیدکننده قطعات کامپیوتر در اوایل دهه ۹۰، به طور سیستماتیک فعالیت‌های توزیع خود را با فعالیت‌های تولیدش در تجارت کامپیوتر مرتبط ساخت و از سیستم برنامه‌ریزی نیازمندی‌های توزیع برای پیش‌بینی تقاضاهای مشتریان استفاده کرد [۶-۸].

۲. شرکت ویرپول: این تولیدکننده اسباب‌بازی و لوازم، استفاده از زنجیره عرضه را در سال ۱۹۹۲ آغاز کرد. شرکت ویرپول برای این کار یک پست جدید به عنوان معاونت لجستیک به سیستم خود اضافه کرد. قراردادهایی با تامین‌کنندگان بر مبنای قابلیت اعتماد و توانایی کمک‌رسانی در طراحی محصولات منعقد کرد و از تبادل الکترونیکی اطلاعات برای ارتباط روزانه با عرضه‌کننده‌ها استفاده کرد. نتیجه این کار افزایش دسترسی به محصول به میزان ۹۰ تا ۹۵ درصد، کاهش حجم انبارها به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد و تقلیل زمان تحویل به ۵ روز بوده است [۶].

۳. شرکت کامپیوتری دل: این شرکت براساس ارضای نیازهای مشتریان شروع به کار کرد. این دیدگاه نیاز به زنجیره عرضه انعطاف‌پذیری دارد که کالای مورد نیاز مشتری را بسازد و به وی تحویل دهد.

۴. مایکل دل مدیرعامل این شرکت می‌گوید: "ما هم‌اکنون یک برنامه حمل و نقل سریع برای مشتریان بزرگ داریم که می‌توانیم یک کامپیوتر را ظرف ۴۸ ساعت پس از سفارش، تحویل دهیم." [۹].

۵. شرکت پروکتاندگمبل (P&G): این شرکت میزان صرفه‌جویی حاصل از به کارگیری زنجیره عرضه کارا را، میلیون‌ها دلار تخمین می‌زند. راز موفقیت آن‌ها، همکاری بسیار نزدیک تولیدکنندگان، تامین‌کنندگان و تدوین برنامه‌های تجاری مشترک که حرکت‌های بی‌هوده در طول زنجیره را حذف می‌نماید [۱۰].

از اواخر دهه ۸۰ سازمان ها برای مهندسی مجدد فرآیند با هدف بهبود کارایی داخل سازمان تمرکز کرده بودند، با کسب موفقیت های درون سازمانی بسیاری از سازمان ها هم اکنون بدنبال کسب مزیت رقابتی از طرق دیگر می باشند. این مزیت ها شامل افزایش سرعت دسترسی به بازار، کاهش هزینه های توزیع و ارایه محصول در زمان، مکان با قیمت مناسب بود. رالف شرط پیروز شدن در بازارهای دهه ۹۰ را برای سازمان هایی دانسته بود که ارتباطات درونی سیستم های تجاری، از تأمین کننده تا خرده فروش را می فهمند و با همکاری با هم از موقعیت ها بهره برداری می کنند تا بتوانند بهترین خدمات و سرویس را ارایه دهند.

زنجیره عرضه دارای سه مؤلفه کلی استراتژیک است که کارایی کل زنجیره عرضه را تحت تأثیر قرار می دهند. این سه مؤلفه عبارتند از: (۱) اطلاعات و سیستم های اطلاعاتی، (۲) مدیریت جریان مواد و موجودی در طول زنجیره عرضه و (۳) مدیریت روابط در زنجیره عرضه.

#### ۴ ارکان و مولفه های مدیریت عرضه

##### ۴-۱ اطلاعات و سیستم های اطلاعاتی

اطلاعات صحیح جهت هماهنگی بین عناصر زنجیره به عنوان عناصر کلیدی یاد شده است [۱۱]. قضیه اثر شلاق چرمی که به جریان اطلاعات ناقص در زنجیره عرضه برمی گردد بیان می کند که حتی کمترین نوسانات در سفارش خرده فروشان، به نوسانات بیشتر در سفارشات عمده فروشان و آن هم به تغییرات زیاد در تولید یک سازنده منتهی می شود [۱۲]. مخدوش شدن اطلاعات از یک سوی زنجیره به سوی دیگر آن باعث عدم کارایی های غیر قابل جبران و وحشتناک مانند: افزایش بی مورد سرمایه گذاری در موجودی، سطح ضعیف خدمت به مشتری، از دست دادن درآمد، برنامه های اشتباه در خصوص ظرفیت، حمل و نقل های زاید، اشتباه در برنامه های زمانبندی تولیدی می گردد. اما قدرت اطلاعاتی سازمان های داخل زنجیره و میزان تبادل اطلاعات صحیحی که اعضای زنجیره با یکدیگر دارند تعیین کننده پویایی های سازمانی زنجیره عرضه است که میزان ریسک و قدرت در آن زنجیره را نشان می دهد.

##### ۴-۲ مدیریت جریان مواد و موجودی در طول زنجیره عرضه [۵]

داشتن زنجیره عرضه یکپارچه که کالاها و مواد مورد نیاز مشتریان نهایی را به مقدار مناسب در محل و زمان مناسب و با کمترین هزینه در اختیار آن ها قرار می دهد، اصلی ترین هدف مدیریت زنجیره عرضه است. مباحث کلیدی مطرح در مدیریت جریان مواد زنجیره های عرضه عبارتند از:

۱. درک و فهم زنجیره های عرضه موجود
۲. مهندسی مجدد جریان کالا و مدیریت موجودی
۳. تشخیص و تبیین اهمیت زمان
۴. وجود سیستم سنجش عملکرد برای زنجیره عرضه.

#### ۴-۳ مدیریت روابط در زنجیره عرضه [۵]

بسیاری از کارشناسان و صاحب‌نظران مدیریت روابط انسانی در زنجیره را در اولویت بالاتری از مدیریت سیستم های اطلاعاتی و مدیریت مواد قرار می‌دهند. به عبارتی این رکن پیش‌تاز موفقیت آمیز بودن دو رکن دیگر می‌باشد.

برای مدیریت روابط داخل زنجیره عرضه سه مشخصه کلی مطرح شده است:

۱. ایجاد پیوستگی و اتحاد در روابط زنجیره: فرآیندی که در آن شرکاء از روی تمایل امور اساسی تجاری خویش از جمله اطلاعات، سرمایه و دارائی خود را با اطمینان خاطر به اشتراک می‌گذارند تا دوباره کاری‌ها و اصراف در زنجیره را کاهش داده و عملکرد خویش را اصلاح نمایند.
۲. عوامل مستحکم کننده روابط در زنجیره: از ایجاد اطمینان در طرف های ذینفع به عنوان مهمترین عامل استحکام کننده روابط داخل زنجیره یاد شده است. برای عمده ترین مؤلفه های اطمینان و اعتماد هم می توان از قابلیت اطمینان، لیاقت و شایستگی، اطمینان درونی، قابلیت انتقاد و وفاداری نام برد.
۳. استراتژی های حل اختلاف در روابط زنجیره به طور کلی مباحث زنجیره عرضه را نیز به دو بخش عمده: برنامه و اجرا نیز تقسیم بندی نموده اند [۱۳].

فرآیند برنامه ریزی روی مسایلی چون پیش بینی تقاضا، شبیه سازی موجودی ها، زمان بندی، برنامه ریزی تولید، توزیع و حمل و نقل تمرکز دارد. الگوهای نیز در جهت بالا بردن دقت هر یک از بخش های نامبرده طراحی شده است. فرآیند اجرا به مواردی مانند تأمین مواد اولیه، تولید/مونتاژ و توزیع محصول در زنجیره ارزش مرتبط می‌گردد. فرآیند اجرا این اطمینان را ایجاد می کند که محصولات مورد نظر به طریق مناسب، تولید و با بهترین روش حمل و نقل، توزیع می‌گردند.

اجرای برنامه ریزی زنجیره عرضه، مدیریت عملیات را در تصمیم گیری بهتر کمک می‌نماید. حاصل برنامه ریزی زنجیره عرضه عبارتند از: میزان تولید محصول در یک دوره، میزان موجودی اولیه، محل ذخیره محصولات نهایی، از چه روشی برای توزیع محصولات استفاده می‌گردد. در این رهگذر عناصر برنامه ریزی زنجیره عرضه، برای به دست آوردن داده های مورد استفاده، از برنامه ریزی منبعی سازمان استفاده می‌نمایند [۱۰]. اگر پروژه های زنجیره عرضه و برنامه ریزی منابع سازمان، با هم یکپارچه نشوند کارایی زنجیره عرضه پایین خواهد آمد. در حقیقت این دو سیستم در تصمیم گیری مکمل یکدیگر هستند.

بخش دوم زنجیره عرضه یعنی فرآیند اجرای زنجیره به فرآیندهای برنامه ریزی سفارش، پرکردن ذخایر و فرآیند تولید و توزیع می‌پردازد. از جمله قسمت های مهم در این بخش، مدیریت زنجیره عرضه بازیافت محصولات و استفاده مجدد از محصولات در پایان عمر مفید است. نوع دیگری از توزیع معکوس برطرف نمودن مشکلات کیفی محصولات برگشتی از مشتریان است که بیشتر با واحدهای خدمات پس از فروش، خدمات نگهداری و تعمیر شناخته شده است.

