فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال چهارم / شماره ۹ / پاییز ۱۳۸۸

توسعه و بهبود مدل‌های کنترل موجودی کالاهای فاسد شدنی در زنجیره تأمین سه سطحی با شرط لجستیک به‌هنگام

عیسی نخعی کمال آبادی[۱]
صلاح الدین قسیمی[۲]
رضا قدسی[۳]

چکیده

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

مدل اول به گونه‌ای طراحی شده است که علاوه بر به حداقل رساندن هزینه‌ها،کل کالاها در زمان مصرفشان به‌دست مشتری می رسند و هیچ‌گونه کالای فاسد شدنی نخواهیم داشت (این مدل برای سیستم‌های ایده‌ال طراحی شده است). مدل دوم طوری طراحی شده است که علاوه بر به حداقل رساندن هزینه ها اگر مقداری از کالاها در زمان مصرفشان به‌دست مشتری نرسند با توجه به اینکه کل کالاهای مدل دارای تاریخ انقضاء می باشند و در نتیجه فاسد می‌شوند ، هزینه این کالاها ی فاسد شده را نیز به تابع هدف، اضافه کرده و آنها را به حداقل می‌رساند(این مدل برای سیستم‌هایی که در حالت واقعی کار می کنند طراحی شده است). مدل سوم برای بهبود مدل دوم طراحی شده است و طوری عمل می کند که علاوه بر به حداقل رساندن هزینه ها ، برای جلو گیری از فاسد شدن کالاها یک مدت زمان کمی قبل از به پایان رسیدن تاریخ مصرف کالاهایی که به‌فروش نرسیده اند، آنها را با تخفیف ویژه به‌فروش رساند تا هزینه ها به حداقل برسند و هزینه های ناشی از مقدار تخفیف داده شده را به تابع هدف اضافه کرده و آنها را نیز به حداقل می رساند.

هر سه مدل ارائه شده جدید می باشند، و برای تأیید صحت عملکرد مدل‌ها از روش‌های حل، ارائه یک الگوریتم ژنتیک وحل کننده CPLEX 10.2 استفاده شده است ، و نتایج حاصله صحت آنها را تأیید می نمایند.

واژه های کلیدی :

زنجیره تأمین ، لجستیک به‌هنگام ، کالاهای فساد پذیر ، الگوریتم ژنتیک.

---

[۱] . دکترای مهندسی صنایع وعضو هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس تهران nakhai_isa@yahoo.com
[۲] . کارشناس ارشد مهندسی صنایع salahzoh@yahoo.com
[۳] . دکترای مهندسی صنایع و عضو هیئت علمی دانشگاه تهران ghodsi@ut.ac.ir

۱- مقدمه

مفاهیم و روش‌های سنتی مدیریت کسب و کار بر بهینه‌سازی فعالیت‌های درون سازمانی متمرکزند، این روش‌ها در بهبود عملکرد کل سیستم کسب و کار با محدودیت مواجه‌اند،جهانی شدن بازارها و به تبع آن افزایش رقابت بین مؤسسات و سازمان‌های مختلف از یک سو و همچنین افزایش توقعات مشتریان برای محصولات و خدماتی با کیفیت بالاتر و هرچه بیشتر سفارشی‌سازی شده و با تنوع بالا در ظاهر و کارکرد از سوی دیگر، باعث شده است که سازمان‌ها برای بقا و دوام، دیگر نتوانند فقط بر مدیریت سازمان خود متکی باشند و بیش از پیش لازم شده است که برای افزایش کارایی خودشان بر زنجیره‌های تأمین متکی باشند. مدیریت زنجیره تأمین راهبرد عملیاتی جهانی در قرن بیست و یکم برای دستیابی به رقابت سازمانی است،با توجه به عدم ثبات بازار رقابتی و تلاش به منظور بقا و حفظ تداوم روند رشد ارائه محصولات و خدمات در کمترین زمان و با پایین ترین قیمت و بالاترین کیفیت ساختمان‌ها ناگزیر به همکاری و بلکه تلفیق با یکدیگر و تشکیل زنجیره تأمین،به منظور افزایش سطح کیفیت ارائه خدمات به مشتری،کاهش هزینه ها،گسترش شبکه توزیع کالا، تسلط بر بازارهای فرامنطقه ای و ... می باشند.از جمله مزایای تشکیل زنجیره تأمین، در نظر گرفتن ارتباط میان بنگاه های اقتصادی مختلف است که به منظور برآورد تقاضای مشتری در تعامل با یکدیگر می‌باشد. در نگرش زنجیره تأمین کم کردن هزینه‌ها و انجام برنامه-ریزی‌های مختلف برای یک بنگاه اقتصادی (تأمین کننده، کارخانه ، عمده فروش و خرده فروش) به تنهایی تاثیر گذار نبوده بلکه لازم است بنگاه های مختلف و تعاملات میان آنها به صورت همزمان در نظر گرفته شود، به بیان دیگر اگر فعالیت سازمان‌های مستقل عضو زنجیره به صورت یکپارچه برنامه ریزی، اجرا و ارزیابی گردد، مرغوبیت محصول و کاهش هزینه ها را به دنبال خواهد داشت. در این راستا، توجه به حوزه هایی چون لجستیک ، فن آوری اطلاعات ، مدیریت استراتژیک، مدیریت ارتباط با مشتری، مدیریت موجودی‌ها و ... به منظور بهینه‌سازی، بهبود کارایی و اثر بخشی مدیریت زنجیره تأمین حائز اهمیت می‌باشد.

۲- مرور ادبیات

به سبب جهانی سازی و افزایش رقابت، توجه فزاینده‌ای به یکپارچه‌سازی زنجیره تأمین شده است و مطالعات مختلفی به بررسی این مطلب پرداخته‌اند. به عنوان نمونه ایرن گک[۴] و همکاران در بخشی از کار خود، تصمیمات موجودی در زنجیره تأمین را مورد بررسی قرار داده و مدل ریاضی کلی با فرضیات زیر در نظر می‌گیرند:۱) سفارشات عقب افتاده جایز نیست.۲) زمان‌های انتظار بین کارخانجات و مراکز توزیع و نیز زمان‌های انتظار بین مراکز توزیع و مشتریان صفر است. در راستای رویکردهای سنتی، در این مدل تصمیمات موجودی گرفته شده به‌وسیله هر مرکز توزیع و هر مشتری با تمرکز روی تعیین مقادیر سفارش با هدف ایجاد توازن بین هزینه‌های نگهداری و سفارش دهی، تعیین می‌گردد[۱۲].

یکی از اولین مدل های مرور پیوسته موجودی در سیستم‌های چند سطحی، توسط شربروک[۵] ارائه شد[۱۳]. در این بررسی تقریب متریک به عنوان روشی مناسب جهت تعیین سطح بهینه موجودی‌ها در یک سیستم دو سطحی معرفی می‌گردد، مدل شربروک توسط مک استادت[۶] درسال ۱۹۷۳ توسعه داده شد[۱۴].

