مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، سال هشتم، شماره ۳ (پیاپی ۳۰)، پائیز ۹۰، ص ص ۲۴-۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

به کارگیری روش فوق ابتکاری- شبیه‌سازی تبرید تدریجی برای حل مسایل زنجیره تامین

یحیی زارع مهرجردی*[1]، شاهین برقی[2]، حجت‌ا... مومنی[2]
[1]دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه یزد، یزد، ایران
[2]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 اعضای زنجیره تأمین را با پیچیدگی خاصی مواجه کرده که آن‌را جزو مسایل سخت قرار داده است. در این گونه مسایل دیگر روش های کلاسیک قدیمی درخصوص 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 سال‌های اخیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار گشته است. در سالیان دور رقابت، فی مابین سازمان ها بود، لیکن در طی سالیان اخیر رقابت بین‌سازمانی، جای خود را به رقابت بین زنجیره‌های عرضه داده است.

*عهده دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: yazm2000@yahoo.com

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 پاسخگوئی به موقع به مشتریان مدلی را توسعه و شکل دادند. در این تحقیق تنها یک پیکره بندی زنجیره عرضه درنظر گرفته شده است[۲-۱].

از آنجایی که تعداد عرضه‌کنندگان، تامین‌کنندگان، 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 تامین‌کننده 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 روش های کلاسیک قدیمی در خصوص پیکره‌بندی زنجیره عرضه کارا نباشند. مثلا 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، آن گاه تعداد جواب‌ها به رقم ۱۰ به توان ۱۰۰ خواهد رسید. مطابق با تحقیقات شارپ پالوویچ [۳] این مسأله جزو مسایل سخت غیر چند جمله ای قرار می‌گیرد. یکی از روش های جستجوی جواب بهینه برای این دست از مسایل روش فوق ابتکاری 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، سازمان ها با افزایش پیچیدگی در فرآیند تولید و تجارت مواجه شده اند. هم اکنون با توسعه رقابت جهانی می بایست 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 قبلا وجود نداشت. همچنین فن آوری سخت افزاری و نرم افزاری پیشرفته، موجب انعطاف پذیری 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 روش های یکپارچه‌تری جهت هدایت عملیات تجاری مورد نیاز است تا بتوان از روش های سنتی که هزینه‌های اجرایی کل سیستم را سرسام‌آور می کند، اجتناب کرد. در راستای

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 می گردد.

در دهه ۶۰ و ۷۰ میلادی، بهبود فرآیندهای داخلی که برای حضور در صحنه رقابت انجام می گرفت 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 پیشرفت های 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 آن ها برای پاسخگوئی به نیاز مشتریان داشت، نمود بیشتری پیدا کرد. این درک، باعث توجه و تمرکز بیشتر بر روی تامین و استراتژی‌های منبع یابی 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[۵-۴].

با پیدایش این تفکر، همه به این باور رسیدند که در جهان به هم پیوسته امروز پاسخگوئی به تقاضای مشتری معمولا تنها سازنده کالا را در بر نمی‌گیرد بلکه کل زنجیره عرضه و سرویس‌های آن ها را به خدمت می‌گیرد و همچنین مدیریت سازمان ایفا کننده نقش کوچکی است و آن چه مهم است مدیریت زنجیره عرضه است و درحقیقت تمام واحدهای بالادستی و پائین‌دستی نقش به سزایی 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 عرضه‌کنندگان 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 ماموریت 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 [۷-۶] 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 عرضه کننده / توزیع کننده / مشتری را بررسی کرده و مشخص کنند با تغییرات در تکنولوژی و روش های مورد استفاده چه پیشرفت‌هایی در سرویس قابل حصول است.

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

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

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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 می‌باشند. این مزیت ها شامل افزایش سرعت دسترسی به بازار، کاهش هزینه‌های 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 می‌فهمند و با همکاری با هم از موقعیت‌ها بهره‌برداری 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 می‌دهند.این سه مولفه 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.