## ۵ مدل ها

### ۵-۱ مدل های زنجیره عرضه [۱۴ و ۱۵]

سیستم زنجیره عرضه در بردارنده اجزای مختلفی از تأمین کننده مواد اولیه گرفته تا مشتری نهایی می باشد. هر یک از اجزاء این سیستم جامع، خود زیرسیستم هایی با ابعاد مختلف می باشند. حجم این زیرسیستم ها، بستگی کامل به ابعاد زنجیره عرضه و نیز نقش هر یک از آن ها دارد. در برخی از زنجیره ها تمرکز عمده بر سیستم تولید بوده و در برخی دیگر بخش توزیع یا تأمین کنندگان از اهمیت استراتژیک برخوردارند. هدف از مدل سازی زنجیره عرضه، شناسایی اجزاء مختلف زنجیره و نحوه ارتباط میان آن ها، به صورتی است که عملکردی مطلوب در سطح کل زنجیره حاصل شود. در این ارتباط نوع و سطح مدل سازی بستگی کامل به شرایط حاکم بر سیستم دارد.

مدل سازی کمی سیستم ها که از آن با عنوان مدل سازی ریاضی و رویکرد تحقیق در عملیات نام برده می شود از جمله سنتی ترین روش ها در این زمینه است. در برنامه ریزی خطی، یک مساله با استفاده از روابط ریاضی، مدل سازی می شود. در این روش موضوعات دنیای واقعی مطرح نمی شود، فقط روابط و تأثیر آن ها بر عملکرد واقعی مدل، بررسی می شود. این مدل ها جنبه کیفی ندارد و در آن ها همه چیز کمی است. قدرت واقعی برنامه ریزی خطی در این است که اگر حداقل یک روش مناسب برای حل آن وجود داشته باشد، معمولاً یک راه حل بهینه پیدا خواهد شد. از این نوع برنامه ریزی می توان در تجزیه و تحلیل تعیین ظرفیت و یا مسایل حمل و نقل استفاده کرد. برنامه ریزی عدد صحیح نوعی خاصی از برنامه ریزی خطی است که در آن همه متغیرها شکل عدد صحیح می باشند. با این که در این نوع برنامه ریزی می توان مشکلات بزرگ را مدل سازی کرده و راه حل مناسبی برای آن ها پیدا کرد اما مسایل واقعی هیچ کدام خطی نیستند. بنابراین برای استفاده مؤثر از قابلیت های این برنامه ریزی، یک پشتوانه ریاضی قدرتمند مورد نیاز می باشد.

### ۵-۲ مدل های شبکه ای (بهینه سازی)

مدل های شبکه ای عبارتند از نمایش تصویری شبکه توزیع زنجیره عرضه، مدل شبکه ای با استفاده از برخی شاخص ها از قبیل کارخانه ها، انبارها، خطوط حمل و نقل و غیره نمایش داده می شود. گاهی اوقات برای حل مدل های شبکه ای از روش، ریاضی (یعنی برنامه ریزی خطی و عدد صحیح) استفاده می کنند. مدل های شبکه ای در مقابل روش های کلی ریاضی، برای حل مسایل دنیای واقعی توسعه یافته اند در نتیجه این مدل ها اغلب پاسخ مناسب و خوبی فراهم می کنند. از آن جایی که این مدل ها فقط تخمینی هستند، نه واقعی، بنابراین پاسخ حاصل از این مدل ها کاملاً نظری است، نه عملی.

### ۵-۳ مدل های شبیه سازی

این مدل ها برای نمایش موضوعات در جهان واقعی، از موضوعات انتزاعی استفاده می کنند. ابتدا از سیستم، یک مدل کاملاً مشابه شبیه سازی می کنند و سپس تغییر پارامترها را بر مساله بررسی می کنند. همچنین طراحی را که قرار است اجرا شود، زمان بندی می نمایند. این روش می تواند به سادگی مدل های متوسطی بسازد. اما نمی تواند

مدل‌های سطح بالایی ایجاد نماید. در این روش اگر تعداد شیوه‌های جایگزینی زیاد باشد مانند مسایل زنجیره عرضه این مدل قادر نیست به همگی آن‌ها رسیدگی نماید. با این وجود شبیه‌سازی هنوز با زبان لجستیک و زنجیره عرضه بیگانه است.

#### ۵-۴ مدل‌های بهینه‌سازی - شبیه‌سازی

این روش‌ها سعی دارند تا قدرت پیش‌بینی و دقت شبیه‌سازی را با توان کاربردی روش‌های ریاضی ترکیب کنند. در این روش، ابتدا سیستم با یک نرم افزار شبیه‌سازی، مدل سازی می‌شود و برای حل آن از یک الگوریتم بهینه‌سازی استفاده می‌شود. از مزایای این مدل‌ها می‌توان از دقت و توانمندی آن‌ها در بهینه‌سازی نام برد. در این روش مدل‌های نامناسب می‌توانند به سرعت کاربران را به اشتباه اندازند و سرعت پایینی دارند.

#### ۶ گردش موجودی در زنجیره عرضه

تکنولوژی فعلی شبکه‌ها و دسترسی آسان به دریای عظیم اطلاعات از طریق فضای اطلاعاتی اینترنت باعث شده تا اطلاعات زیاد و دقیقی برای تصمیم‌گیرندگان سازمان‌های تولیدی فراهم شود و تجارت الکترونیک، بازار مصرف کنندگان و تجارت بین‌سازمانی به رقابت بین زنجیره‌های عرضه مبدل گردد. این موضوع باعث پیدایش زنجیره‌های عرضه هوشمند گردیده است. زنجیره عرضه هوشمند، خود را با اطلاعات زمان واقعی وفق می‌دهند و مجدداً پیکره بندی می‌شوند. عمده فعالیت‌هایی که در این خصوص صورت می‌گیرد عبارتند از: انتخاب تأمین‌کنندگان، پیمانکاران، انتخاب روش حمل و نقل و انتخاب سیستم توزیع.

از آن جایی که هر کدام از اجزاء زنجیره با مشکلات عمومی خود روبرو می‌باشند، لذا برای داشتن یک جریان مواد روان، می‌بایست میان ذخیره موجودی برای جلوگیری از هزینه‌های کمبود و حداقل نمودن موجودی برای کاهش هزینه‌های نگهداری توازن ایجاد گردد. عبارتی دیگر موجودی باید بگونه‌ای مدیریت شود که هزینه‌ها حداقل شود و به طور همزمان ضریب اطمینان سیستم تحویل، آسیب نیند [۱۴].

در عصر کنونی مدیریت موجودی از اهمیت به‌سزایی برخوردار گشته است. از دیدگاه والتر و گاترنا، این اهمیت، به صورت ذیل مطرح شده است: عامل اول، تأثیر عمده‌ای است که رکود جهانی در کاهش حجم فروش و درآمد شرکت‌ها داشته و موجب اعمال فشار بر مدیران، در جهت کاهش سطح موجودی در سیستم‌های پشتیبانی شده است تا میزان سود را حفظ نمایند (با کاهش هزینه بهره و کالاهای منسوخ شده). عامل دوم، تغییرات در فلسفه‌های تولیدی است که نیاز به موجودی را به عنوان ذخیره اطمینان برای انجام فعالیت‌های تولیدی، حذف می‌نماید و عامل سوم، که با عامل اول مرتبط بوده و به وسیله فعالیت‌های اصلی تجاری در سازمان‌ها میزان نرخ بازگشت سرمایه افزایش می‌یابد، لذا سرمایه‌گذاری بر روی اقلام سرمایه‌ای در گردش از قبیل موجودی در قیاس با گذشته، کاهش چشمگیری داشته است [۱۶].

از نظر بولو [۱۷]، نگهداری موجودی دارای دلایلی می‌باشد:



به منظور سرویس دهی به مشتری: سازمان به واسطه نقش پشتیبانی که در بازاریابی و فروش محصولات دارد، می‌بایست به هنگام ایجاد تقاضا، کالا را فراهم و عرضه نماید.

دفاع در برابر تغییرات قیمت: در مواردی که نرخ بهره بالاتر می‌باشد (مانند اواسط تا اواخر دهه ۱۹۷۰) نگهداری موجودی باعث می‌گردد تا مواد با قیمت پایین تر تهیه شده و قیمت محصول افزایش پیدا نکند.

ممانعت از بروز عدم اطمینان در تقاضا و زمان تحویل: این استدلال بر پایه عدم اطمینان سیستم‌های پشتیبانی در تهیه و عرضه کالاها صورت گرفته تا سازمان‌ها با کمبود مواجه نگردند.

دفاع در برابر پیشامدها: نگهداری موجودی سبب می‌شود تا شرکت در قبال پیشامدهای غیرمترقبه‌ای از قبیل زلزله و سیل با ریسک کمتری در خصوص تهیه مواد مواجه گردد [۱۷].

جدول ۱. نقش محل نگهداری موجودی در زنجیره عرضه و مفهوم انبارهای مجازی [۲۰-۱۸]

نام محقق	عنوان تحقیق	نتیجه تحقیق
لورانس و وارما	کاهش هزینه‌های موجودی	مسئولیت مدیریت موجودی، بر عهده یکی از تامین کنندگان اصلی که عمدتاً سازنده تجهیزات اصلی می‌باشد و نقش یکپارچه‌سازی میان تامین کنندگان و مشتری را برعهده دارد، گذاشته می‌شود.
لندسام (Landsom, 1999)	مدیریت تامین مواد در شرکت‌هایی که دارای تنوع زیاد محصول می‌باشند	تامین کننده قادر است، محصولات را در یک انبار مرکزی و در سطوح مناسب ذخیره نماید. این امر منجر به کاهش زمان انتظار برای تمامی محصولات می‌شود.
لندر (Lander et. al. 2000)	بسط و توسعه مفاهیم انبارداری مجازی	به وسیله انبارداری مجازی، اطلاعات به صورت صحیح کسب و منتقل می‌شوند و برای هر کاربری که به پایگاه‌های اطلاعاتی دسترسی دارد، توانایی استفاده از اطلاعات حاصل می‌شود. بدین ترتیب نقاط سفارش‌دهی و روش حمل و نقل بر مبنای سیستم کششی و بر اساس موقعیت لحظه‌ای موجودی و نیازمندی‌های سیستم تعیین می‌شوند.