هل[۷] در سال (۱۹۹۷)به بررسی مدل یکپارچه تولید-موجودی برای یک فروشنده یک خریدار پرداخته است[۱۵]. در این مدل یک فروشنده(تولید کننده) انباشت هایی به اندازه Q را در طی n بار ارسال با اندازه‌های به ترتیب $q_1, q_2, \ldots, q_n$ به یک خریدار ارسال می‌کند. اندازه i مین ارسال برابر است با $q_1*\lambda^{i-1}$ که در آن $1\leq\lambda\leq p/D$ می‌باشدبول اپراگادا[۸] و همکاران به بررسی سیستم توزیعی شامل یک دپو و چند انبار پرداخته‌اند که در آن تقاضا به صورت احتمالی و در سطح انبارها ایجاد می‌گردد[۱۶]. در ابتدای هر دوره دپو سفارشی به یک تأمین‌کننده خارج از سیستم ارائه می دهد که سفارش پس از مدت زمان انتظار ثابتی به دپو می‌رسد. سپس دپو

---

[4] -E renguc
[5] -Sherbrooke
[6]-Muckstadt
[7] -Hill
[8] -Bollapragada

سفارشات رسیده را به انبارها ارسال می‌کند. دپو هیچ موجودی نگهداری نمی‌کند. زمان انتظار ثابتی بین دپو و انبارها در نظر گرفته شده است و کمبود به صورت سفارشات عقب افتاده فرض شده است. همچنین انبارها به صورت غیریکسان مورد بررسی قرار گرفته‌اند[۱۵]. گویال[۹] در سال(۲۰۰۰) در کار خود با در نظر گرفتن مدل یکپارچه تولید-موجودی تک فروشنده تک خریدارهل (۱۹۹۷)، روش ساده‌ای برای مقداردهی اندازه‌های ارسالی به‌دست آمده از روش مذکور را ارائه نموده است[۱۷].

هوکیو و گویال[۱۰] در سال(۲۰۰۰) تعیین سیاست بهینه‌ای برای سیستم یکپارچه تولید-موجودی که از یک خریدار و یک فروشنده تشکیل شده است را مورد مطالعه قرار داده‌اند مفروضات زیر در توسعه مدل در نظر گرفته شده است:۱- نرخ تقاضا قطعی و در طی افق زمانی نامحدود، ثابت است.۲-تمام انباشته تولیدی می‌تواند در بسته‌های یکسان و یا غیریکسان منتقل گردد. در هر صورت هزینه ثابتی برای هر بار ارسال محاسبه می گردد.۳-کمبود مجاز نیست.۴-زمان حمل و نقل ناچیز بوده و در نظر گرفته نشده است . ۵-تمامی مقادیر ثابت و قطعی فرض شده‌اند.۶-افق زمانی مورد بررسی نامحدود در نظر گرفته شده است[۱۸]. ویژگی خاص مدل پیشنهادی گویال و هوکیو در بررسی مدل تحت شرط محدود بودن ظرفیت تجهیزات حمل‌ونقل است . گری و گویال[۱۱] مروری بر مقالات مختلفی که توابع گوناگون فاسد شدن کالا را بررسی نموده اند داشته اند برای اولین بار بحث فاسد شدن کالا را وگنر و ویتن[۱۲] مطرح نمودند[۱۹].

مرسا[۱۳] اولین مدل اندازه انباشته تولید اقتصادی را با حالت نرخ ثابت و متغیر زوال ارائه کرده است .جیاسوال و شا[۱۴] به فرضیات آنها حالت کمبود را اضافه کرده اند وانگ[۱۵] یک مدل موجودی تعیین اندازه اقتصادی سفارش و فروش را توسعه داده است که در آن بهبود و فساد اقلام از توزیع وایبل پیروی می کنند . موون[۱۶] و همکاران، مدل اندازه اقتصادی سفارش را برای کالاهای فاسدشدنی و بهبود پذیر با منظور کردن ارزش زمانی پول توسعه دادند . آنها فرض کردند که نرخ فساد و بهبود ثابت و تقاضا تابعی از زمان است.سارکر[۱۷] و همکاران، یک مدل زنجیره تأمین جهت تعیین خط مشی بهینه سفارش برای کالاهای فاسدشدنی با منظور کردن عوامل تورم، کمبود و دیرکرد در پرداخت توسعه داده اند[۲۵] .

یانگ و وی (۲۰۰۳) در کار خود مدلی برای برنامه‌ریزی یکپارچه تولید-موجودی کالاهای فاسد شدنی ارائه داده‌اند. این مدل به بررسی حالت تک محصولی و سیستمی متشکل از یک تولید کننده و چند خرده‌فروش اختصاص یافته است. مدل با فرض نرخ محدود تولید و تقاضا، بدون زمان انتظار و یکپارچه تولید-موجودی کالاهای فاسد شدنی ارائه داده‌اند، راو[۱۸] و همکاران یک مدل چند سطحی بین تأمین کننده، تولیدکننده و خریدار برای کالاهای فسادپذیر توسعه داده‌اند. در این مدل پس از تعیین تابع هزینه کل، با یک مثال عددی نشان داده شده است که رویکرد یکپارچه در مقایسه با تصمیم‌گیری مستقل منجر به کاهش هزینه کل می‌شود[۲۱].

چن و لی[۱۹] نیز با مطرح کردن بهینه سازی همزمان چند هدف متضاد با قیمتهایی غیر قطعی اولین کسانی بودند که بهینه سازی چند هدفه را در شبکه های زنجیره تأمین مطرح کردند[۲۸].

تأثیر فاسد شدن کالا بر عملکرد سیستم موجودی نخستین بار در تحقیقات Ghare و Schrander در سال ۱۹۶۳ بررسی گردید. این مطالعات توسط Shah و Jaiswal در سال ۱۹۷۷ با تحلیل و مدل‌سازی یک سیستم موجودی برای اقلام فاسد شدنی و با درنظر گرفتن نرخ فساد ثابت برای این اقلام تداوم یافت،کوورت وفیلیپ[۲۰] یک مدل کنترل موجودی برای اقلام فاسد شدنی با نرخ متغیر و با فرض مجاز نبودن کمبود طراحی کردند در این مدل تقاضا به صورت ثابت و نرخ فساد اقلام

[9] -Goyal
[10] -Hoque & Goyal
[11] -Giri & Goyal
[12] -Wagner & Whitin
[13] -Mirsa
[14] -Jiaswal & Shah
[15] -Hwang
[16] -Moon
[17] -Sarker
[18] -Rau
[19] -Chen & Lee
[20] -Covert &Philip

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

فلسفه JIT اولین بار توسط وانگ ات ال [۲۱] در زمینه مدیریت زنجیره تأمین بکار برده شد.با توجه به سیاست JIT، باید مقدار مناسبی از کالاها، در زمان مناسب و در مکان مناسب تحویل گردد.JIT نقش مهمی در توزیع کارایی کالاها بازی می‌کند. از آنجا که هزینه‌های لجستیکی بخش بزرگی از کل هزینه های زنجیره تأمین را به خود اختصاص می‌دهند، اتخاذ تصمیمات مربوط به برنامه‌ریزی توزیع و موجودی به‌طور همزمان، می توانند کل هزینه های زنجیره تأمین را به میزان قابل توجهی کاهش دهد و از سوی دیگر اثر مهمی بر روی تعیین سطح سرویس به مشتری دارد[۳۰].

وانگ و دیگران (۲۰۰۳) یک شبکه توزیع متشکل از چند انبار و چند خرده فروش در نظر گرفته است ، در این شبکه تقاضاها باید به‌موقع (JIT) تأمین شود و زودکرد یا دیرکرد در تأمین تقاضاها با جریمه هایی همراه است . هدف تعیین برنامه ریزی توزیع بهینه به طریقی است که کل هزینه های ساخت ، حمل ، زودکرد یا دیر کرد به حداقل برسد[۳۰] .