٤ ارکان و مولفه‌های مدیریت عرضه

٤-١ 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 درسفارش خرده فروشان، به نوسانات بیشتر در سفارشات عمده فروشان و آن‌هم به تغییرات زیاد در تولید یک سازنده منتهی می‌شود [۱۲]. مخدوش شدن اطلاعات از یک سوی زنجیره به سوی دیگرآن باعث عدم کارایی‌های غیر قابل جبران و وحشتناک مانند: افزایش بی‌مورد سرمایه‌گذاری در موجودی، سطح ضعیف خدمت به مشتری، از دست دادن درآمد، برنامه‌های اشتباه در خصوص ظرفیت، حمل و نقل های زاید، اشتباه در برنامه‌های زمانبندی تولیدی می گردد. اما قدرت اطلاعاتی سازمان های داخل زنجیره و میزان تبادل اطلاعات صحیحی که اعضای زنجیره با یکدیگر دارند تعیین کننده پویایی‌های سازمانی زنجیره عرضه است که میزان ریسک و قدرت در آن زنجیره را نشان می‌دهد.

٤-٢ مدیریت جریان مواد و موجودی در طول زنجیره عرضه [٥]

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 می‌دهد، اصلی‌ترین هدف مدیریت زنجیره عرضه است. مباحث کلیدی مطرح در مدیریت جریان مواد زنجیره‌های عرضه عبارتند از:

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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

٤-٣ مدیریت روابط در زنجیره عرضه [٥]

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 موفقیت‌آمیز 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 درآن شرکاء از روی تمایل امور اساسی تجاری خویش از جمله اطلاعات، سرمایه و دارائی خود را با اطمینان خاطر به اشتراک می‌گذارند تا دوباره‌کاری‌ها 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 برنامه‌ریزی روی مسایلی چون پیش‌بینی تقاضا، شبیه‌سازی موجودی‌ها، زمانبندی، برنامه‌ریزی تولید، توزیع و حمل و نقل تمرکز دارد. الگوهایی نیز در جهت بالا بردن دقت هریک از بخش‌های 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 برنامه‌ریزی زنجیره عرضه، مدیریت عملیات را در تصمیم‌گیری بهتر کمک می‌نماید. حاصل برنامه‌ریزی 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 داده‌های مورد استفاده، از برنامه‌ریزی منبعی سازمان استفاده می‌نمایند [۱۰]. اگر پروژه‌های زنجیره عرضه و برنامه‌ریزی منابع سازمان، با هم یکپارچه نشوند کارایی زنجیره عرضه پایین خواهد آمد. درحقیقت این دو سیستم در تصمیم‌گیری مکمل یکدیگر هستند.

بخش دوم زنجیره عرضه یعنی فرآیند اجرای زنجیره به فرآیندهای برنامه‌ریزی سفارش، پرکردن ذخایر و فرآیند تولید و توزیع می‌پردازد. از جمله قسمت‌های 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

۵ مدل ها

۵-۱ مدل های زنجیره عرضه [۱۵و۱۴]

سیستم زنجیره عرضه در بردارنده اجزای مختلفی از تأمین کننده مواد اولیه گرفته تا مشتری نهایی می‌باشد. هر یک از اجزاء این سیستم جامع، خود زیرسیستم هایی با ابعاد مختلف می‌باشند. حجم این زیرسیستم ها، بستگی کامل به ابعاد زنجیره عرضه و نیز نقش هر یک از آن ها دارد. در برخی از زنجیره‌ها تمرکز عمده بر سیستم تولید بوده و در برخی دیگر بخش توزیع یا تأمین‌کنندگان 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 شوداز جمله سنتی‌ترین روش ها در این زمینه است. در برنامه‌ریزی خطی، یک مساله با استفاده از روابط ریاضی، مدل سازی می‌شود. در این روش موضوعات دنیای واقعی مطرح نمی‌شود، فقط روابط و تأثیر آن ها بر عملکرد واقعی مدل، بررسی می‌شود. این مدل‌ها جنبه کیفی ندارد و در آن ها همه چیز کمی است. قدرت واقعی برنامه‌ریزی خطی در این است که اگر حداقل یک روش مناسب برای حل آن وجود داشته باشد، معمولا یک راه حل بهینه پیدا خواهد شد. از این نوع برنامه‌ریزی می‌توان در تجزیه و تحلیل تعیین ظرفیت و یا مسایل حمل و نقل استفاده کرد. برنامه‌ریزی عدد صحیح نوعی خاصی از برنامه‌ریزی خطی است که در آن همه متغیرها شکل عدد صحیح می‌باشند. با این که در این نوع برنامه‌ریزی می‌توان مشکلات بزرگ را مدل سازی کرده و راه‌حل مناسبی برای آن ها پیدا کرد اما مسایل واقعی هیچ کدام خطی نیستند. بنابراین برای استفاده مؤثر از قابلیت‌های این برنامه‌ریزی، یک پشتوانه ریاضی قدرتمند مورد نیاز می‌باشد.