## زراع مبرزدی و بهکاران، بکارگیری روش فوق‌بختاری-شیدسازی تریپتید تریپتید برای حل مسایل زنجیره تامین

جدول ۲. نقش زمان انتظار تحویل در مدیریت موجودی در زنجیره عرضه [۲۴-۲۰]

نام محقق	عنوان تحقیق	نتیجه تحقیق	ایرادات تحقیق
فوکودا (Fukuda, 1964)	مدلی که قادر باشد، کوتاه‌ترین زمان انتظار تحویل، با هزینه مناسب‌تر را از بین چند گزینه، انتخاب کند.	هدف اصل این مدل یافتن سیاست بهینه سفارش‌دهی، نگهداری و جریمه را (در حالیکه تقاضا حالت تصادفی دارد) کمینه کند.	این مدل موجودی تنها قادر است برای زمانی که اولاً ۲ گزینه وجود داشته باشد و ثانیاً زمان‌های انتظار تحویل با یکدیگر، یک پیوند زمانی تفاوت داشته باشند، جواب بهینه را پیدا می‌نماید. لذا این مدل برای وقتی که بیش از ۲ گزینه وجود داشته باشد، کارایی خود را از دست می‌دهد.
کاپلان (Kaplan, 1994)	بررسی سیاست‌های بهینه برای یک مساله موجودی پویا، در حالی که زمان انتظار، یک متغیر تصادفی گسسته با توزیع معلوم باشد.	کاپلان، با فرض این که سفارشات، از لحاظ زمانی با هم تداخل ندارند، ساختار سیاست‌های بهینه موجودی را استخراج نمود.	این مدل، حالتی که چندین گزینه و چندین زمان انتظار وجود داشته باشد را پوشش نمی‌دهد.
سانگ (Song, 1994)	بررسی تاثیر احتمالی بودن زمان‌های انتظار بر بهینه‌سازی موجودی در یک مدل موجودی پایه	-	این تحقیق، سیاست‌های بهینه موجودی، برای زمانی که چندین انتخاب برای هزینه و زمان انتظار وجود دارد را پوشش نمی‌دهند.
لاو و زاو (Lau, Zhao, 1993)	بررسی تقسیم سفارش بین دو تامین کننده با زمان‌های انتظار متفاوت و احتمالی	آن‌ها با فرض این که نسبت ثابتی برای تقسیم سفارش، بین دو تامین کننده وجود دارد، یک روش محاسباتی، برای محاسبه نسبت بهینه، میزان سفارش و نقطه سفارش‌دهی مجدد ارائه دادند.	در صورتی که تقسیم سفارش، نسبت ثابتی نباشد این مدل جوابگو نخواهد بود.
بن-دایا، راوف (Ben-Dayam, 1994)	بررسی حالتی که زمان انتظار یکی از متغیرهای تصمیم‌گیری است.	با فرض این که با پرداخت پول بیشتر زمان انتظار کوتاه‌تری را بتوان به دست آورد. هدف، یافتن بهترین زمان انتظار از یک تامین کننده است.	-
لورانس (Lawrence, 1994)	بررسی تاثیر دسترسی سریع به اطلاعات زمان واقعی را بر کاهش زمان انتظار و بهبود پیش‌بینی	در این مقاله مزایای کاهش زمان انتظار در مدیریت موجودی و همچنین افزایش دقت پیش‌بینی به واسطه این کوتاه شدن مورد بررسی قرار گرفته است. این افزایش دقت، منجر به بهبود پیش‌بینی و در نتیجه کاهش موجودی اضافی و موجودی اطمینان می‌گردد.	-

## ۷ نقش تکنولوژی اطلاعات بر موجودی در زنجیره عرضه

کی وان [۲۵] در سال ۹۹ مطالعه‌ای در خصوص استفاده از تکنولوژی اطلاعات به منظور افزایش و کارایی مدیریت زنجیره عرضه انجام داده، که این مطالعه با تمرکز بر صنایع الکترونیک و صنایع شیمیایی سنگاپور که ۷۰ درصد تولید ملی سنگاپور را تشکیل می‌دهند، صورت گرفته است. مهم‌ترین اطلاعات آماری که در این تحقیق استفاده شده شامل: استراتژی شرکت‌ها در به کارگیری مدیریت زنجیره عرضه، کاربرد تکنولوژی اطلاعات و موانع اجرایی آن در زنجیره، مزایای به کارگیری و برنامه‌های آتی به کارگیری تکنولوژی اطلاعات

در مدیریت زنجیره عرضه، می‌باشد. عمده نتایج حاصله از این ارتباط عبارتند از: نگرش زمان واقعی از موجودی که به سازمان امکان می‌دهد سریعاً به تغییرات بازار پاسخ داده و بدین وسیله موجودی اطمینان کمینه در سراسر زنجیره عرضه برخوردار گردند. همچنین وضعیت لجستیک به عنوان عامل اصلی رقابت شناخته شد. استراتژی مشترک تولیدکنندگان، تولید بر اساس نیاز واقعی مشتریان است، نه براساس پیش بینی. در تحقیق لی و بلینگتون [۲۶] عمده مشکلاتی که بر سر راه مدیریت موجودی در زنجیره عرضه وجود دارد مورد بررسی قرار گرفت که نتایج تحقیق بیان می‌کند مشکلات مرتبط با تعریف اطلاعات، مشکلات عملیاتی، عدم وجود معیارهای اندازه‌گیر کارایی، عدم وجود اطلاعات دقیق از وضعیت توزیع و سیستم‌های اطلاعاتی ناکارآمدترین مشکلات در سر راه زنجیره عرضه کارآمد می‌باشد.

پاگل [۲۷]، مدیریت موجودی در گذشته را با مدیریت موجودی با امکانات فعلی مقایسه می‌نماید. وی معتقد است به رعم گذشته که با دریافت موجودی جدید، اطلاعات در خصوص وضعیت موجودی به هنگام می‌شد، امروزه به واسطه ظهور تکنولوژی اطلاعات، اطلاعات میان مراکز توزیع مبادله گشته که این امر باعث افزایش سرعت جریان مواد و در نتیجه کاهش سطح موجودی در گردش شده است.

تا سال ۹۶-۹۵ که رشد اینترنت اینچنین فراگیر و گسترده نبود، مدل‌های کلاسیک در خصوص مدیریت موجودی در زنجیره عرضه کارایی داشتند. زیرا در این مدل‌ها تعداد انتخاب‌های موجود در خصوص زمان انتظار تحویل و هزینه عمدتاً محدود بودند. به طور مثال مدلی که فوکودا [۲۲] ارائه داده است، شرایطی را که دو گزینه وجود دارد را در نظر می‌گیرد. طبق مطالعه‌ای که زنگ انجام داده است، در شرایطی که تعداد انتخاب‌ها افزایش یابد، فضای مسأله به طور نمایی بزرگ می‌شود. لذا به منظور حل مسأله فوق، به الگوریتم‌های کاراتری احتیاج است. تکنولوژی اطلاعات سبب گردیده تا تعداد گزینه‌های موجود برای هر سازمان به میزان چشمگیری افزایش یابد. در نتیجه زمان حل این مسایل نیز به طور نمایی افزایش پیدا می‌کند. در سال ۹۹، زنگ، مدلی محاسباتی ارائه کرد که قادر بود از بین چند گزینه، بهترین زمان انتظار تحویل و هزینه را پیدا کند.

زنگ، بر مبنای شبکه "و/یا" یک مدل زنجیره عرضه پویا، بنام مدل تعادلی بین زمان انتظار و هزینه ارائه می‌دهد که هدف این مدل پیدا کردن نقطه تعادلی بین زمان انتظار و هزینه است به نحوی که هزینه کل کمینه شود.

در سال ۹۹، اس ویلیامز و همکاران [۵] چارچوبی برای مدل سازی زنجیره عرضه فراهم نمودند که هدف خاص طراحی آن، بهینه نمودن هزینه موجودی در زنجیره عرضه می‌باشد. همچنین یک الگوریتم بهینه‌سازی برای یافتن بهترین محل نگهداری موجودی اطمینان در زنجیره عرضه با توسعه و استفاده از الگوریتم درخت پوششی ارائه کردند که در آن از برنامه‌ریزی پویا استفاده می‌شد.