هوانگ[۲۲] با در نظر گرفتن سطوح خدمت مورد نیاز ، به طراحی یک سیستم لجستیکی شامل تعدادی مراکز تولید ، انبارها یا مراکز توزیع و مشتریان با مقادیر تقاضای غیر قطعی می پردازد . مسافتها توزیع احتمالی دارند . برای حل این مسأله ابتدا از روش پوشش کلی تصادف برای راه اندازی انبارها استفاده شده است. تابع هدف بصورت به حداقل رساندن هزینه های لجستیک و تعداد انبارهایی که می توانند راه اندازی شوند بیان می شود. سپس تصمیمات مسیریابی و تعیین میزان سفارش انبارها به مراکز تولید با استفاده از یک روش برنامه ریزی شی گرا بر مبنای الگوریتم ژنتیک اتخاذ می شود به‌طوری که هزینه‌های لجستیکی مینیمم شود. در این مسأله تقاضاها باید کاملا برآورده شوند و محدودیت‌هایی در مورد زمان سفر، ظرفیت، سرعت ، نوع و تعداد وسایل نقلیه وجود دارد[۲۲] .

ژو و دیگران[۲۳] شبکه زنجیره تأمینی را طراحی کرده اند که هزینه حمل و نقل و سطح خدمت را به بهترین وجه متعادل می کند به گونه ای که تا حد امکان به همه مراکز توزیع بار کاری یکسان داده شود و کل مسافت حمل شبکه مینیمم شود . این کار باعث کم شدن احتمال مواجهه با کمبود موجودی انبارها ، سفارشات عقب افتاده و تاخیر در پاسخگویی به تقاضای مشتریان می شود و در عین حال نرخ پرسازی سفارش و نرخ استفاده از مراکز توزیع را افزایش می دهد. برای این کار تابع هدفی را بصورت به حداقل رساندن ماکزیمم مسافت حمل مربوط به مراکز توزیع در نظر گرفته و از فرمول درخت فراگیر ستاره متوازن برای مدل سازی استفاده کرده است.در نهایت روش الگوریتم ژنتیک برای حل بکار گرفته شده است[۴۱].

۳- تشریح مسأله

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

کالاهای فاسدشدنی به کالاهایی اطلاق می‌گردد که در طی زمان خراب، ضایع، خشک و یا تبخیر می‌گردند. محصولاتی چون میوه‌جات، سبزیجات، خون انسان، فیلم-های عکاسی و غیره در این زمره قرار دارند.

لجستیک به‌موقع : لجستیک بخشی از فرآیند زنجیره تأمین می باشد که برنامه‌ریزی ،اجرا و کنترل موثر و انبارش کالاها،خدمات و اطلاعات مرتبط را از نقطه مبداء تا نقطه مصرف به عهده دارد تا نیازمندی‌های مشتری بر آورده شود. و لجستیک به‌موقع یعنی بهینه کردن هزینه های دیر کرد وزود کرد بخش لجستیک.

در این تحقیق یک سیستم توزیع سه سطحی برای اقلام فاسد شدنی با در نظر گرفتن فلسفه JIT بررسی خواهد

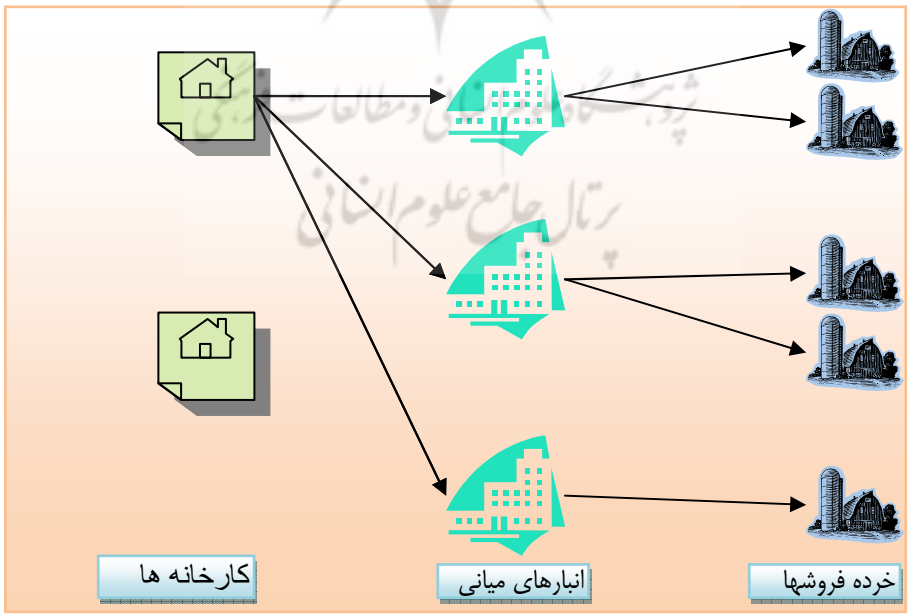
[21] .Wang et al
[22] - Hwang
[23] – Zho et al

شد، نخست مدل‌های مسأله ارائه شده اند و سپس با استفاده ازحل کننده Cplex.10.2 و الگوریتم ژنتیک حل می‌گردند.

مدل‌هایی که در اینجا در نظر گرفته شده اند دارای مفروضات زیرمی باشند :

- ✓ سیستم شامل چند تولید کننده، چند انبار میانی، چند مشتری است (سه سطحی)؛ به هر انبار میانی تعدادی مشتری، تخصیص یافته است.
- ✓ مدل برای چند مد حمل و نقل (جاده ای، ریلی، هوایی و دریایی) طراحی شده است.
- ✓ سیستم برای چند قلم کالا در نظر گرفته شده است.
- ✓ تقاضای کالا در هر دوره ثابت و قطعی است.
- ✓ کمبود مجاز است.
- ✓ تعداد و مکان تسهیلات (کارخانه ها و مراکز توزیع) در دوره های برنامه ریزی مشخص نیست و بایستی از بین مکان های بالقوه مکان آنها انتخاب گردند.
- ✓ کالاها فسادپذیر بوده و تاریخ انقضاء دارند.
- ✓ مدت انقضاء، مضرب صحیحی از طول دوره هاست.
- ✓ مدت زمانی که کالاها در آن با تخفیف به‌فروش می رسند، مضرب صحیحی از طول دوره هاست.
- ✓ کالایی که از طرف کارخانه ارسال می‌گردد، در ابتدای مدت انقضاء قرا دارد (نو است).
- ✓ سیستم مصرف کالا در انبار FIFO است.
- ✓ زمان حمل کالا در مقایسه با طول دوره برنامه‌ریزی بسیار کوتاه و قابل صرف نظر کردن است.
- ✓ محدودیت ظرفیت عرضه تأمین کنندگان باید در نظر گرفته شود.
- ✓ تقاضای مشتریان در هر دوره باید برآورده شود.
- ✓ محدودیت ظرفیت کلی انبار در نظر گرفته شود.
- ✓ محدودیت ظرفیت تخصیص یافته انبار به هر کالا در نظر گرفته شود.
- ✓ محدودیت موجودی در انتهای هر دوره منظور شود.
- ✓ محدودیت بودجه برای هر کالا دیده شود.

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



شکل ۳- ۱:زنجیره تأمین مسأله تحقیق

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

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

متغیرهای هرسه مدل درجدول۳-۱ و پارامترهای آنها نیز در جدول۳-۲ آورده شده است.