۵-۲ مدل‌های شبکه ای(بهینه سازی)

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

۵-۳ مدل‌های شبیه‌سازی

این مدل‌ها برای نمایش موضوعات در جهان واقعی، از موضوعات انتزاعی استفاده می‌کنند. ابتدا از سیستم، یک مدل کاملا مشابه شبیه‌سازی می‌کنند و سپس تغییر پارامترها را بر مساله بررسی می‌کنند. همچنین طرحی را که قرار است اجرا شود، زمان‌بندی می‌نمایند.این روش می‌تواند به سادگی مدل‌های متوسطی بسازد. اما نمی‌تواند

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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

٤-٥ مدل‌های بهینه‌سازی – شبیه‌سازی

این روش ها سعی دارند تا قدرت پیش‌بینی و دقت شبیه‌سازی را با توان کاربردی روش های 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 آن ها در بهینه‌سازی نام برد. در این روش مدل‌های نامناسب می‌توانند به سرعت کاربران را به اشتباه اندازند و سرعت پایینی دارند.

٦ 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 تصمیم گیرندگان سازمان های تولیدی فراهم شود و تجارت الکترونیک، بازار مصرف کنندگان و تجارت بین سازمانی به رقابت بین زنجیره‌های عرضه مبدل گردد. این موضوع باعث پیدایش زنجیره های 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 می گیرد عبارتند از: انتخاب تأمین-کنندگان، پیمانکاران، انتخاب روش حمل و نقل و انتخاب سیستم توزیع.

از آن جایی که هرکدام 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. بعبارتی دیگر موجودی باید بگونه‌ای مدیریت شود که هزینه‌ها حداقل شود و به طور همزمان ضریب اطمینان سیستم تحویل، آسیب نبیند [۱۴].

در عصر کنونی مدیریت موجودی از اهمیت به سزایی 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 سازمان ها 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:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

به منظور سرویس‌دهی 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 می گردد تا مواد با قیمت پایین‌ترتهیه 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 سازمان ها 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 عمدتا سازنده تجهیزات اصلی می‌باشد و نقش یکپارچه‌سازی میان تامین‌کنندگان 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 تممی 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 ونقل بر مبنای سیستم کششی و بر اساس موقعیت لحظه‌ای موجودی و نیازمندی‌های سیستم تعیین می‌شوند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

جدول۲. 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 زمانی‌که اولا ۲ گزینه وجود داشته باشد و ثانیا زمآن های انتظار تحویل با یکدیگر، یک پریود زمانی تفاوت داشته باشند، جواب بهیته را پیدا می‌نماید. لذا این مدل برای وقتی که بیش از ۲ گزینه وجود داشته باشد، کارایی خود را از دست می‌دهد.
کاپلن (Kaplan,1994)	بررسی سیاست‌های بهینه برای یک مساله موجودی پویا، در حالتی‌که زمان انتظار، یک متغیر تصادفی گسسته با توزیع معلوم باشد.	کاپلن، با فرض این که سفارشات، از لحاظ زمانی با هم تداخل ندارند، ساختار سیاست‌های بهینه موجودی را استخراج نمود.	این مدل، حالاتی که چندین گزینه و چندین زمان انتظار وجود داشته باشد را پوشش نمی‌دهد.
سانگ (Song, 1994)	بررسی تاثیر احتمالی بودن زمآن های انتظار بر بهینه‌سازی موجودی در یک مدل موجودی پایه	-	این تحقیق، سیاست‌های بهین موجودی، برای زمانی‌که 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 زمآن های انتظار متفاوت و احتمالی	آن ها با فرض این که نسبت ثابتی برای تقسیم سفارش، بین دو تامین کننده وود دارد، یک روش محاسباتی، برای محاسبه نسبت بهینه، میزان سفارش و نقطه سفارش‌دهی مجدد ارایه دادند.	در صورتی‌که تقسیم سفارش، نسبت ثابی نباشد این مدل جوابگو نخواهد بود.
بن-دایا، راوف (Ben-Dayam, 1994)	بررسی حالتی‌که 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 درنتیجه کاهش موجودی اضافی و موجودی اطمینان می‌گردد.	-