## ۷-۱ مدل اس ویلیامز و اس گریوز [۵]

در این مدل فرض می‌شود که تمامی ایستگاه‌ها بر اساس سیاست بازنگری دوره‌ای، عمل می‌کنند. هر ایستگاه می‌تواند میزان تقاضا را یا از مشتریان خارجی و یا از ایستگاه‌های پائین دستی خود دریافت نماید و به طریقی

سفارش دهی نماید که بتواند پاسخگوی تقاضای ایجاد شده باشد و از آن جایی که در سفارش دهی هیچگونه تأخیر زمانی وجود ندارد، لذا در هر دوره زمانی، تمامی ایستگاه‌ها از تقاضای مشتری آگاه می‌شوند. گریوز - ویلیامز [۴-۵] نیز راه‌حل‌هایی جهت شبکه‌های مونتاژ و توزیع توسعه داده‌اند. اگر برای هر گره بیش از یک تأمین کننده و با زمان‌های انتظار و هزینه‌های متفاوت وجود داشته باشد، روشی برای انتخاب بهترین آلترناتیو با معیار کمینه هزینه موجودی و جود ندارد. با به کارگیری روش‌های نوین و گسترده ارتباطات در زنجیره‌های عرضه شرکت‌ها را با منابع و روش‌های بسیار زیادی در عرصه تهیه، تولید، و توزیع قرار می‌دهد که موجب می‌شود تعداد انتخاب‌ها در هر گره به نحو چشمگیری افزایش پیدا کند که کاربرد روش‌های سنتی تحقیق در عملیات و روش‌های ریاضی را در حل چنین مسایلی عاجز می‌نماید. مدل ویلیامز و گریوز [۴-۵] از زیر بناهای این مطالعه می‌باشد. این مدل تعیین می‌نماید که موجودی اطمینان به منظور برآورده کردن تقاضا در گره‌های فوق، در کدام گره‌ها می‌بایست نگهداری شود. از آنجایی که زنجیره‌های عرضه در اثر به کارگیری تکنولوژی اطلاعات از ابعاد بسیار گسترده‌ای برخوردار شده‌اند، به منظور پیکره‌بندی آن‌ها می‌بایست از روش‌های موثری استفاده نمود. به دلیل ویژگی‌های خاص مساله، این مساله از جمله مسایل سخت غیر چند جمله‌ای به شمار می‌رود. از آن جایی که یکی از روش‌های موجود در خصوص جستجو نمودن جواب بهینه در خصوص این نوع مسایل روش فوق ابتکاری شبیه‌سازی تبرید تدریجی می‌باشد، لذا مدل ویلیامز و گریوز [۴-۵] با این روش فوق ابتکاری، جهت پیکره بندی زنجیره عرضه در سازمان‌های تولیدی ترکیب شود.

الگوریتمی که در اثر ترکیب با این روش فوق ابتکاری به دست می‌آید، پیکره‌بندی بهینه زنجیره تامین را با هدف کمینه نمودن هزینه موجودی اطمینان در زنجیره عرضه به دست می‌آورد. بدین ترتیب محل نگهداری موجودی اطمینان در زنجیره، طوری تعیین می‌گردد که نقاط تقاضا با احتمال ۱۰۰٪ تقاضایشان برآورده شود. از جمله مزایایی که این الگوریتم از آن برخوردار است، این است که به دلیل این که جواب‌های بدتر نیز مورد قبول واقع می‌گردند نقاط، بهینه محلی نمی‌گردند و توانایی گریز از این نقاط و تحصیل جواب نزدیک به بهینه را پیدا می‌نمایند. نقطه ضعف این الگوریتم در این است که جواب نهایی وابستگی زیادی به پارامترهای کنترلی دارد. لیکن می‌بایست با انجام آزمایشات مختلف، قبل از به کارگیری نهایی الگوریتم، پارامترهای کنترلی را بدقت تعیین نمود تا جواب نهایی از کیفیت قابل قبولی برخوردار شود.

## ۸ روش‌های فوق ابتکاری (Heuristic)

برخی از مهمترین این روش‌ها که جهت حل مسایل سخت غیر چند جمله‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتند از: روش SA (شبیه‌سازی تبرید تدریجی)، روش GA (الگوریتم ژنتیک)، روش TS (جستجوی ممنوعه)، روش ACO (الگوریتم مورچگان) خصوصیات کلی این روش‌ها:

زمان رسیدن به نقطه بهینه مشخص نبوده و تضمین نمی‌گردد. در مواردی جواب‌های بد نیز موقتاً پذیرفته می‌شود (به منظور خروج از نقاط بهینه محلی)، براحتی با زبان‌های برنامه‌نویسی نوشته می‌شود، قابل کاربرد در مسایل متعدد بوده و تنظیم پارامترهای در این روش‌ها با استفاده از روش سعی و خطا می‌باشد.

### ۸-۱ شبیه‌سازی تبرید تدریجی (Simulated Annealing)

واژه انگلیسی Simulated Annealing در لغت به معنای گذاخته کردن جسم می‌باشد ولی در اصطلاح، یک فرایند فیزیکی برای بالا بردن دمای جسم تا رسیدن آن به نقطه ذوب و سپس سرد کردن آن طی شرایط مشخص می‌باشد که در طول این فرایند انرژی جسم به حداقل می‌رسد.

در سال ۱۹۵۳ متروپلیس، الگوریتمی را برای ارزیابی تغییرات دمای جسم جامد ارائه داد. او در ابتدا، دمای جسم را بالا برده تا جسم به حالت مذاب درآید و سپس برای کاهش انرژی درونی جسم، اتم‌های جسم را جابجا نموده تا انرژی جسم کاهش یابد. این جابجایی مابین دو اتم انجام می‌گیرد. سپس در همسایگی این اتم، اتم دیگری را انتخاب نموده و با این اتم جابجا کند، انتخاب اتم جهت جابجایی، کاملاً تصادفی صورت می‌گیرد و هیچ ترتیبی برای اینکار در نظر گرفته نمی‌شود. در این دما، چندین جابجایی صورت می‌گیرد و وقتی هیچ تغییری در انرژی حاصل نشد، دمای جسم را کاهش می‌دهند. قبل از این که دمای جسم را کاهش دهند، تست تعادلی انجام می‌گیرد. در صورتی که در اثر جابجایی، انرژی جسم کاهش یابد جابجایی پذیرفته شده ولی در صورت عدم کاهش انرژی این جابجایی با یک احتمال پذیرفته می‌شود.

بعدها در سال ۱۹۸۳، کرک پاتریک، با مشابه‌سازی این الگوریتم، بین کمینه کردن تابع هزینه یک مساله و سرد کردن جسم تا زمان رسیدن آن به حالت انرژی پایه، از آن برای حل مسایل بهینه‌سازی استفاده کرد. با این جایگذاری، او و همکارانش الگوریتمی به نام شبیه‌سازی تبرید تدریجی را برای حل مسایل بهینه‌سازی ترکیبی معرفی می‌گردد.

تعبیر فیزیکی تبرید تدریجی، مربوط به فرایند شبیه‌سازی تبرید تدریجی در جامدات می‌باشد. فرایند تبرید تدریجی که منجر به کاهش انرژی در یک جامد است، توسط زگردی و همکارانش به صورت زیر تعریف شده است:

در هر مرحله، یک اتم به میزان کمی جابجا شده که این کار منجر به تغییر در انرژی سیستم می‌گردد که با  $\Delta E$  نمایش می‌دهند. اگر  $\Delta E \leq 0$  باشد، جابجایی دو اتم پذیرفته شده و ساختار جامد یا اتم جابجا شده به عنوان نقطه شروع مرحله بعد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالتی که  $\Delta E > 0$  باشد، به صورت احتمالی برخورد می‌شود، بدین معنی که احتمال این که ساختار جامد پذیرفته شود با استفاده از رابطه ذیل تعیین می‌گردد که در آن:

T: درجه حرارت

$$P(\Delta E) = e^{-\frac{\Delta E}{k_b T}}$$

$k_b$ : ثابت بولتزمن

در اینجا یک عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در فاصله  $[0,1]$  انتخاب شده و یا با  $P(\Delta E)$  مقایسه می‌گردد. اگر عدد به دست آمده کمتر از  $P(\Delta E)$  باشد، ساختار جدید پذیرفته شده و جهت شروع مرحله بعد استفاده می‌گردد. در غیر این صورت ساختار جدید رد می‌شود. این فرایند ادامه پیدا می‌کند تا این که به یک سطح تعادل دست پیدا کند، در آن حالت درجه حرارت مطابق با نحوه تبرید، کاهش داده می‌شود. این فرایند ادامه پیدا می‌کند تا این که سیستم به حالت جامد تبدیل شود. در هر درجه حرارت، باید فریند نحوه تبرید به گونه‌ای باشد که جهت رسیدن به یک شرط تعادل، به تعداد کافی تعویض انجام شود.

الگوریتم SA و سایر الگوریتم‌های ابتکاری، با یک جواب اولیه که به طور ابتکاری ایجاد می‌شود شروع به کار می‌کنند. سپس یک جواب همسایگی که بهبود در تابع هدف ایجاد نماید انتخاب می‌شود و تا تعداد تکرارهایی که دیگر بهبودی در تابع هدف حاصل ایجاد نشود ادامه می‌یابد.

معمولاً الگوریتم‌های بهبود دهنده، که با یک جواب اولیه شروع شده و در طی مراحل بهبود داده می‌شوند، ممکن است بعد از چند تکرار در نقطه بهینه محلی قرار بگیرند، که گاهی اوقات نیز از ناحیه جواب نهایی خیلی دور است. فرق الگوریتم تبرید تدریجی با الگوریتم‌های بهینه‌سازی محلی در این است، که در الگوریتم بهینه‌سازی محلی، یک جواب در همسایگی جواب قبلی ایجاد می‌شود، اگر تابع هدف به واسطه جواب جدید بهتر شود، جواب جدید قبول شده و در غیر اینصورت جواب جدید رد می‌گردد. این عمل ممکن است منجر به قرار گرفتن در نقطه بهینه محلی شده و دیگر نتواند از آن خارج شود. درحالی که در روش تبرید تدریجی شبیه‌سازی شده، از توقف در ناحیه بهینه محلی اجتناب کرده و به طور گذرا از آن رد می‌شود. این حالت با پذیرفتن احتمالی

جواب‌های بد انجام می‌شود، تا از نقطه بهینه محلی خارج شود. این احتمال برابر است با:  $(e^{-\frac{df}{T}})$

T: درجه حرارت

df: میزان تغییر در تابع هدف

اگر این احتمال از یک عدد تصادفی یکنواخت بین  $[0,1]$  بیشتر باشد، جواب نامناسب هم پذیرفته می‌شود. به صورت تئوری کورست، آرتیس [۲۸] اثبات کرده اند که الگوریتم شبیه‌سازی تبرید تدریجی، به سمت جواب بهینه، همگرایی دارد.