اهداف این سه مدل عبارتند از:۱-تعیین تعداد کارخانه‌ها و انبارهای میانی فعال و مکان‌هایشان ۲-کاهش هزینه های نگهداری انبارهای میانی و خرده فروشان ۳-کاهش هزینه های کمبود خرده فروشان ۴-کاهش هزینه های زودکرد و دیرکرد خرده فروشان ۵-کاهش هزینه خرید کالاها ۶-کاهش هزینه حمل و نقل انبارهای میانی و خرده فروشان ۷-مصرف کالاها قبل از اتمام تاریخ انقضاءوجلوگیری از فاسد شدن آنها(در مدل ۱ و۳) ۸ -به حداقل رساندن هزینه کالاهای فاسد شده(در مدل۲) ۹- به حداقل رساندن هزینه کالاهای تخفیف داده شده (در مدل ۳).

جدول ۳-۱: متغیرهای هر سه مدل

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

جدول۳-۲: پارامترهای هر سه مدل و حدودهای آنها

پارامتر	توضیح و	حدود پارامترها
pc_{ijlm}^{t}	هزینه حمل‌ونقل هر واحد کالای lاُم از کارخانه i به انبار میانی j با مد m در دوره t.	N(2,1)
dc_{jklm}^{t}	هزینه حمل و نقل هر واحد کالای lاُم از انبار میانی j به خرده فروشی kاُم با مد m در دوره t.	N(3,1)
pf_{i}^{t}	هزینه ثابت عملیاتی کارخانه iاُم در دوره t.	N(10000,1000)
df_{j}^{t}	هزینه ثابت عملیاتی انبارمیانی jاُم در دوره t.	N(2000,200)
pb_{il}^{t}	هزینه تولید محصول lاُم در کارخانه i در دوره t.	N(7,1)
dh_{jl}^{t}	هزینه نگهداری هر واحد کالای l در انبار میانی jاُم در دوره t.	N(1,0.5)
d_{kl}^{t}	تقاضای محصول lاُم توسط مشتری kاُم در دوره t.	N(50,10)
ps_{il}^{t}	زمان مورد نیاز تولید هر واحد محصول l در کارخانه i و در دوره t.	N(2,0.5)
PU_{i}^{t}	کل زمان تولیدی در دسترس کارخانه iاُم در دوره t.	N(100000,1000)
DU_{j}^{t}	کل ظرفیت نگهداری انبار میانی jاُم در دوره t.	N(20000,500)
CU_{k}^{t}	کل ظرفیت نگهداری خرده فروش kاُم در دوره t.	N(300,50)
PW	حداکثر تعداد کارخانه ها	I
DW	حداکثر تعداد انبارهای میانی	J
pv_{l}^{t}	حجم هر واحد کالای l اُم در دوره t .	N(0.5,0.02)
PV_{im}^{t}	کل ظرفیت حجمی ارسالی مد حمل و نقل m از کارخانه i اُم در دوره t.	N(200,10)
DV_{jm}^{t}	کل ظرفیت حجمی ارسالی مد حمل و نقل m از انبار میانی jاُم در دوره t.	N(100,10)
Q_{jl}^{t}	ظرفیت نگهداری محصول lاُم در انبارمیانی j در دوره t.	N(400,50)
$Q_{kl}^{'t}$	ظرفیت نگهداری محصول lاُم در خرده فروش k در دوره t.	N(30,10)
bl_{kl}^{t}	حداکثر سفارش عقب افتاده محصول lاُم در خرده فروش kاُم در دوره t.	N(20,5)
π_{kl}^{t}	ضریب هزینه مرتبط با جریمه هر روز-قلم زودکرد نسبت به موعد تحویل کالای l در خرده فروش k در دوره t	N(1,0.5)
σ_{kl}^{t}	ضریب هزینه مرتبط با جریمه هر روز-قلم دیرکرد نسبت به موعد تحویل کالای l در خرده فروش k در دوره t	N(1.5,0.5
EX_{l}	تاریخ مصرف کالای نوع l اُم	U(3,6)
tr	مدت زمانی که کالاها در آن با تخفیف فروخته می شوند	U(1,2)
W	هزینه هر واحد کالای فاسد شده(مربوط به مدل ۲)	N(1,0.2)
R_{p}	مقدارهزینه تخفیف هر واحد کالای تخفیف داده شده (مربوط به مدل ۳)	N(1,0.1)

نمای ریاضی مدل ۱

$$Min \quad Z1 = (\sum_t \sum_m \sum_l \sum_j \sum_i pc^t_{ijlm} .X^t_{ijlm} + \sum_t \sum_m \sum_l \sum_k \sum_j dc^t_{jklm} .Y^t_{jklm})$$
$$+ (\sum_t \sum_i pf^t_i .PZ^t_i + \sum_t \sum_j df^t_j .DZ^t_j) + (\sum_t \sum_l \sum_i pb^t_{il} .(\sum_j \sum_m X^t_{ijlm}) +$$
$$(\sum_l \sum_j \sum_{t \neq T} dh^t_{jl} (\sum_i \sum_m \sum_{t'=1}^{t} X^{t'}_{ijlm} - \sum_k \sum_m \sum_{t'=1}^{t} Y^{t'}_{jklm})) + (\sum_l \sum_k \sum_t \sigma^t_{kl} .B^t_{kl} + \sum_l \sum_k \sum_t \pi^t_{kl} .In^t_{kl}) \quad ۱$$

$$\sum_m \sum_j Y^t_{jklm} = d^t_{kl} \qquad \forall k,l,t \quad ۲$$

$$\sum_l ps^t_{il} (\sum_j \sum_m X^t_{ijlm}) \leq PU^t_i .PZ^t_i \qquad \forall i,t \quad ۳$$

$$\sum_l pv^t_l (\sum_i \sum_m X^t_{ijlm}) \leq DU^t_j .DZ^t_j \qquad \forall j,t \quad ۴$$

$$(\sum_l pv^t_l . \sum_j \sum_m Y^t_{jklm}) \leq CU^t_k \qquad \forall k,t \quad ۵$$

$$\sum_i \sum_m \sum_{t'=1}^{t} X^{t'}_{ijlm} - \sum_k \sum_m \sum_{t'=1} Y^{t'}_{jklm} \geq 0 \qquad \forall j,l,t \neq T \quad ۶$$

$$\sum_i PZ^t_i \leq PW \qquad \forall t \quad ۷$$

$$\sum_j DZ^t_j \leq DW \qquad \forall t \quad ۸$$

$$\sum_j \sum_l pv^t_l .X^t_{ijlm} \leq PV^t_{im} \qquad \forall i,m,t \quad ۹$$

$$\sum_k \sum_l pv^t_l .Y^t_{jklm} \leq DV^t_{jm} \qquad \forall j,m,t \quad ۱۰$$

$$\sum_j \sum_m \sum_{t'=1}^{t} Y^{t'}_{jklm} - In^t_{kl} + B^t_{kl} = \sum_{t'=1}^{t} d^{t'}_{kl} \qquad \forall k,l,t \neq T \quad ۱۱$$

$$In^t_{kl} \leq Q'^t_{kl} .v^t_{kl} \qquad \forall k,l,t \neq T \quad ۱۲$$

$$B^t_{kl} \leq bl^t_{kl} .(1 - v^t_{kl}) \qquad \forall k,l,t \neq T \quad ۱۳$$

$$\sum_i \sum_m \sum_t X^t_{ijlm} - \sum_k \sum_m \sum_t Y^t_{jklm} = 0 \qquad \forall l,j \quad ۱۴$$