۷ نقش تکنولوژی اطلاعات بر موجودی در زنجیره عرضه

کی وان [۲۵] در سال ۹۹ مطالعه ای درخصوص 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 ۷۰درصد 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

در مدیریت زنجیره عرضه، می‌باشد. عمده نتایج حاصله از این ارتباط عبارتند از: نگرش زمان واقعی از موجودی که به سازمان امکان می دهد 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 سیستم های اطلاعاتی ناکارا مهم‌ترین 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 درخصوص 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 عمدتا محدود بودند. به طور مثال مدلی که فوکودا [۲۲] ارایه داده است، شرایطی را که دو گزینه وجود دارد را درنظر 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. درنتیجه زمان حل این مسایل نیز به طور نمایی افزایش پیدا می‌کند. در سال ۹۹، زنگ، مدلی محاسباتی ارایه کرد که قادر بود از بین چند گزینه، بهترین زمان انتظار تحویل و هزینه را پیدا کند.

زنگ، برمبنای شبکه "و/ یا" یک مدل زنجیره عرضه پویا، بنام مدل تعادلی بین زمان انتظار و هزینه ارایه 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 ارایه 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

سفارش‌دهی نماید که بتواند پاسخگوی تقاضای ایجاد شده باشد و از آن جایی که در سفارش‌دهی هیچگونه تأخیرزمانی وجود ندارد، لذا در هر دوره زمانی، تمامی ایستگاه‌ها از تقاضای مشتری آگاه می‌شوند.
گریوز – ویلیامز [۵-۴] نیز راه‌حل هایی جهت شبکه های مونتاژ و توزیع توسعه داده‌اند.
اگر برای هر گره بیش از یک تأمین کننده و با زمان های انتظار و هزینه‌های متفاوت وجود داشته باشد، روشی برای انتخاب بهترین آلترناتیو با معیار کمینه هزینه موجودی و جود ندارد. با به کارگیری روش های نوین و گسترده ارتباطات در زنجیره‌های عرضه شرکت‌ها را با منابع و روش های بسیار زیادی در عرصه تهیه، تولید، و توزیع قرار می دهد که موجب می شود تعداد انتخاب ها در هر گره به نحو چشمگیری افزایش پیدا کند که کاربرد روش های سنتی تحقیق در عملیات و روش های ریاضی را در حل چنین مسایلی عاجز می نماید.
مدل ویلیامز و گریوز [۵-۴] 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 پیکرده‌بندی آن ها می‌بایست از روش های موثری استفاده نمود. به دلیل ویژگی‌های خاص مساله، این مساله از جمله مسایل سخت غیرچندجمله‌ای به شمار می‌رود. از آن جایی که یکی از روش های موجود در خصوص جستجو نمودن جواب بهینه در خصوص این نوع مسایل روش فوق ابتکاری شبیه‌سازی تبرید تدریجی می‌باشد، لذا مدل ویلیامز و گریوز[۵-۴] با این روش فوق ابتکاری، جهت پیکره بندی زنجیره عرضه در سازمان های تولیدی ترکیب شود.
الگوریتی 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 روش های فوق ابتکاری (Heuristic)

برخی از مهمترین این روش ها که جهت حل مسایل سخت غیر چند جمله ای مورد استفاده قرار می گیرد عبارتند از:روش SA (شبیه سازی تبرید تدریجی)، روش GA (الگوریتم ژنتیک)، روش TS (جستجوی ممنوعه)، روش ACO (الگوریتم مورچگان)
خصوصیات کلی این روش ها:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 زبان های برنامه‌نویسی نوشته می‌شود، قابل کاربرد در مسایل متعدد بوده و تنظیم پارامترهای در این روش ها با استفاده از روش سعی و خطا می‌باشد.