فرم کلی الگوریتم به صورت زیر است:

در این الگوریتم، حلقه خارجی فرآیند انجماد که درجه حرارت را کاهش می‌دهد و حلقه داخلی روند رسیدن به تعادل در هر درجه حرارت را بیان می‌کند. یعنی تعداد تعویض‌های همسایگی را که باید در یک درجه حرارت انجام شود، مشخص می‌نماید.

جواب اولیه  $I$  را از مجموعه جواب‌های امکان‌پذیر انتخاب کنید.  $i \in S$

درجه حرارت اولیه  $T_0$  را انتخاب کنید.  $T_0 > 0$

فرایند کاهش درجه حرارت را انتخاب کنید.

تابع مربوط به تعداد تعویض‌ها در هر درجه را انتخاب کنید.

شمارنده مربوط به تغییر درجه حرارت را مساوی صفر قرار دهید.  $t=0$   
حلقه زیر را تکرار کنید. (فرایند انجماد)

شمارنده مربوط به تعداد تعویض‌ها، در هر درجه حرارت را مساوی صفر قرار دهید.  $n=0$

حلقه زیر را تکرار کنید. فرایند برقراری تعادل (در هر درجه حرارت)  
جواب  $J$  را در همسایگی جواب  $I$  ایجاد کنید.

مقدار  $df=f(j)-f(i)$  را محاسبه کنید.

اگر  $df < 0$ ، جواب را بپذیرید.  $i=j$

در غیر این صورت، عدد تصادفی بین صفر و یک انتخاب کنید.  $x \in u(0,1)$

اگر  $x < e^{\left(\frac{-df}{T}\right)}$  باشد، آن گاه  $i=j$

$$n=n+1$$

تا برقراری رابطه  $n=N(t)$  حلقه را تکرار کنید.

$$t=t+1$$

درجه حرارت جدید را محاسبه نمایید.  $T=T(t)$

تا برقراری شرط توقف، حلقه را تکرار کنید.

کیفیت جواب‌های الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده نسبت به پارامترهای کنترلی حساسیت بالایی دارد و تعیین پارامترهایی که جواب‌های خوب را ایجاد نماید، مشکل می‌باشد.

## ۹ بیان مساله و تشریح مساله پیکره‌بندی زنجیره عرضه

با توجه به این که در حال حاضر در دنیای واقعی امروز رقابت بین‌سازمانی به رقابت بین زنجیره‌های عرضه مبدل گشته است، یکی از دغدغه‌هایی که در بین مدیران سازمان‌های تولیدی بیش از پیش حاد گردیده است، مساله موجودی و هزینه‌های مربوط به آن در زنجیره عرضه است. از عوامل موثر در خصوص هزینه‌های موجودی در زنجیره عرضه، نحوه پیکره‌بندی زنجیره است که مطابق با این پیکره‌بندی در هر گره از زنجیره عرضه مشخص می‌گردد که سازمان نیازهای خود را می‌بایست از کدام شرکت تامین نماید. این نیاز براساس خصوصیات ایستگاه که کدام یک از عناصر زنجیره عرضه می‌باشد، می‌تواند شرکت‌های تامین کننده مواد اولیه، قطعات نیمه‌ساخته، پیمانکاران تولیدی، شرکت‌های حمل و نقل و توزیع کننده و غیره باشند. در این خصوص گریوز و همکارانش مدلی را بر اساس سیستم‌های چندمرحله‌ای و برنامه‌ریزی پویا، در جهت یافتن بهترین محل نگهداری موجودی اطمینان در زنجیره عرضه ابداع و توسعه داده‌اند به طوری که تقاضا در گره‌های تقاضا به طور ۱۰۰٪ برآورده شده و هزینه موجودی در زنجیره نیز کمینه می‌شود. در این مدل تعیین می‌گردد که کدام گره‌نمی‌بایست موجودی اطمینان داشته باشند.

با عنایت به نقش تکنولوژی اطلاعات و اینترنت بر نحوه ارتباط سازمان با شرکایش، تعداد تامین کننده‌های سازمان به نحو چشمگیری افزایش یافته و از سطح محلی و منطقه‌ای به سطح جهانی مبدل گردیده است. در نتیجه سازمان‌ها دیگر به چند تامین کننده متکی نمی‌باشند و قادرند نیازهای خود را از میان تعداد زیادی پیشنهاد انتخاب نمایند. لذا بایستی این انتخاب‌ها به نحو احسن برگزیده شوند تا بهترین پیکره‌بندی زنجیره عرضه حاصل گردد. در این مساله بهترین پیکره‌بندی زنجیره عرضه با توجه به کمینه نمودن هزینه موجودی به دست خواهد آمد. با توجه به ساختار مساله، مهم‌ترین ورودی‌ها، میزان هزینه و زمان انتظار هر گره می‌باشد. در این محیط می‌توان در خصوص تامین، ساخت، توزیع و کلیه عناصر انتخابی زنجیره عرضه به برگزاری مناقصات مبادرت ورزید و به واسطه آن تعداد زیادی حالت‌های مختلف به دست آورد که انتخاب هر کدام منجر به ایجاد جوابی جدید در الگوریتم پیشنهادی شیه‌سازی تبریدی خواهد شد.

با استفاده از این الگوریتم، پیکره‌بندی زنجیره عرضه مشخص و راه‌حلی نزدیک به بهینه بدست خواهد آمد.

### ۱۰ تعیین پارامترهای الگوریتم

روش شیه‌سازی تبرید تدریجی به دفعات در مسایل بهینه‌سازی استفاده شده است. این روش، جزو روش‌های بهبود دهنده‌ای است که به وسیله آن می‌توان از نقاط بهینه محلی خارج شد، که این کار به دلیل پذیرش جواب‌هایی که باعث بدتر شدن تابع هدف می‌شود، صورت می‌گیرد. اگر چه روش شیه‌سازی تبرید تدریجی توانایی زیادی در جواب‌های خوب دارد، لیکن این روش نسبت به پارامترها حساس بوده و تا حدود زیادی زمان برمی‌باشد. عملکرد و زمان محاسباتی این روش به نحو قابل توجهی به نحوه فرایند تبرید و تعیین پارامترها جهت انجام آن بستگی دارد. تعیین پارامترها دارای الگوی مشخصی نمی‌باشد و در حقیقت انتخاب و تنظیم پارامترها، خود هنر به کارگیرنده روش می‌باشد. موارد زیر در نحوه تعیین پارامترهای کنترل شیه‌سازی تبریدی دخیل می‌باشند:

- نحوه تولید فضای همسایگی
- درجه حرارت اولیه
- نحوه تغییر درجه حرارت
- شرط تعادل
- شرط توقف

### ۱۰-۱ نمایش جواب

به منظور نمایش جواب، رشته‌ای عددی که دارای مقادیر عدد صحیح می‌باشد، به کار گرفته می‌شود. مقادیری که به این رشته عددی اختصاص داده می‌شود، نشان‌دهنده انتخابی است که در هر گره به کار رفته است. به طور مثال، اگر ۱۰ گره وجود داشته باشد، (۳ و ۲ و ۴ و ۲ و ۱ و ۶ و ۵ و ۲ و ۳ و ۱) این جواب نشان‌دهنده این است که گره ۱ از انتخاب ۱، گره ۲ از انتخاب ۳، گره ۳ از انتخاب ۲، گره ۴ از انتخاب ۵ و ... استفاده می‌نمایند.



### ۱۰-۲ انتخاب جواب اولیه

از آنجایی که تمامی جواب‌ها در این مساله امکان‌پذیر می‌باشند، می‌توان به صورت تصادفی جواب اولیه را انتخاب نمود. بدین ترتیب که برای هر گره یک عدد تصادفی بین صفر و یک، انتخاب می‌شود. اگر در گره مورد نظر، دارای  $n$  انتخاب باشیم، ابتدا  $1/n$  را محاسبه و سپس بررسی می‌گردد که عدد تصادفی گره در کدام یک از بازه‌های زیر قرار می‌گیرد:

$$\begin{aligned} & (0, 1/n] \\ & (1/n, 2/n] \\ & (2/n, 3/n] \\ & \dots \\ & ((n-1/n, 1] \end{aligned}$$

بدین ترتیب برای هر گره گزینه‌ای که می‌تواند تامین‌کننده، نحوه تولید، و یا نحوه توزیع و فروش باشد، انتخاب گردیده و جواب اولیه به دست می‌آید.

### ۱۰-۳ مکانیزم تولید جواب همسایگی

یکی از موارد مهم در متد شبیه‌سازی تبرید تدریجی، نحوه تولید جواب همسایگی می‌باشد. این جواب می‌بایست دارای دو خصصیت مهم ذیل باشد:

- به صورت تصادفی انتخاب شود.
- به نحوی از روی جواب قبلی، به دست آید.