$$\sum_i \sum_m \sum_{t'=1}^{t} X^{t'}_{ijlm} - \sum_k \sum_m \sum_{t'=1}^{t} Y^{t'}_{jklm} \leq Q^t_{jl} \qquad \forall j,l,t \neq T \quad ۱۵$$

$$\sum_{t'=1}^{t} \sum_j \sum_i \sum_m X^{t'}_{ijlm} \leq \sum_{t''=1}^{\min(t+EX_l, T)} \sum_k d^{t''}_{kl} \qquad \forall l,t \neq T \quad ۱۶$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$\sum_{t''=1}^{\min(t+Ex_l,T)} \sum_{k}\sum_{m} Y^{t''}_{jklm} - \sum_{t'=1}^{t}\sum_{i}\sum_{m} X^{t'}_{ijlm} \geq 0 \qquad \forall l,j,t \neq T \qquad (۱۷)$$

$$PZ^t_i, DZ^t_j, v^t_{kl} = 0 \quad or \quad 1 \qquad \forall i,j,t \qquad (۱۸)$$

$$X^t_{ijlm}, Y^t_{jklm}, In^t_{kl}, B^t_{kl} \geq 0 \qquad \forall i,,k,l,m,j,t \qquad (۱۹)$$

تشریح مدل۱

رابطه (۱)، تابع هدف مدل ریاضی است وشامل هزینه‌های انتقال کالامتشکل از هزینه انتقال از کارخانه به انبار میانی (مراکز توزیع)وهزینه انتقال از مراکز توزیع به خرده فروشی‌ها،هزینه ثابت فعال کردن کارخانه ها و مراکز توزیع،هزینه تولید کالا توسط کارخانه ها، هزینه نگهداری موجودی در انبار میانی،هزینه‌های عدول از سیستم JIT (هزینه‌های زودکرد و دیرکرد).مجموعه محدودیت‌های (۲)، بیان می کنند که کل تقاضا در طول افق برنامه ریزی باید تأمین گردد، به عبارت دیگر مجموع کالاهای ورودی به هر خرده فروش در طول افق برنامه ریزی باید با مجموع تقاضای رسیده به آن برابر باشد.مجموعه محدودیت‌های (۳)، بیان کننده محدودیت زمان تولید کارخانه ها می باشد،در صورتی‌که کارخانه فعال نشود، سمت راست صفر شده و به ناچار کلیه متغیرهای مرتبط بایستی صفر گردند و در صورت فعال شدن کارخانه حداکثر به اندازه زمان قابل دسترس کارخانه می‌توان کالا تولید نمود.مجموعه محدودیت‌های (۴)، نشان دهنده محدودیت ظرفیت انبارهای میانی و مجموعه محدودیت های (۵) بیانگر محدودیت فضای انبار در خرده فروشی ها می‌باشد. مجموعه محدودیت های(۶) ، معادلات تعادلی موجودی دوره‌ای در هر عمده فروش هستند و یا به عبارتی اطمینان حاصل می‌کنند که مجموع کالاهای خروجی از هر عمده فروش از کل موجودی آن در هر دوره فراتر نرود. مجموعه محدودیت های (۷)و(۸)بیانگر حداکثر تعداد تسهیلاتی (کارخانه ها و مراکز توزیع) که ممکن است فعال گردند، می‌باشد. محدودیت‌های (۹) و (۱۰) بیانگر محدودیت ظرفیت مدهای حمل و نقل در هر دوره برنامه‌ریزی می‌باشند، نبایستی میزان کالای حمل شده توسط هر مد از ظرفیت آن بالاتر رود.مجموعه محدودیت های (۱۱)کمبود و یا سطح موجودی در هر خرده‌فروش را معین می‌کنند. مجموعه محدودیت های (۱۲) و (۱۳) بیانگر این هستند که در هر دوره برنامه ریزی برای هر محصول فقط زودکرد و یا دیرکرد می تواند اتفاق بیفتد و همزمان نمی توانند هرکدام مثبت شوند،حداکثر مقدار قابل مجاز آنها نیز نشان داده شده است. مجموعه محدودیت های (۱۴) معادلات تعادلی موجودی هر انبار میانی در افق برنامه ریزی هستند و یا به عبارتی اطمینان حاصل می کنند که موجودی هر انبار میانی برای هر کالایی در پایان افق برنامه ریزی باید صفر باشد. مجموعه محدودیت های (۱۵)محدودیت ظرفیت هرانبار میانی را در هر دوره ارضا می نماید، یعنی تفاوت جریان ورودی و خروجی هر انبار میانی نباید از ظرفیت آن تجاوز کند.محدودیت های (۱۶) و (۱۷) به این دلیل است که کالاها در تاریخ مصرف مناسبشان استفاده شوند. مجموعه روابط (۱۸) نشان‌دهنده متغیرهای صفر ویک مدل بوده که فعال بودن و غیر فعال بودن کارخانه‌ها و مراکز توزیع را نشان می‌دهد. همچنین مجموعه روابط (۱۹)نشانگر این هستند که در هر دوره باید میزان موجودی و میزان کمبود مشتریان به ازای هر کالا و هر دوره و میزان سفارش دریافتی از هر تأمین کننده و برای هر انبار میانی و همچنین سفارشات دریافتی توسط مشتریان، مقادیر مثبت باشد.

نمای ریاضی **مدل ۲**

مدل مذکور شامل تابع هدف زیر می‌باشد :

$$Min \quad Z1 = \left(\sum_t \sum_m \sum_l \sum_j \sum_i pc^t_{ijlm} . X^t_{ijlm} + \sum_t \sum_m \sum_l \sum_k \sum_j dc^t_{jklm} Y^t_{jklm}\right)$$

$$+ \left(\sum_t \sum_i pf^t_i . PZ^t_i + \sum_t \sum_j df^t_j . DZ^t_j\right) + \left(\sum_t \sum_l \sum_i pb^t_{il} . \left(\sum_j \sum_m X^t_{ijlm}\right) + \right.$$

$$\left(\sum_l \sum_j \sum_{t \neq T} dh^t_{jl} \left(\sum_i \sum_m \sum_{t'=1}^{t} X^t_{ijlm} - \sum_k \sum_m \sum_{t'=1}^{t} Y^t_{jklm}\right)\right) + \left(\sum_l \sum_k \sum_t \sigma^t_{kl} . B^t_{kl} + \sum_l \sum_k \sum_t \pi^t_{kl} . In^t_{kl}\right) +$$

$$\left(\sum_t \sum_l \sum_i \sum_j \sum_m X^t_{lijm} - \sum_{t'} \sum_k \sum_l d^{t'}_{kl}\right) * w$$

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

(۲۱)

$$\sum_{t'=1}^{t} \sum_i \sum_m X^{t'}_{ijlm} - \sum_{t''=1}^{\min(t+EX_l, T)} \sum_k Y^{t''}_{jklm} > 0 \qquad \forall l, j, t \neq T$$

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

(۲۲)

می باشند .

تشریح مدل۲

رابطه (۲۰) تابع هدف مدل۲ ریاضی است و شامل هزینه‌های انتقال کالا متشکل از هزینه انتقال از کارخانه به انبار میانی (مراکز توزیع)، و هزینه انتقال از مرکز توزیع به خرده فروشی‌ها، هزینه ثابتِ فعال کردن کارخانه ها و مراکز توزیع، هزینه تولید کالا توسط کارخانه ها، هزینه نگهداری موجودی در انبار میانی، هزینه‌های عدول از سیستم JIT (هزینه‌های زودکرد و دیرکرد) و هزینه ناشی ازفاسد شدن کالاها می‌باشد. محدودیت های (۲۱) و (۲۲) فاسد شدن کالاها در انبارهای میانی و خرده فروشی‌ها را نشان می‌دهند.