۸-۱ شبیه‌سازی تبرید تدریجی (Simulated Annealing)

واژه انگلیسی Simulated Annealing در لغت به معنای گداخته 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 ارایه 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، کاملا تصادفی صورت می‌گیرد و هیچ ترتیبی برای اینکار درنظر 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 صورتی‌که 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 می گردد.

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 ΔE نمایش می‌دهند. اگر $\Delta E \le 0$ 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

k_b: ثابت بولتزمن

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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

در اینجا یک عدد تصادفی با توزیع یکنواخت در فاصله $[0,1]$ انتخاب شده و یا با $P(\Delta E)$ مقایسه می گردد. اگر عدد به دست آمده کمتر از $P(\Delta E)$ باشد، ساختار جدید پذیرفته شده و جهت شروع مرحله بعد استفاده می گردد. 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 می-کند 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 الگوریتم های ابتکاری، با یک جواب اولیه که به طور ابتکاری ایجاد می شود شروع به کار می کنند. سپس یک جواب همسایگی که بهبود در تابع هدف ایجاد نماید انتخاب می شود و تا تعداد تکرارهایی که دیگر بهبودی در تابع هدف حاصل ایجاد نشود ادامه می یابد.

معمولا الگوریتم های بهبود دهنده، که با یک جواب اولیه شروع شده و در طی مراحلی بهبود داده می‌شوند، ممکن است بعد ار چند تکرار در نقطه بهینه محلی قرار بگیرند، که گاهی اوقات نیز از ناحیه جواب نهایی خیلی دور است. فرق الگوریتم تبرید تدریجی با الگوریتم های بهینه سازی محلی در این است، که در الگوریتم بهینه-سازی 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 می گردد. 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 می شود، 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

اگراین احتمال از یک عدد تصادفی یکنواخت بین[۰،۱] بیشتر باشد، جواب نامناسب هم پذیرفته می شود. به صورت نتوری 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 انجمادکه درجه حرارت را کاهش می‌دهد و حلقه داخلی روند رسیدن به تعادل در هر درجه حرارت را بیان می کند. 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 داردو تعیین پارامترهایی که جواب های 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 دربین مدیران سازمان های 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 هرگره 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 توزیع‌کننده 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 می شود. در این مدل تعیین می‌گردد که کدام گره‌نمی‌بایست موجودی اطمینان داشته باشند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 سازمان ها 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 شبیه‌سازی 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 شبیه‌سازی تبرید تدریجی به دفعات در مسایل بهینه‌سازی استفاده شده است. این روش، جزو روش های 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 شبیه‌سازی تبرید تدریجی توانایی زیادی در جواب‌های خوب دارد، لیکن این روش نسبت به پارامترها حساس بوده و تا حدود زیادی زمان‌برمی‌باشد. 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 شبیه‌سازی 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 کارگرفته 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 ۱و۶ و ۵ و ۲ و ۳ و ۱)=S 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 کدام‌یک از بازه‌های زیر قرار می‌گیرد:

$(0,1/n]$
$(1/n,2/n]$
$(2/n,3/n]$
...,
$((n-1/n,1]$

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.

۱۰-٤ 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 درنظر 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 می گردد:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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=A3، یا $T<T_0$ به گام ۱۶ برو، در غیر اینصورت به گام ۴ برو.
۴. نقطه S1 را از روی نقطه S بساز و F(S1) و DS را محاسبه کن.
۵. اگرچنین باشد به گام ۶ برو و در غیر این صورت به گام ۹ برو.
۶. مقدارهای S1 , F(S1) 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 S1 , F(S1) و 0 را درG، F(G) و Count قرار بده و به گام ۱۱ برو.
۹. اگر $u < e^{\left(\frac{-Ds}{T_1}\right)}$ باشد، به گام ۱۰ برو و در غیر اینصورت به گام ۱۱ برو.
۱۰. مقدار های S1 و F(S1) 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. (Accept/Total) × 100<Percent 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 A1 تا A4، Percent و GAM متغیرهای مسأله هستند که با توجه به هر مسأله توسط کاربر تعیین می‌گردند. از آن جایی که خصوصیات هر مسأله متفاوت می‌باشد می‌بایست چندین بار مسأله تا چندین مرحله، به طور آزمایشی حل گردد، تا پارامترهای کنترلی فوق تعیین گردند. به لحاظ وقت‌گیر بودن این مراحل انجام محاسبات فوق با برنامه کامپیوتری نوشته شده حل شده است.