لذا به روش مشابه با آن چه که جواب اولیه به دست آمد، جواب همسایگی نیز تولید می‌گردد تا پیکره‌بندی جدیدی از زنجیره عرضه به دست آید.

بدین منظور ابتدا عدد تصادفی برای هر گره انتخاب، سپس عدد به دست آمده در شماره انتخاب قبلی به دست آمده، ضرب می‌گردد. از آنجایی که ممکن است عدد به دست آمده از یک بزرگتر باشد، لذا تنها قسمت اعشاری آن انتخاب می‌شود. عدد حاصله، عددی تصادفی است که با توجه به جواب قبلی به دست آمده است و همانند انتخاب جواب اولیه بررسی می‌گردد که عدد تصادفی در کدام بازه قرار گیرد.

### ۱۰-۴ درجه حرارت اولیه

تعداد تکرارها در طول فرایند تبرید به طور نسبی به درجه حرارت اولیه بستگی دارد. در این راستا، آزمایشاتی قبل از شروع فرایند تبرید، انجام می‌پذیرد. در این آزمایشات، تعدادی جواب در همسایگی جواب اولیه بدون در نظر گرفتن تغییرات حاصل در تابع هدف ایجاد و جواب اولیه را برابر میزان ماکزیمم تغییرات رخ داده، قرار داده می‌شود.

ذیلاً الگوریتم پیشنهادی که در آن شروط تعادل و توقف لازمه لحاظ شده اند، ارایه می‌گردد:

۱. مقدار دهی اولیه متغیرها:  $T=A_1$ ,  $Total=0$ ,  $Accept=0$ ,  $Count=0$ ,  $T_0=A_2$ .
۲. یک نقطه از فضای مسأله را انتخاب کن و در  $S$  و  $G$  بگذار و  $F(S)$  و  $F(G)$  را محاسبه کن.
۳. اگر  $Count=A_3$ , یا  $T < T_0$  به گام ۱۶ برو، در غیر اینصورت به گام ۴ برو.
۴. نقطه  $S_1$  را از روی نقطه  $S$  بساز و  $F(S_1)$  و  $DS$  را محاسبه کن.
۵. اگر چنین باشد به گام ۶ برو و در غیر این صورت به گام ۹ برو.
۶. مقدارهای  $S_1$ ,  $F(S_1)$  را در  $S$  و  $F(S)$  قرار بده و  $D_g$  را محاسبه کن و  $Accept=Accept+1$ .
۷. اگر  $D_g < 0$  است به گام ۸ برو و در غیر اینصورت به گام ۱۱ برو.
۸. مقادیر  $S_1$ ,  $F(S_1)$  و  $0$  را در  $G$ ,  $F(G)$  و  $Count$  قرار بده و به گام ۱۱ برو.
۹. اگر  $u < e^{\left(\frac{-Ds}{T_i}\right)}$  باشد، به گام ۱۰ برو و در غیر اینصورت به گام ۱۱ برو.
۱۰. مقدارهای  $S_1$  و  $F(S_1)$  را در  $S$  و  $F(S)$  قرار بده و  $Accept = Accept+1$ .
۱۱.  $Total = Total+1$ .
۱۲. اگر  $(Total > A_4)$  یا  $(Accept > A_5)$  باشد به گام ۱۳ برو و در غیر این صورت به گام ۴ برو.
۱۳.  $Percent = (Accept/Total) \times 100 < 100$  باشد به گام ۱۴ برو در غیر این صورت به گام ۴ برو.
۱۴.  $Count = Count+1$ .
۱۵.  $T = GAM.T$ ,  $Total = 0$  و  $Accept=0$  قرار بده و به گام ۳ برو.
۱۶.  $G$  نقطه مورد نظر می باشد.

۱۷. پایان

مقادیر  $A_1$  تا  $A_4$ ،  $Percent$  و  $GAM$  متغیرهای مسأله هستند که با توجه به هر مسأله توسط کاربر تعیین می گردند. از آن جایی که خصوصیات هر مسأله متفاوت می باشد می بایست چندین بار مسأله تا چندین مرحله، به طور آزمایشی حل گردد، تا پارامترهای کنترلی فوق تعیین گردند. به لحاظ وقت گیر بودن این مراحل انجام محاسبات فوق با برنامه کامپیوتری نوشته شده حل شده است.

$S_1$ ,  $S$  و  $G$  نفاطی از مسأله می باشند که بررسی شده اند. همواره بهترین جواب در  $G$  نگهداری می شود. نقطه قبول شده در  $S$  قرار می گیرد و نقطه جدید که مورد سنجش قرار می گیرد در  $S_1$  گذشته می شود.  $F(G)$  و  $F(S_1)$ ,  $F(S)$  مقدار تابع هدف در نقاط  $G$  و  $S_1$  و  $S$  می باشد. مقدار  $u$  در گام ۹ یک عدد تصادفی یکنواخت پیوسته بین  $(0,1)$  می باشد. متغیر  $DS$  مقدار نمو تابع در نقطه جدید نسبت به نقطه قبلی را نشان می دهد.

$$DS = F(S_1) - F(S)$$

$T_0$  دمای انجماد می باشد. هر گاه مقدار دما در الگوریتم از این مقدار کمتر گردد، الگوریتم متوقف می گردد.  $GAM$  ضریب تغییر دما می باشد. ضریبی که هر دفعه در مقدار دما ضرب می شود دما را کاهش می دهد.  $T$  و

T0 و GAM بر روند الگوریتم اثر دارند. با تغییر آن ها سرد شدن، احتمال پذیرش جواب بد و انعطاف پذیری مسأله تغییر می نماید.

Total تعداد کل نقاط بررسی شده در یک دمای معین را می شمارد.

Accept تعداد کل نقاط پذیرفته شده در یک دمای معین را می شمارد.

Count تعداد مراحل را که در آن ها  $\text{Accept/Total} < \text{Percent}$  است را می شمارد. Count را اصطلاحاً شمارنده سرد شدن می نامند.

چهار متغیر Percent, Count, Accept و Total متغیرهای محدود کننده الگوریتم نامیده می شوند.

### ۱۰-۵ خصوصیات الگوریتم

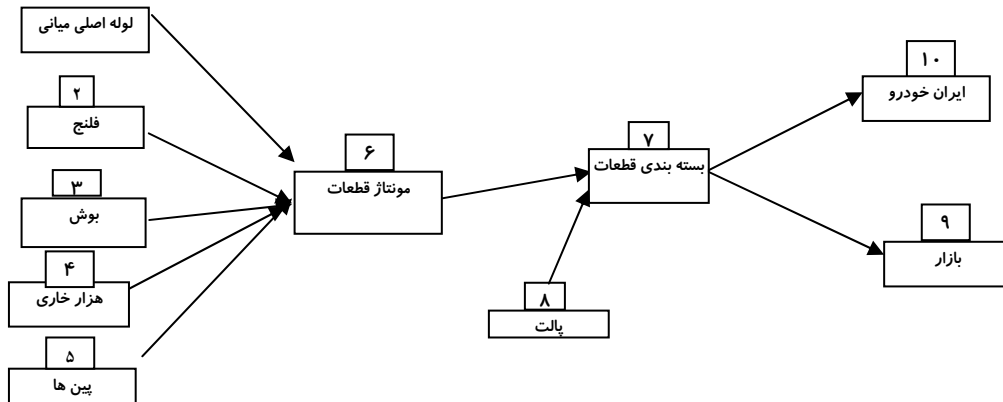
هنگام حل مسأله بهترین نقطه نگهداری می گردد و جواب نهایی الگوریتم مقدار تابع هدف در این نقطه می باشد. در الگوریتم شرطی پیش بینی شده است (گام ۱۳) که اگر نسبت تعداد نقاط پذیرفته شده به کل نقاط بررسی شده در یک دمای خاص از مقدار Percent کمتر باشد، دما کاهش می یابد. با کاهش دما احتمال پذیرش جواب بد کم می گردد.

### ۱۱ به کارگیری الگوریتم در حل یک مسأله واقعی و دلایل انتخاب این مسایل

به منظور بررسی عملکرد الگوریتم ارایه شده، لازم است الگوریتم در شرکت های تولیدی که در سطح جهانی فعالیت می نمایند و به منظور کارا تر نمودن سیستم مدیریت زنجیره عرضه خود تکنولوژی اطلاعات را به کار گرفته اند، و به واسطه آن از تعداد زیادی شرکت های دیگر در برآورده نمودن نیازهای زنجیره عرضه خود بهره می برند، استفاده نمود. سپس نتایج حاصله از الگوریتم، با میزان واقعی بدون استفاده از این روش مقایسه گردد. از آن جایی که در حال حاضر دسترسی به چنین سازمانی وجود ندارد، از شرکت ایران خودرو استفاده می گردد. شرکت ایران خودرو با ایجاد یک شبکه اکسترانت، در این زمینه نسبت به سایر سازمان ها در به کارگیری تکنولوژی اطلاعات جلوتر است. هر چند شبکه مورد استفاده آن ها هنوز دارای کاستی های فراوانی است و هنوز به طور کامل به کار گرفته نشده است. یکی از عمده ترین مزایای چنین شبکه ای، ارتباط با تمامی سازنده ها در سراسر کشور و برآورده نمودن نیاز های اطلاعاتی آن ها می باشد. ارتباط شبکه از طریق تلفن صورت می گیرد. با توجه به پراکندگی جغرافیایی سازنده ها و کیفیت خطوط تلفن و مشکلات اتصال به شبکه، استقبال چندانی از سوی سازنده ها در به کارگیری این سیستم بعمل نیامده است. از طرفی وجود محدودیت و در دسترس نبودن اطلاعات کافی به منظور تست موفقیت الگوریتم، زنجیره عرضه یک محصول از این سازمان انتخاب گردید. در یکی از آن ها، زنجیره عرضه یکی از محصولات شرکت تولیدی صنعتی ابزاران به نام میل گاردان پژو RD انتخاب شده است. در شکل ۱ شبکه زنجیره عرضه میل گاردان پژو RD نشان داده شده است. در این شبکه، ۵ گروه اول قطعات و مجموعه هایی می باشند که با هزینه و زمان تحویل متفاوت تهیه می گردد.