نمای ریاضی مدل ۳

تابع هدف مدل سوم

(۲۳)

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

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

(۲۴)

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

(۲۵)

$$\sum_{t''=1}^{\min(t+EX_l-tr,\,T)}\sum_{k}\sum_{m} Y^{t''}_{jklm} - \sum_{t'=1}^{t}\sum_{i}\sum_{m} X^{t'}_{ijlm} \geq 0 \qquad \forall l, j, t \neq T$$

(۲۶)

$$\sum_{t'=1}^{\min(t+Ex_l,\,T)}\sum_{i}\sum_{m}\sum_{j} X^{t'}_{ijlm} - \sum_{t''=1}^{\min(t+Ex_l-tr,\,T)}\sum_{i}\sum_{m}\sum_{j} X^{t''}_{jklm} \geq 0 \qquad \forall l, t \neq T$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تشریح مدل۳

رابطه (۲۳)تابع هدف مدل سوم است وشامل هزینه‌های انتقال کالا متشکل از هزینه انتقال از کارخانه به انبار میانی (مراکز توزیع)، و هزینه انتقال از مرکز توزیع به خرده فروشی‌ها، هزینه ثابتِ فعال کردن کارخانه ها و مراکز توزیع،هزینه تولید کالا توسط کارخانه ها، هزینه نگهداری موجودی در انبار میانی،هزینه‌های عدول از سیستم JIT (هزینه‌های زودکرد و دیرکرد) و هزینه ناشی از تخفیف دادن کالاها می باشد. محدودیت های (۲۴) و (۲۵) به این دلیل است که اگر مقداری از کالاها دیر به‌فروش برسند برای جلو گیری از فاسد شدنشان ، مدت زمانی قبل از اتمام تاریخ انقضاء، آنها را با تخفیف ویژه در قیمت

به‌فروش رساند. محدودیت (۲۶) مقدار کالاهایی که با تخفیف فروخته شده اند را نشان می دهد. بنابراین در هر سه مدل بالا هم شرایط کالاهای فسادپذیر و هم فلسفه JIT با وارد نمودن هزینه ها به تابع هدف مورد توجه قرار گرفته‌اند.

۴-پیاده سازی الگوریتم ژنتیک در حل مدل پیشنهادی

مراحل مختلف الگوریتم ژنتیک پیشنهادی برای حل مسأله عبارت است از:۱- تعیین پارامترهای الگوریتم ژنتیک: احتمال جهش، کراس آور، اندازه جامعه، تعداد نسل ۲-تولید پارامترهای مسأله و تولید مدل آن ۳-تولید جامعه اولیه با اندازه K با استفاده از متغیرهای صفر و یک به صورت سه رشته مجزا ۴-حل مدل برنامه ریزی خطی برای هر کدام از کروموزوم های تولید شده و محاسبه تابع هدف ۵-تکرار مراحل زیر تا رسیدن به معیار توقف

أ) اعمال عملگر تقاطع جهت به‌دست آوردن فرزندان

ب) اعمال عملگر جهش برای تولید فرزندان

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

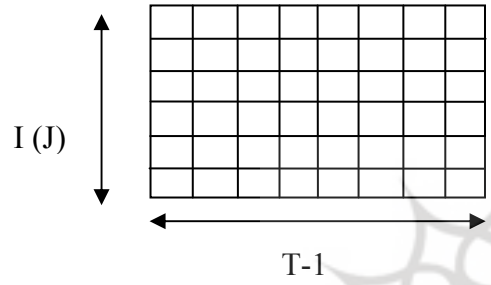
ث) انتخاب والدین جهت نسل بعدی

۶-نمایش جواب و خروجی برنامه

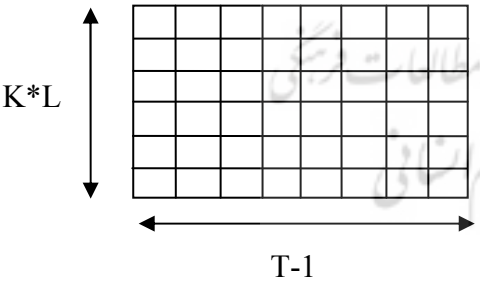
در اینجا به علت حجیم بودن مقاله فقط اشاره مختصری به چگونگی ایجاد کروموزوم‌ها شده است.

۴-۱-نمایش کروموزوم‌ها

در الگوریتم ژنتیک پیشنهادی نحوه نمایش کروموزوم ها به صورت متغیرهای صفر و یک در نظر گرفته خواهند شد. مدل ارائه شده دارای دو دسته متغیر بوده که در تعدادی از آنها متغیرهای صفر و یک و در دسته دیگر متغیرهای اعداد صحیح دیده می شوند. از آنجا که تعداد متغیرهای مدل ارائه شده بسیار زیاد بوده و عملاً غیر ممکن است که کلیه آنها به عنوان ژن های یک کروموزوم تعریف شوند،لذا در اینجا متغیرهای صفر و یک مدل را به عنوان کروموزوم تعریف نموده که این متغیرها نیز دارای سه دسته می‌باشند: ۱- متغیرهایی که برای نشان دادن احداث کارخانه ها استفاده می گردند. ۲- متغیرهایی که برای نشان دادن احداث انبارهای میانی استفاده می شوند.۳- متغیرهایی که بیانگر وجود کمبود یا اضافه موجودی در هر دوره برای هر کالا می باشند.برای هر کدام از متغیرهای بالا ماتریسی در نظر گرفته خواهد شد،که هر کروموزوم رشته هایی است که باید درایه های هر سه ماتریس را شامل شود. لازم به ذکر است که حداکثر تعداد کل مکان احداث کارخانه ها I و حداکثر تعداد انبارهای میانی J می باشد و این امر باید در ایجاد ماتریس در نظر گرفته شود. شکل زیر این موضوع را نشان می دهد. به طوری‌که ستون ها نشان دهنده دوره‌های زمانی و سطرها نیز بیانگر مکان بالقوه تسهیلات می‌باشند.



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



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

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

۵- مسائل نمونه و حل مدل‌ها

در این تحقیق، برای بررسی میزان عملکرد مدل‌های پیشنهادی چند مسأله نمونه مختلف در ابعاد متعدد حل شده‌اند. یک الگوریتم ژنتیک پیشنهادی برای حل مدل‌ها

مطـرح گردیـد، مسـائل نمونـه بـا اسـتفاده از روش‌هـای الگوریتم ژنتیک و نرم افزار CPLEX10.2 حـل گردیـده اند،کـه نتـایج بـه‌دسـت آمـده نشـان از صـحت عملکـرد مدل‌هاست الگوریتم ژنتیک پیشـنهادی در محـیط برنامـه نویسـی MATLAB 7.0.2 کـد شـده و از توابـع آن در داخـل الگـوریتم اسـتفاده شـده اسـت. ازآنجـا کـه مـدل پیشنهادی در ادبیات موضوع مشاهده نشده و مدلی که همه پارامترهای درنظر گرفته شده را داشته باشد موجـود نبـوده است، لذا مسائل نمونه به صورت تصـادفی و بـا اسـتفاده از پارامترهایی که در جـدول ۳-۲ مشـاهده مـی‌شـوند، تولیـد گردیده‌اند.