S، S1 و G نقاطی از مسأله می‌باشند که بررسی شده اند. همواره بهترین جواب در G نگهداری می‌شود. نقطه قبول شده در S قرار می‌گیرد و نقطه جدید که مورد سنجش قرار می‌گیرد در S1 گذشته می‌شود. F(G) و F(S1)، F(S) مقدار تابع هدف در نقاط Gو S1 و S می‌باشد.

مقدار u در گام ۹ یک عدد تصادفی یکنواخت پیوسته بین (0,1) می‌باشد.

متغیر DS مقدار نمو تابع در نقطه جدید نسبت به نقطه قبلی را نشان می‌دهد.

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

T0 دمای انجماد می‌باشد. هرگاه مقدار دما در الگوریتم از این مقدار کمتر گردد، الگوریتم متوقف می‌گردد. GAM ضریب تغییر دما می‌باشد. ضریبی که هر دفعه در مقدار دما ضرب می‌شود دما را کاهش می‌دهد. T و

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

T0 و GAM بر روند الگوریتم اثر دارند. با تغییر آن ها سرد شدن، احتمال پـذیرش جـواب بـد و انعطـاف‌پـذیری مسأله تغییر می‌نماید.

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

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

Count تعـداد مراحلـی را کـه در آن هـا Accept/Total<Percent اسـت را مـی‌شـمارد. Count را اصـطلاحاً شمارنده سرد شدن می‌نامند.

چهار متغیر Percent، Count، Accept و Total متغیرهای محدود کننده الگوریتم نامیده می‌شوند.

۱۰-۵ خصوصیات الگوریتم

هنگام حل مسأله بهترین نقطه نگهداری می‌گردد و جـواب نهـایی الگـوریتم مقـدار تـابع هـدف در ایـن نقطـه می‌باشد. در الگوریتم شرطی پیش‌بینی شده است (گام ۱۳) که اگر نسبت تعداد نقاط پذیرفته شـده بـه کـل نقـاط بررسی شده در یک دمای خاص از مقدار Percent کمتر باشد، دما کاهش می‌یابد. با کاهش دما احتمال پذیرش جواب بد کم می‌گردد.

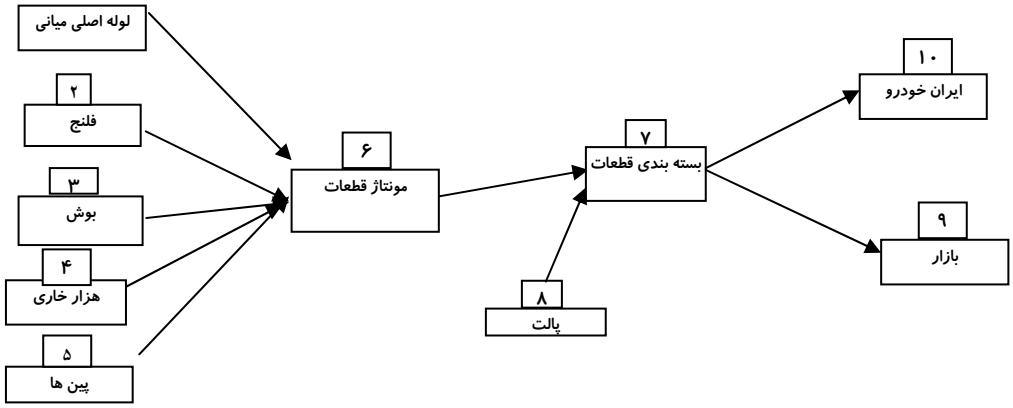
۱۱ به کارگیری الگوریتم در حل یک مسأله واقعی و دلایل انتخاب این مسایل