زراع مهرزادی و بهارن، با کسب‌وکارهای فوق‌العاده - شیوه‌سازی تدریجی برای حل مسائل زنجیره تامین

مواد و قطعات تهیه شده در ۵ گره ابتدایی، در گره ۶ مونتاژ می‌شوند. گره ۸، ایستگاه تهیه پالت مخصوص بسته‌بندی محصول می‌باشد. در گره ۷ عملیات بسته‌بندی صورت می‌گیرد. گره‌های ۹ و ۱۰ گره‌های تقاضا می‌باشد که گره ۹ بازار و گره ۱۰ ایران خودرو می‌باشد. مطالب ارائه شده برای یک جریان محموله هزار عددی می‌باشد.



شکل ۱. شبکه زنجیره عرضه میل گاردان پژو RD شرکت تولیدی صنعتی ابزاران

جدول ۳. اطلاعات مربوط به ایستگاه‌ها

نام قطعه	انتخاب‌ها	هزینه (هزار ریال)	زمان انتظار (روز)
لوله اصلی بیرونی میل گاردان	۱	۱۴۹۵۰۰	۳
	۲	۱۳۶۸۵۰	۵
	۳	۱۲۴۲۰۰	۷
	۴	۱۱۰۴۰۰	۱۰
لوله درونی میل گاردان	۱	۸۰۵	۱۵
	۲	۷۳۶	۲۵
	۳	۶۹۰	۳۵
	۴	۴۶۰	۴۵
فلنج	۱	۱۶۷۹	۱۵
	۲	۱۵۹۸	۳۰
	۳	۱۴۹۵	۴۵
هزار خاری	۱	۲۰۰۰	۱۵
	۲	۱۹۰۰	۳۰
پین‌ها	۱	۱۷۲۵	۴۵
	۲	۴۶۰	۲۰
نوتناژ	۱	۳۴۵	۳۵
	۲	۴۸۰۰	۳
بسته بندی	۱	۱۱۵۰	۱
	۲	۲۳۰۰	۸
خرید جعبه جهت بسته بندی	۱	۲۱۰۰	۵
	۲	۱۹۵۰	۷
حمل به ایران خودرو	۱	۲۳۰۰	۱
	۲	۴۶۰	۲
ارایه به بازار	۱	۲۳۰۰	۱
	۲	۴۶۰	۲

مطابق با الگوریتم یک جواب اولیه ایجاد می‌نمائیم:

۱۰ عدد تصادفی مورد نیاز بدین صورت هستند: (۰/۲۲ و ۰/۱۲ و ۰/۵۵ و ۰/۴۸ و ۰/۳۷ و ۰/۵۷ و ۰/۲۲ و ۰/۷۲ و ۰/۳۸ و ۰/۹۲)

این اعداد جواب اولیه زیر را نتیجه می‌دهد: (۱ و ۲ و ۳ و ۱ و ۱ و ۲ و ۲)

که میزان تابع هدف برابر خواهد شد با: ۱۶۴۹۲۳

به منظور تعیین دامای اولیه چند بار جواب‌های مختلف به دست آورده می‌شود و ماکزیمم اختلاف آن‌ها با میزان

تابع هدف در جواب اولیه، در دامای اولیه قرار داده می‌شود.

جدول ۴: تولید جواب‌های اولیه به منظور تعیین دامای اولیه الگوریتم

شماره جواب	جواب	میزان تابع هدف	میزان اختلاف
۱	(۱ و ۲ و ۱ و ۱ و ۲ و ۳ و ۲)	۱۵۳۵۵۸	۱۱۳۶۵
۲	(۲ و ۳ و ۱ و ۲ و ۱ و ۲ و ۴)	۱۲۵۸۲۰	۳۹۱۰۳
۳	(۱ و ۳ و ۱ و ۱ و ۳ و ۲ و ۲)	۱۵۴۱۱۰	۱۰۸۱۳
۴	(۱ و ۲ و ۱ و ۲ و ۱ و ۱ و ۱)	۱۶۶۹۷۹	۲۰۵۶
۵	(۲ و ۲ و ۱ و ۱ و ۲ و ۳ و ۴)	۱۲۵۹۵۸	۳۸۹۶۵
۶	(۱ و ۱ و ۱ و ۳ و ۱ و ۴ و ۴)	۱۲۷۵۷۴	۳۷۳۴۹
۷	(۱ و ۲ و ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۴)	۱۲۷۳۶۵	۳۷۵۵۸
۸	(۲ و ۱ و ۱ و ۳ و ۱ و ۲ و ۳)	۱۳۹۸۱۰	۲۵۱۱۳
۹	(۱ و ۲ و ۱ و ۱ و ۳ و ۲ و ۴)	۱۲۵۹۳۵	۳۸۹۸۸
۱۰	(۲ و ۲ و ۱ و ۱ و ۳ و ۲ و ۳)	۱۳۹۶۱۰	۲۵۳۱۳

از نتایج فوق ماکزیمم اختلاف ۳۹۱۰۳ می‌باشد که این مقدار به عنوان دامای اولیه انتخاب می‌گردد.

پس از چند بار اجرای آزمایشی، A2 دامای انجماد، به میزان ۱۰۰۰ درجه تعیین گردید. A3 که برای کنترل دفعات کاهش دما به کار می‌رود به میزان ۳ انتخاب گردید. این میزان، توسط زمانی که الگوریتم باید اجرا شود تشخیص داده شد به طوری که نه زمان بسیار طولانی صرف انجام محاسبات گردد و نه زمان اندک و در ضمن کیفیت جواب هم از کیفیت قابل قبولی برخوردار باشد. پس از تعیین T و همچنین نقطه انجماد، سایر پارامترهای کنترلی با اجرای متعدد تعیین گردیدند. پس از تنظیم پارامترها، الگوریتم آماده اجرای نهایی می‌باشد، که طی ذیل اجرا می‌شود:

زراع مہرزدی و ہیکاران، باکگری روش فوق! تجاری- شید سازی ترید تدریجی برای کل مسائل زنجیرہ تاسین

جدول ۵. مراحل اجرای الگوریتم

توضیحات	count	قبول	نوع جواب	F	جواب									
				۱۲۵۸۲۰	۴	۲	۲	۳	۱	۱	۱	۲	۲	۲
	۰	بلی	بہتر	۱۲۳۸۸۹	۱	۳	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱
	۰	خیر	بدتر	۱۶۶۶۳۵	۱	۲	۱	۳	۲	۱	۱	۲	۱	۱
	۰	خیر	بدتر	۱۶۶۴۰۳	۱	۴	۲	۱	۲	۱	۱	۳	۱	۱
	۰	خیر	بدتر	۱۳۷۱۹۵	۳	۴	۳	۳	۲	۱	۱	۲	۲	۲
	۰	بلی	بدتر	۱۵۲۵۰۴	۲	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۲
کاهش دما	۱	بلی	بدتر	۱۵۳۷۸۹	۲	۳	۱	۳	۲	۱	۱	۳	۱	۱
	۱	بلی	بدتر	۱۶۲۵۲۰	۱	۴	۳	۲	۲	۱	۱	۳	۲	۲
	۱	بلی	بدتر	۱۶۴۷۶۵	۱	۳	۳	۳	۲	۱	۱	۱	۱	۲
	۱	بلی	بدتر	۱۳۷۹۱۸	۳	۳	۲	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲
	۱	خیر	بہتر	۱۶۴۵۱۸	۱	۳	۲	۳	۲	۱	۱	۳	۲	۱
	۱	بلی	بدتر	۱۲۵۹۰۴	۴	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۳	۱	۲
کاهش دما	۲	بلی	بہتر	۱۵۲۴۶۰	۲	۲	۱	۳	۱	۱	۱	۱	۲	۱
	۲	بلی	بدتر	۱۲۵۷۲۹	۴	۱	۳	۱	۱	۱	۱	۳	۱	۲
	۲	بلی	بہتر	۱۲۵۶۰۵	۴	۱	۳	۲	۲	۱	۱	۳	۱	۲
	۲	بلی	بہتر	۱۵۲۱۷۹	۲	۲	۲	۳	۱	۱	۱	۲	۲	۱
	۲	بلی	بدتر	۱۳۹۶۴۹	۳	۳	۱	۳	۲	۱	۱	۱	۲	۱
	۲	بلی	بہتر	۱۵۲۰۹۰	۲	۳	۳	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۱
	۲	بلی	بدتر	۱۶۴۷۴۰	۱	۳	۳	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۱
	۲	بلی	بدتر	۱۲۷۶۹۵	۴	۳	۳	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱
	۲	بلی	بہترین	۱۲۳۸۸۹	۴	۲	۲	۳	۱	۱	۱	۲	۲	۲
	۲	بلی	بہتر	۱۳۹۴۲۸	۳	۴	۲	۲	۱	۱	۱	۲	۱	۲
	۲	بلی	بدتر	۱۴۱۶۱۰	۳	۲	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۱
	۲	بلی	بدتر	۱۲۳۹۹۵	۴	۲	۱	۲	۱	۱	۱	۳	۲	۲
	۲	بلی	بہتر	۱۳۷۱۴۸	۳	۴	۲	۳	۲	۱	۱	۳	۲	۲
	۲	بلی	بدتر	۱۳۹۴۲۶	۳	۲	۳	۳	۱	۱	۱	۲	۱	۲
	۲	بلی	بدتر	۱۳۹۵۸۰	۳	۳	۳	۳	۱	۱	۱	۱	۲	۱
	۲	بلی	بدتر	۱۶۶۴۰۵	۱	۳	۳	۳	۲	۱	۱	۳	۲	۲
کاهش دما	۲	خیر	بدتر	۱۶۲۵۷۵	۱	۳	۳	۳	۲	۱	۱	۳	۲	۲
پایان الگوریتم	۳	خیر	بدتر	۱۶۲۵۷۵	۱	۳	۳	۳	۲	۱	۱	۳	۲	۲