جدول ۵-۱ : مسائل نمونه در ابعاد مختلف

شماره مسأله	کارخانهi	انبار میانیj	مشتریk	تعداد کالاها l	تعداد مدهاm	تعداد دوره هاt
1	2	3	3	2	1	4
2	2	4	4	3	2	4
3	2	4	4	3	2	8
4	3	5	5	4	2	6
5	3	5	7	4	3	4
6	4	6	7	4	3	6
7	4	6	6	6	3	8
8	5	8	6	6	3	8
9	5	8	6	6	3	12
10	6	10	10	6	4	12

۵-۱:نتایج حاصله ازحل مدل‌ها با استفاده از نرم افزار CPLEX 10.2

در نرم افزار CPLEX10.2 هر کدام از مسائل ۱۰ بار اجرا شده اند، و بهترین نتایج محاسباتی حاصل از ۱۰ بار اجرای الگـوریتم آورده شده است. چون زمان حاصل از اجرای نرم افزار جهت تولید جواب‌ها ، برای هر سه مدل اختلاف خیلی جزئی با هم داشتند، بنابراین زمان حل هر سه مدل یکسان در نظر گرفته شده است.

- زمان اجرا : زمان حاصل از اجرای نرم افزار جهت تولید و اجرای روش برحسب ثانیه
- بهترین مقدار مدل : بهترین مقدار تابع هدف که جواب کلی مدل می باشد.

جدول ۵-۲:خلاصه نتایج ده مسأله نمونه توسط Cplex 10.2

شماره مسأله	زمان اجرا(ثانیه)	بهترین مقدار مدل ۱	بهترین مقدار مدل۲	بهترین مقدار مدل۳
1	0.02	51857	57239	54102
2	0.06	64163	70765	68190
3	0.15	132224	141001	137300
4	0.23	168296	179501	172876
5	0.27	117352	129521	122749
6	0.47	179870	19o320	184901
7	1.04	286935	300587	291865
8	1.56	282488	295879	286310
9	3.00	427896	448387	436376
10	7.10	585782	617001	594989

با مشاهده نتایج می توان صحت *عملکرد* مدل‌ها را مشاهده کرد و اینکه که نرم افزار CPLEX در ورژن‌های بالا برای حل این‌گونه مسائل از کارائی بسیار بالایی برخوردار بوده و در زمان خیلی کم، جواب هایی با مقادیر تابع هدف بسیار خوب را خواهد داد.

۵-۲ نتایج حاصله از اجرای الگوریتم ژنتیک درهر سه مدل

الگوریتم ژنتیک:

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

اندازه جامعه: ۱۰؛ تعداد نسل: ۵؛ احتمال تقاطع: ۰.۸؛ احتمال جهش:۰.۳

از آنجا که در هر بار اجرای الگوریتم مسائل تولید شده به صورت تصادفی می باشند، امکان دارد مدل ارائه شده براساس پارامترهای تولید شده موجه نبوده و دارای جواب نباشد (این موضوع در نرم افزار CPLEX نیز مشاهده شده است) و یا با توجه به کروموزم های تولید شده، جواب موجهی برای مسأله پیدا نگردد. برای هر مسأله نمونه الگوریتم ژنتیک ۵ بار اجرا شده است. بهترین مقدار تابع هدف پیدا شده از هر ۵ بار اجرای الگوریتم ژنتیک در جدول زیر آورده شده است، برای مسائل نمونه نهم و دهم به علت ابعاد زیاد ماتریس های تولید شده پردازنده جوابگوی حافظه مورد نیاز نبود، به همین دلیل مقادیر آنها در جدول مشاهده نمی شوند.

زمان اجرا : زمان حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک جهت تولید و اجرای روش برحسب ثانیه(چون زمان حاصل از اجرای الگوریتم ژنتیک جهت تولید جوابها برای هر سه مدل اختلاف خیلی جزئی با هم داشتند، بنابراین زمان حل هر سه مدل یکسان در نظر گرفته شده است.)

جدول ۵-۳:بهترین مقدار حاصله از ۵ بار اجرای الگوریتم ژنتیک برای هر سه مدل

شماره مسأله	بهترین مقدار مدل۱	بهترین مقدار مدل۲	بهترین مقدار مدل۳	زمان اجرا (ثانیه)
1	54167	62340	57587	5.2
2	69722	76780	72906	16.5
3	166918	175100	169960	72.9
4	208260	215502	212008	85.7
5	131810	144389	136946	66.3
6	221856	234408	226712	192.5
7	348860	357099	351444	529
8	375705	391120	381980	1077.4

۶- نتیجه گیری

از مشاهده نتایج به‌دست آمده از مسائل مختلف حل شده که در جداول نشان داده شده‌اند، می‌توان موارد زیر را استخراج نمود:۱- با توجه به نتایج به‌دست آمده از حل هر سه مدل توسط الگوریتم ژنتیک و حل کننده cplex10.2 صحت عملکرد مدل‌ها کاملا روشن است. ۲- حل کننده CPLEX با ورژن‌های بالا به علت استفاده از روش صفحات برشی، توانایی حل مسائل مختلف را در زمان های منطقی دارا بوده و توانایی محاسبه جواب های بهینه را دارد. با استفاده از این روش می توان تصمیمات بهینه را برای مدل ارائه شده در زنجیره تأمین کالاهای چند سطحی تولیدی-موجودی اتخاذ نمود. ۳-به دلیل ماهیت تصادفی بودن الگوریتم های فرا ابتکاری و به علت محدود بودن تعداد جواب های موجه بررسی شده به دلیل نیاز بالای الگوریتم برنامه‌ریزی خطی در نرم‌افزار MATLAB به زمان، نسبت به نرم افزار CPLEX از سرعت و دقت پائین تری برخوردار است. ۴- نتایج حاصله از جداول ۵-۲ و ۵-۳ برتری مدل۱ نسبت به سایر مدل‌ها وبرتری مدل۳ نسبت به مدل۲ را نشان می دهد ، مدل۱ برای سیستم‌هایی که در حالت ایده‌آل کار می کنند بهترین کاربرد را دارد و مدل۲ برای سیستم‌هایی که در حالت واقعی کار می کنند طراحی شده است ،که تقریبا ۸۰ درصد سیستم‌ها را شامل می شوند، چون در حالت واقعی همیشه مقداری از کالاها به هر عنوان دیر به‌فروش می رسند و تاریخ مصرفشان تمام می شود در نتیجه فاسد می گردند ، که این مدل علاوه بر به حداقل رساندن هزینه ها ، هزینه کالاهای فاسد شده را نیز مینیمم می کند. مدل۳ برای بهبود مدل۲ طراحی شده است یعنی سیستمی که این مدل را بکار می گیرد از فاسد شدن کالاهایی که دیر به‌فروش می رسند جلو گیری می کند چون قبل از اتمام تاریخ انقضای این کالاها ، برای به حداقل رساندن هزینه ها آنها را با تخفیف به‌فروش می رسانند.

۷- جمع بندی وتحقیقات آتی

مسائل متعددی با استفاده از داده های تصادفی تولید شدند، از نرم افزار CPLEX10.2 و الگوریتم ژنتیک در حل آنها استفاده شدند. اعتبار هر سه مدل با استفاده از این نتایج مشخص گردیدند و برای هر نوع سیستمی با این ویژگی ها و فرضیات می توان سیاست بهینه ای برای تولید و توزیع به کار گرفت. می توان در تحقیقات آتی برای حل مدل ارائه شده در این تحقیق به پیاده سازی و بهبود سایر الگوریتم‌های فرا ابتکاری پرداخت. پارامترهای بکار رفته در این تحقیق بصورت تصادفی می باشنددر تحقیقات آتی برای کارایی بیشتر مدل‌ها می توان از مقادیر دقیق استفاده کرد، و با به کار بردن حل کننده‌های قوی‌تری مثل CEPLEX11 و...، می توان مدل‌هایی با ابعاد بزرگ را در مدت زمان کمتر و با دقت بیشتری حل کرد.