به منظور بررسی عملکرد الگوریتم ارایه شـده، لازم اسـت الگـوریتم در شـرکت‌هـای تولیـدی کـه در سـطح جهانی فعالیت می‌نمایند و به منظور کاراتر نمودن سیستم مدیریت زنجیره عرضه خود تکنولـوژی اطلاعـات را بـه کار گرفته‌اند، و به واسطه آن از تعداد زیادی شرکت‌های دیگر در برآورده نمودن نیازهـای زنجیـره عرضـه خـود بهره می‌برند، استفاده نمود. سپس نتایج حاصله از الگوریتم، بـا میـزان واقعـی بـدون اسـتفاده از ایـن روش مقایسـه گردد. از آن جایی که در حال حاضر دسترسی به چنین سازمانی وجود نـدارد، از شـرکت ایـران خـودرو اسـتفاده می‌گردد. شرکت ایران خودرو با ایجاد یک شبکه اکسـترانت، در ایـن زمینـه نسـبت بـه سـایر سـازمان هـا در بـه کارگیری تکنولوژی اطلاعات جلوتر است. هر چند شبکه مورد استفاده آن ها هنـوز دارای کاسـتی‌هـای فراوانـی است و هنوز به طور کامل به کار گرفته نشده است. یکی از عمده‌ترین مزایای چنین شبکه ای، ارتبـاط بـا تمـامی سازنده‌ها در سراسر کشور و برآورده نمودن نیاز هـای اطلاعـاتی آن هـا مـی‌باشـد. ارتبـاط شـبکه از طریـق تلفـن صورت می‌گیرد. با توجه به پراکندگی جغرافیایی سازنده‌ها و کیفیت خطوط تلفن و مشکلات اتصـال بـه شـبکه، استقبال چندانی از سوی سازنده‌ها در به کارگیری این سیستم بعمل نیامده اسـت. از طرفـی وجـود محـدویت و در دسترس نبودن اطلاعات کافی به منظور تست موفقیت الگـوریتم، زنجیـره عرضـه یـک محصـول از ایـن سـازمان انتخاب گردید. در یکی از آن ها، زنجیره عرضه یکی از محصولات شرکت تولیدی صنعتی ابـزاران بـه نـام میـل گاردان پژو RD انتخاب شده است. در شکل ۱ شبکه زنجیره عرضه میل گاردان پژو RD نشـان داده شـده اسـت. در این شبکه، ۵ گروه اول قطعات و مجموعه‌هایی می‌باشند که با هزینه و زمان تحویل متفاوت تهیه می‌گردد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

مواد و قطعات تهیه شده در ۵ گره ابتدائی، در گره ۶ مونتاژ می‌شوند. گره ۸ ایستگاه تهیه پالت مخصوص بسته‌بندی محصول می‌باشد. در گره ۷ عملیات بسته‌بندی صورت می گیرد. گره‌های ۹ و ۱۰ گره‌های تقاضا می‌باشد که گره ۹ بازار و گره ۱۰ ایران خودرو می‌باشد.

مطالب ارایه شده برای یک جریان محموله هزار عددی می‌باشد.



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

جدول۳. اطلاعات مربوط به ایستگاه ها

نام قطعه	انتخاب ها	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
	۳	۱۷۲۵	۴۵
پین ها	۱	۴۶۰	۲۰
	۲	۳۴۵	۳۵
نونتاژ	۱	۴۸۰۰	۳
بسته بندی	۱	۱۱۵۰	۱
خرید جعبه جهت بسته بندی	۱	۲۳۰۰	۸
	۲	۲۱۰۰	۵
	۳	۱۹۵۰	۷
حمل به ایران خودرو	۱	۲۳۰۰	۱
	۲	۴۶۰	۲
ارایه به بازار	۱	۲۳۰۰	۱
	۲	۴۶۰	۲

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

مطابق با الگوریتم یک جواب اولیه ایجاد می‌نمائیم:

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

این اعداد جواب اولیه زیر را نتیجه می‌دهد: (۱و۱ و۲و۱و۳و۱و۱و۱و۲و۲)

که میزان تابع هدف برابر خواهد شد با : ۱۶۴۹۲۳

به منظور تعیین دمای اولیه چند بار جواب‌های مختلف به دست آورده می‌شود و ماکزیمم اختلاف آن ها با میزان تابع هدف در جواب اولیه، در دمای اولیه قرار داده می‌شود.

جدول ٤. تولید جواب های اولیه به منظور تعیین دمای اولیه الگوریتم

شماره جواب	جواب	میزان تابع هدف	میزان اختلاف
۱	(۱و۱و۲و۱و۱و۱و۲و۳و۲)	۱۵۳۵۵۸	۱۱۳۶۵
۲	(۱و۲و۳و۱و۱و۲و۱و۱و۲و۴)	۱۲۵۸۲۰	۳۹۱۰۳
۳	(۱و۱و۳و۱و۱و۱و۳و۱و۲)	۱۵۴۱۱۰	۱۰۸۱۳
۴	(۱و۱و۲و۱و۱و۲و۱و۱و۱و۱)	۱۶۶۹۷۹	۲۰۵۶
۵	(۲و۱و۲و۱و۱و۱و۱و۲و۳و۴)	۱۲۵۹۵۸	۳۸۹۶۵
۶	(۱و۱و۱و۱و۱و۱و۳و۱و۴و۴)	۱۲۷۵۷۴	۳۷۳۴۹
۷	(۱و۱و۲و۱و۱و۱و۲و۳و۴و۴)	۱۲۷۳۶۵	۳۷۵۵۸
۸	(۲و۱و۱و۱و۱و۱و۳و۱و۲و۳)	۱۳۹۸۱۰	۲۵۱۱۳
۹	(۱و۲و۳و۱و۱و۱و۱و۱و۲و۴)	۱۲۵۹۳۵	۳۸۹۸۸
۱۰	(۲و۱و۲و۱و۱و۱و۳و۱و۲و۳)	۱۳۹۶۱۰	۲۵۳۱۳

از نتایج فوق ماکزیمم اختلاف ۳۹۱۰۳ می‌باشد که این مقدار به عنوان دمای اولیه انتخاب می گردد.

پس از چند بار اجرای آزمایشی، A2 دمای 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:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

جدول۵. مراحل اجرای الگوریتم

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

بعد از حل مساله به وسیله برنامه بهترین جواب نقطه (۲و۱و۲و۱و۱و۱و۳و۲و۲و۴) می‌باشد که میزان هزینه موجودی آن ۱۲۳۸۸۹ می‌شود.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 سازمان های 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 تحصیل جواب‌های دور از بهینه گردد.

۱۲-۲ مطالعات آتی

تحقیق پیش‌رو، براساس درنظر گرفتن هزینه‌های موجودی اطمینان و موجودی در گردش بنا نهاده شده است، درحالی‌که علاوه‌بر مساله هزینه موجودی، فاکتورهای دیگری از قبیل کیفیت، بدقولی، و غیره نیز در انتخاب پیمانکاران، تامین‌کنندگان و توزیع‌کنندگان نیز دخیل می‌باشد. برمبنای این مدل می‌توان مدل‌های تصمیم‌گیری دیگری را بسط داد تا بتوان معیارهای دیگری را که در این خصوص مد نظر مدیران سازمان های تولیدی می باشند را درنظر گرفت.

همچنین در الگوریتم به دست آمده، پیکره‌بندی به صورتی انجام می‌گردد که انجام عملیات تامین از تامین کننده 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 تامین کننده، سازمان متحمل هزینه کمتری شود. بنابراین فرصتی که وجود دارد به کارگیری دو یا چندین تامین‌کننده برای حداقل نمودن هزینه‌ها می‌باشد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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, Universuty 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, 1st 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, 2nd Quarter.

[20] Lawrence, F., Barry, (1994). Closing the Loop. Production and Inventory Management Journal, 1st 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, 1st Quarter.

[28] Aarts, E., Korst, J., Simulated Annealing and Boltzman Machines, A Stochastic Approach to Combinational Optimization and Neural Computing.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]