بعد از حل مسالہ بہ وسیلہ برنامه بہترین جواب نقطہ (۲،۱،۲،۱،۱،۱،۱،۱،۱،۱،۱،۱،۱،۱،۱،۱) می باشد کہ میزان ہزینہ موجودی آن ۱۲۳۸۸۹ می شود.

## ۱۲ نتیجه گیری و پیشنهادات

پس از بررسی مسایل پیکره‌بندی زنجیره عرضه، الگوریتمی بر مبنای روش ابداع شده گریوز و همکارانش توسعه داده شده، که با رویکرد کمینه نمودن هزینه‌های موجودی، بتواند زنجیره عرضه را با وجود انتخاب متعدد در هر گره، ضمن برآوردن تقاضا به صورت ۱۰۰٪ (در گره‌های تقاضا)، پیکره‌بندی نماید. سپس به منظور ارزیابی الگوریتم، مساله‌ای واقعی انتخاب و حل گردید. مساله مورد نظر، مساله زنجیره عرضه میل گاردان پژو RD شرکت تولیدی صنعتی ابزاران می‌باشد.

### ۱۲-۱ محدودیت‌ها و نقاط ضعف الگوریتم پیشنهادی

انتخاب گزینه‌های مختلف در پیکره‌بندی زنجیره عرضه، تحت تاثیر فاکتورهای متعددی می‌باشد. آن چه که روش پیشنهادی در این مطالعه، به عنوان عامل تصمیم‌گیری برای سازمان‌های تولیدی، مدنظر قرار گرفته است، میزان هزینه موجودی در زنجیره عرضه می‌باشد. لیکن در دنیای واقعی معیارهایی از قبیل کیفیت، میزان بدقولی تامین‌کنندگان، نحوه پرداخت به عوامل تامین و ... نیز در تصمیمات مدیران دخیل هستند و لذا تنها با تکیه بر هزینه موجودی نمی‌توان پیکره‌بندی بهینه را که در کل، به سود سازمان باشد را به دست آورد. نقطه ضعف دیگری که روش پیشنهادی همانند سایر الگوریتم‌های مبتنی بر روش فوق ابتکاری دارد، آن است که در شبیه‌سازی تبرید تدریجی، دقت زیاد در تنظیم پارامترهای کنترلی بسیار مهم است و بدین منظور قبل از حل نهایی مسایل می‌بایست چندین بار به طور آزمایشی حل شوند تا با تنظیم پارامترهای کنترلی نتایج مطلوب حاصل شوند. تنظیم اشتباه این پارامترها، باعث می‌شود که یا سرعت الگوریتم در محاسبه، بسیار کند گردیده و حل آن طولانی گردد، و یا با سرعت زیادی مساله را حل نموده و موجب تحویل جواب‌های دور از بهینه گردد.

### ۱۲-۲ مطالعات آتی

تحقیق پیش‌رو، براساس در نظر گرفتن هزینه‌های موجودی اطمینان و موجودی در گردش بنا نهاده شده است، درحالی‌که علاوه بر مساله هزینه موجودی، فاکتورهای دیگری از قبیل کیفیت، بدقولی، و غیره نیز در انتخاب پیمانکاران، تامین‌کنندگان و توزیع‌کنندگان نیز دخیل می‌باشد. بر مبنای این مدل می‌توان مدل‌های تصمیم‌گیری دیگری را بسط داد تا بتوان معیارهای دیگری را که در این خصوص مدنظر مدیران سازمان‌های تولیدی می‌باشند را در نظر گرفت.

همچنین در الگوریتم به دست آمده، پیکره‌بندی به صورتی انجام می‌گردد که انجام عملیات تامین از تامین‌کننده صورت می‌گیرد و این به عنوان یک نقطه ضعف به شمار می‌رود. ممکن است سازمانی نیازهای آتی خود را از یک تامین‌کننده و نیازهای عادی خود را از تامین‌کننده‌ای دیگر تهیه کند. بدین معنی که از مخلوط به کارگیری دو تامین‌کننده، سازمان متحمل هزینه کمتری شود. بنابراین فرصتی که وجود دارد به کارگیری دو یا چندین تامین‌کننده برای حداقل نمودن هزینه‌ها می‌باشد.

## منابع

- [۱] تیموری، ابراهیم، ارایه مدل هایی برای سیستم مدیریت زنجیره عرضه، پایان نامه دکترای مهندسی صنایع؛ دانشگاه علم و صنعت ایران، اسفند ۱۳۷۸.
- [۲] تیموری، ابراهیم، مقدمه‌ای بر مدیریت زنجیره عرضه، دانشگاه علم و صنعت ایران، اسفند ۱۳۷۸.
- [3] Palovich, Busygin., <http://www.busygin.dp.ua/npc.html>, Jun 2002.
- [4] Graves, S. C., Willems, S. P., (2000). Optimizing Strategic Stock Placement in Supply Chains. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2(1), 68-83.
- [5] Graves, S.C., Willems, S.P., (2001). Optimizing the Supply Chain Configuration for New Products. MIT, Sloan Business of Management, University of Cincinnati, QAOM Dep.
- [6] Lummers, R., Vokurka J., (1999). Defining supply chain management: A historical perspective & practical guidelines. *Industrial Management & Data system*, First Quarter.
- [7] Alvarado, U. Y., Kotzab, H., (2001). Supply Chain Management - The Integration of Logistics in Marketing, *Industrial Marketing Management*. 30(2), 183-196.
- [8] Cavinto, J. L., Managing the demand chain through managing the information flow: capturing Moment of information production and inventory management journal, 1<sup>st</sup> Quarter, 1999.
- [9] Serwer, Andrew, Dell, Michael., (1997). Turn the PC world inside out, *Fortune*.
- [10] Kalakota, Ravi, (1999). *E-Business Roadmap for Success*, Addison Welsey.
- [11] Staid, Paul; Mattheus, A., (2002). The role of technology in manufacturing, Retrieved at: <http://staid.ascet.com>.
- [12] Flott, W., (2001). *Understanding Supply Chain, Total Improvement Management*.
- [13] Porter, Richard., (1998). *Managing the Supply Chain with Internet Based Collaboration*. *Logistics & Supply Chain Journal*.
- [14] Rajan, Suri., (1998). *Quick response manufacturing, a companywide approach to reducing lead time*, Productivity Press.
- [15] Simchi, D., Kaminsky, P., Simchi, E., (2000). *Designing & Managing the Supply Chain*.
- [16] Gattorna, J. L., Walters, D.W., (1998). *Managing the Supply Chain, A Strategic Perspective*, Mac Millan Press.
- [17] Bollou, R. H., (1999). *Basic Business Logistics*, Printice Hall.
- [18] Lander, Thomas L., Cole Michael, H., Walker Bryan, Kirk Randall W., (2000). *The Virtual Warehousing Concept*, *Transportation Research*, 36.
- [19] Landsom, Corey, D., (1999). *The Missing Link Production & Inventory Management Journal*, 2<sup>nd</sup> Quarter.
- [20] Lawrence, F., Barry, (1994). *Closing the Loop*. *Production and Inventory Management Journal*, 1<sup>st</sup> Quarter.
- [21] Ben-Dayam, M., Abdul Rauf, (1994). *Inventory models involving lead times as decision variable*. *Journal of Operation Research Society*.
- [22] Fukuda, (1964). *Optimal Policies for the Inventory Problem with Negotiable Lead time*, *Management Science*, 10(4).
- [23] Kaplan, R. S., (1994). *A Dynamic Inventory Model with Stochastic Lead times*, *Management Science*, 40(5).
- [24] Lan, H. S., Zhao, L. G., (1993). *Optimal Ordering Policies with two Supplier When Lead Time and Demand are Stochastic*, *European Journal of Operation Research*, 68.
- [25] Kwan, Albert, (1999). *The Use of IT to Enhance SCM in the Electronics & Chemical Industry*. *Production and Inventory Management*.
- [26] Lee Haul, Billington Corey, (1992). *Managing Supply Chain Inventory, Pitfall & Opportunities*, *Sloan Management Review*.
- [27] Pegel, Darrick., (1999). *Managing for Optimal Performance through Effective Coordination of Supply Chain*, *Production & Inventory Management Journal*, 1<sup>st</sup> Quarter.
- [28] Aarts, E., Korst, J., *Simulated Annealing and Boltzman Machines, A Stochastic Approach to Combinational Optimization and Neural Computing*.