منابع:

1-Goyal S.K. and Giri B.C., *Recent trends in modeling of deteriorating inventory.* European Journal of Operational Research, 2001. 134(1-16

2-Simchi-Levi D., Kaminsky P., and Simchi-Levi E., *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies ,and case studies*. 2000, NY, USA.: McGraw-Hill

3-Chopra S. , *Designing the distribution network in a supply chain.* Transportation Research Part E, 2003(39): p. 123-140.

4-Harland , C.M., *Supply Chain Management : Relationships, Chain and Networks*. 199 :۷ .۶p. 68-80.

5-Scott , C. and R. Westbrook, *New Strategic Tools for Supple Chain Management.* International Journal of Physical Distribution and Logistic Management 1991. 21: p. 23-31.

6-New, S. and P. Payne, *Research Framework in Logistics Management* International Journal of Physical Distribution and Logistic Management, 1995. 25: p. 60-77.

7-Baatz, E.B., *Best practice: The chain gang.* CIO, 1995(8): p. 46-52.7

8-Farmer, D., *Purchasing Myopia-Revisited.* European Journal of Purchasing

and Supply Chain Management, 1997. 3: p. 1-8.

9-Inman, R.A. and J.H. Hubler, *Certify The Process, Not just the Product.* Production and Inventory Management Journal, 1992(33): p. 11-14.

10-Ragatz, G.T., R.B. Handfield, and T.V. Scannell, *Success Factors for Integrating Suppliers into new Product Development.* Journal of Innovation Management, 1997(14): p. 190-202.

11-Geunes, J., P.M. Pardalos, and H.E. Romeijn, *Supply Chain Management: Models, Applications, and Research Directions*. 2005: Springer.

12-Erenguc S.S., Simpson N.C., and Vakharia A.J., *Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review.* European Journal of Operational Research, 1999. 115: p. 219-236.

13-sherbrook, C.C., *Metric: A Multi-Echelon Technique for Recoverable Item Control.* Operations Research, 1968. 16: p. 122-141.

14-Muckstadt, J.A., *A Model For a Multi-Item, Multi-Echolon, Multi-Indenture Inventory system.* Management Science, 1973. 20: p. 472-481.

15-Hill R.M, *The single-vendor single-buyer integrated production inventory model with a generalized policy.* European Journal of Operational Research, 1997(97): p. 493-499.

16-Bollapragada S., Akella R., and Srinivasan R., *Centralized ordering and allocation policies in a twoechelon system with non-identical warehouses* .European Journal of Operational Research, 1998. 106: p. 74-81.

17-Goyal S.K., *On improving the single-vendor single-buyer integrated production inventory model with a generalized policy.* european Journal of Operational Research, 2000. 125: p. 429-430.

18-Hoque M.A. and Goyal S.K., *An optimal policy for a single-vendor single-buyer integrated production-inventory system with capacity constraint of the transport equipment.* International Journal of Production Economics, 2000(65): p. 305-315.

19.Goyal, SK and B.C. Giri, *Recent trends in modeling of deteriorating inventory.* European Journal of Operational Research, 2001. 134: p. 1-16.

20-Whitin, T.M. and H.M. Wagner, *Dynamic version of the economic lot size model.* Management Science, 1958. 5: p. 89-96.

21-Misra, R.B., *production lot size model for a system with deteriorating inventory.* International Journal of Production Research, 1975. 13: p. 495-505.

22-Shah, Y.K. and M.C. Jiaswal, *A lot size model for exponentially deteriorating inventory with finite production rate.* Gujarat Statist, 1976. 3: p. 1-13.

23-Hwang, H.S., *A study on an inventory model for items with Weibull ameliorating.* Computers and Industrial Engineering, 1997. 33: p. 701-704.

24-Moon, I., B.C. Giri, and B. Ko, *Economic order quantity models for ameliorating/deteriorating items under inflation and time discounting.* European Journal of Operational Research, 2005. 162: p. 773-785.

25-Sarker, B.R., A.M.M. Jamal, and S. Wang, *Supply chain models for perishable products under inflation and permissible delay in payment.* Computers and Operations Research, 2000. 27, : p. 59-75.

26-Yang P.C. and Wee H.M., *A single-vendor and multiple buyers production-inventory policy for a deteriorating item,.* European Journal of Operational Research, 200۲a(143): p. 570-581.

27-Rau, H., M.Y. Wu, and H.M. Wee, *Integrated inventory model for deteriorating items under a multi-echelon supply chain environment.* Int. J. Production Economics, 2003. 86: p. 155-168.

28-Chen, C. and W. Lee, *Multi-objective optimization of multi-ec helon supply chain networks withuncertain product demands*

and prices. Computers and Chemical Engineering 2004. 28: p. 1131-1144.
29-Farahani, R. and M. Elahipanah, *Desgning and Solving a Model for Just-in-time Distribution in Supply Chain Management*, in *Amirkabir University*. 2006.
30-Wang, W., R.Y.K. Fung, and Y. Chai, *Approach of just-in-time distribution requirements planning for supply chain management*
International Journal of Production Economics, 2003(91): p. 101- 107.
31-Ghare ,31.P.M. and S.F. Schrader, *A Model for Exponentially Decaying Inventory.* Journal of Industrial Engineering, 1963(14): p. 283-293.
32-Shah, Y.K. and M.C. Jaiswall, *An Order Level Inventory Model for a System with Constant Rate of Deterioration.* Operations Research, 1977. 14: p. 174-184.
33-Philip, G.S. and R.B. Covert, *An EOQ Model with Weibull Distribution Deteriortion.* AIIE Transactions, 1973. 5: p. 323-326.
34-Farahani, R. and M. Elahipanah, *A genetic algorithm to optimize the total cost and service level for just-in-time distribution in a supply chain.* International Journal of Production Economics, 2006(DOI:10.1016/j.ijpe.2006.11.028.(
35-E. Falkenuer, *Genetic Algorithms and Grouping Problems*. 1997: Wiley.35
36-Arnovan.R, L. J., and Ray., *Neural Network Training Us ing Genetic Algorithm.* World Scientific publishing, 1997.
37-Haupt, R.L. and S.E. Haupt, *Practical Genetic algorithms*. SECOND EDITION ed. 2004: JOHN WILEY & SONS , INC.
38-Gen.M and chang.R, *Genetic Algorithm and Engineering Optimization*.38 :۲۰۰۰ John Wiley.
39- Naso, D., Surico, M., Turchiano, B., Kaymak, U., (2007), Genetic algorithms for supply-chain scheduling: A case study in the distribution of ready-mixed concrete,
European Journal of Operational Research, 177, 2069–2099
40-Zhou, G, Min,H., (2002) "The balanced allocation of customers to multiple distribution centers in the supply chain network : a genetic algorithm approach " , Computers and Industrial Engineering 43 , 251-261.
41-Hwang , H.S. , (2002) . "design of supply chain logistics system cosidering service level ", computers and Industerial Engineering 43, 283- 297.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی