

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

ارائه یک مدل برای شبکه توزیع اقلام فسادپذیر در زنجیره تامین با در نظر گرفتن سیاست تخفیف

مجتبی حاجیان حیدری^۱، سید محمد تقی فاطمی قمی^{۲*}، بهروز کریمی^۳

mojtabahajian@aut.ac.ir

fatemi@aut.ac.ir

b.karimi@aut.ac.ir

چکیده

یکی از عوامل مهم در هر زنجیره تامین توزیع مناسب کالاها از طریق مراکز توزیع است. گاهی اوقات اقلامی که تاریخ انقضا دارند برای شبکه توزیع محدودیت زمانی به وجود می آورند زیرا با گذشت زمان فسادپذیری کالاها موجب هزینه های برای مشتری می شود. از طرف دیگر در زنجیره تامین معمولاً سیاست های تخفیف که منجر به کاهش هزینه های مشتری برای مقادیر سفارش بیشتر می گردد، ارائه می شود. در این مقاله یک زنجیره تامین سه سطحی، شامل یک تولیدکننده، چندین توزیع کننده و مشتری توسعه داده شده است که در آن توزیع کننده ها برای مقادیر مختلف سفارش مشتری قیمت گذاری متفاوتی را در نظر می گیرند. در این نوع زنجیره تامین ابتدا شبکه توزیع به صورت برنامه ریزی عدد صحیح مدل بندی شده و سپس دو الگوریتم فراابتکاری شبیه سازی تبرید و ژنتیک برای حل مدل ارائه می شود. نهایتاً نتایج حاصل از این دو الگوریتم با فرض وجود و عدم وجود تخفیف، مورد بحث و مقایسه قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: زنجیره تامین، شبکه توزیع، اقلام فسادپذیر، تخفیف، الگوریتم فراابتکاری.

۱- مقدمه

طی ده سال اخیر یکی از مباحث مهم در تحقیقات، مدیریت زنجیره تامین است. مدیریت زنجیره تامین شامل مدیریت جریان مواد و اطلاعات هم در فروشنده ها، کارخانه های ساخت و مونتاژ و مراکز توزیع و هم بین آنها است [۱]. لجستیک هنر فراهم کردن مقدار مناسب از محصول در مکان و زمان مناسب برای مشتری است که معمولاً به مسائل زنجیره تامین مربوط می شود [۲]. این دو واژه گاهی به اشتباه به جای هم به کار برده می شوند. معمولاً هدف از طراحی شبکه توزیع طراحی سیستمی است که تقاضای تمام مشتریان را برآورده می کند بدون اینکه از ظرفیت انبارها و کارخانه ها تجاوز کند [۳]. مدل های گسسته مکانیابی برای طراحی شبکه

^۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر

^{۲*} - نویسنده مسئول: استاد دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر

^۳ - دانشیار دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی امیرکبیر

توزیع مناسب‌تر هستند. مسائل طراحی شبکه در زنجیره تامین به صورت‌های گوناگون توسعه داده شده است؛ در نظر گرفتن انواع مختلف تجهیزات و محصولات، چند سطحی کردن زنجیره تامین، بررسی احتمالی و پویای پارامترهای تقاضا و هزینه و غیره از جمله این موارد است [۴]. طراحی شبکه در زنجیره تامین می‌تواند شامل مکانیابی، مسیریابی و تخصیص در زنجیره تامین باشد. از این رو می‌توان اظهار نمود که مسائل طراحی شبکه نگاه جامعی به زنجیره تامین دارد. کالای فسادپذیر به کالایی گفته می‌شود که آسیب‌پذیر، فاسد شونده، تبخیر شونده و یا بطور کلی دارای تاریخ انقضا باشد. محصولاتمانند مواد غذایی و دارویی، فیلم عکاسی، الکل و غیره جزء این دسته هستند. توزیع این نوع اقلام شرایط خاصی را می‌طلبد از جمله اینکه محدودیت زمانی برای توزیع وجود دارد. این کالاها اگر در زمان مناسب به مقصد نرسند، بخشی از آن و یا بطور کامل غیر قابل مصرف می‌شوند. سیاست تخفیف از جمله مکانیزم‌هایی است که برای تشویق مشتریان برای خرید یا سفارش بیشتر کالا اعمال می‌شود. گاهی اوقات شرکت‌های توزیع نیز برای جذب سفارش بیشتر، اقدام به ارائه‌ی سیاست‌های تخفیف می‌کنند به صورتی که هرچه مقدار حمل کالا برای مشتری بیشتر باشد، قیمت حمل را کاهش می‌دهد. با این کار هم مشتری هزینه کمتری را پرداخت می‌کند و هم توزیع کننده سود بیشتری از فعالیت اقتصادی خود می‌برد. در ادامه در بخش ۲ کارهای مرتبط انجام شده مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش ۳ مدل و اجزای آن به همراه فرضیات مسئله شرح داده می‌شود. در بخش ۴ با استفاده از یک مثال عددی، مسئله با در نظر گرفتن تخفیف و بدون آن بررسی شده است. نهایتاً بخش ۵ به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاداتی اختصاص داده شده است.

۲- مرور ادبیات

مقالات بسیاری به بررسی کنترل موجودی اقلام فساد پذیر در زنجیره تامین پرداخته‌اند. گیر و اسکرادر [۵] برای اولین بار تاثیر تخریب کالا در عملکرد سیستم موجودی را بررسی کردند. آنها نرخ تخریب بر اساس تابع چگالی وایبول در نظر گرفتند. وی [۶] مدلی جهت تعیین میزان تولید اقتصادی برای اقلام فساد پذیر با در نظر گرفتن نرخ تولید ثابت و مجاز نبودن کمبود ارائه نمود. سارکر و همکاران [۷] یک مدل زنجیره تامین برای کالاهای فساد پذیر با در نظر گرفتن تورم و تاخیر در پرداخت و امکان کمبود و با هدف تعیین سیاست سفارش بهینه برای خریدار طراحی کرده‌اند. میراندا و گاریدو [۸] یک مدل برای بهینه‌سازی سطح سرویس در شبکه توزیع دو سطحی ارائه کردند. آنها با استفاده از یک الگوریتم تکراری سطح سرویس بهینه و سایر پارامترهای مربوط به شبکه بدست آوردند. این الگوریتم در سطح اول نرخ سرویس را بهینه می‌کند و در سطح دوم تصمیمات مربوط به مکانیابی و موجودی باقیمانده با توجه به مرحله قبل اخذ می‌شود. راتو و همکاران [۹] یک مدل موجودی برای اقلام فساد پذیر در زنجیره تامین چند سطحی ارائه کردند. آنها هزینه‌های سالانه را برای کل زنجیره تامین بهینه کردند. همچنین راکسیان و همکاران [۱۰] کلیه مطالعات صورت گرفته در زمینه فسادپذیری موجودی‌ها را در یک مقاله مروری بطور کامل بررسی کرده‌اند. بررسی شبکه توزیع در زنجیره تامین نیز مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. کوپرا [۱۱] مقاله‌ای با عنوان طراحی شبکه توزیع در زنجیره تامین ارائه کرد که پایه‌ای برای مطالعات بعدی شد؛ وی در مقاله خود شبکه‌های توزیع را به شش دسته عمده تقسیم کرد: ۱- انبارش توسط تولیدکننده با انتقال مستقیم، ۲- انبارش تولیدکننده با انتقال مستقیم و ادغام در حین حمل، ۳- انبارش توزیع کننده با ارسال توسط شرکت حمل، ۴- انبارش توزیع کننده با تحویل به صورت LMD (Last Mile Delivery)، ۵- انبارش

¹ Ghare and Schrader

² Wee

³ Sarker et al.

⁴ Miranda and Garrido

⁵ Rau et al.

⁶ Ruxian et al.

⁷ Chopra

تولیدکننده یا توزیع کننده با دریافت مشتری و ۶- انبارش خرده فروشی با دریافت مشتری. مدل توسعه داده شده در مقاله حاضر بر اساس طبقه‌بندی کوپرا، مدل نوع ۴ است. همانطور که در [۱۱] بیان شده است، مدل چهارم مناسب کالاهای اساسی در صنعت خواروبار فروشی است. امیری^۱ [۳] به بررسی مسئله طراحی شبکه توزیع در زنجیره تامین پرداخته است. بدین منظور او یک مدل جایابی تسهیلات تک محصولی چند کارخانه‌ای توسعه داده است که در آن تسهیلات (کارخانجات و انبارها) از سطوح چندگانه ظرفیتی برخوردارند و ظرفیت بهینه تسهیلات توسط مدل تعیین می‌گردد. برای حل مسئله یک روش ابتکاری ارائه شده است. برخی از محققین نیز به بررسی توزیع اقلام فسادپذیر در زنجیره تامین پرداخته‌اند. جایارامان و پیرکول^۲ [۱۲] به بررسی مسئله جایابی تسهیلات چند کارخانه‌ای چند محصولی با ظرفیت محدود و با هدف کمینه سازی مجموع هزینه‌های ثابت برپایی تسهیلات و هزینه‌های متغیر ارسال و پردازش کالاها پرداخته‌اند. آنان در کار خود برای حل این مسئله روشی خلاقانه مبتنی بر لاگرانژ ارائه کرده‌اند. راس و جایارامان^۳ [۱۳] به بررسی دسته‌ای از مسایل طراحی شبکه توزیع پرداخته‌اند که دارای چند نوع محصول، یک کارخانه تولیدی مرکزی، چند مرکز توزیع و مکان‌های انبار موقت و چند بازار تقاضاست. آنان برای حل این مسئله از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید بهره گرفته‌اند. ونگ^۴ [۱۴] یک شبکه توزیع و سیاست بازپرسی برای زنجیره تامین مبتنی بر نظریه فازی در شرایط فساد پذیری اقلام طراحی و آن را با استفاده از الگوریتم مورچگان حل کرده است. در این مقاله مسئله تعیین اندازه دسته پویا در زنجیره تامین بر اساس نظریه فازی ارائه شده است. بگام و همکاران^۵ [۱۵] یک مدل مقدار بهینه اقتصادی سفارش برای اقلام فسادپذیر و با در نظر گرفتن هزینه واحد تولید و تقاضای غیر خطی و امکان کمبود ارائه کرده‌اند. تانگ و یانگ^۶ [۱۶] مسئله طراحی شبکه توزیع اقلام فسادپذیر در زنجیره تامین را با توسعه یک مدل شامل تولید، کنترل موجودی و مکانیابی، بررسی نمودند. هدف از این بررسی، تعیین تعداد مراکز توزیع، مکانیابی آنها و تعیین سیاست کنترل موجودی بهینه برای کل زنجیره تامین است. این کار از طریق کاهش فساد مواد و کاهش هزینه مکانیابی، موجودی و حمل و نقل صورت می‌گیرد. برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. برخی از مقالات نیز زنجیره تامین را در شرایط تخفیف بررسی کرده‌اند. تسائو و لو^۷ [۱۷] مسئله طراحی شبکه زنجیره تامین را با رویکرد یکپارچه‌سازی مکانیابی تسهیلات و تخصیص موجودی با فرض وجود تخفیف مقداری و تخفیف روی حمل و نقل (تخفیف فاصله‌ای) بررسی کردند و مسئله غیر خطی خود را با استفاده از یک روش ابتکاری حل نمودند. یه و گو^۸ [۱۸] یک مدل بهینه حمل و نقل-موجودی تحت شرایط تخفیف برای یک زنجیره تامین دو سطحی شامل یک تامین کننده و چندین فروشنده را ارائه کردند. آنچه که در ادبیات مورد بررسی قرار نگرفته است مدل‌سازی یک شبکه توزیع برای زنجیره تامین اقلام فساد پذیر با در نظر گرفتن تخفیف است. در این مقاله شبکه توزیع اقلام فسادپذیر شامل چندین توزیع کننده و چندین مشتری در شرایط وجود تخفیف بر روی مقدار حمل شده از توزیع کننده به مشتریان بررسی شده است.

۳- توسعه مدل مسئله

فرض می‌کنیم در یک زنجیره تامین اقلام فساد پذیر چندین مرکز توزیع و چندین مشتری وجود دارند و همچنین مراکز توزیع بر اساس سفارشات رسیده و اطلاعات قبلی به اندازه کافی از یک نوع کالای خاص برای توزیع در اختیار دارند. وجه تمایز این توزیع

¹ Amiri

² Jayaraman and Pirkul

³ Ross and Jayaraman

⁴ Wong

⁵ Begum et al.

⁶ Tang and Yang

⁷ Tsao and Lu

⁸ Ye and Gu

کننده‌ها در مقادیر تخفیفی است که ارائه می‌کنند و مشتری‌ها نیز بر اساس این اطلاعات، در مورد مقدار سفارش از هر یک از توزیع کنندگان تصمیم می‌گیرند. مقدار سفارش باید به گونه‌ای باشد که کمترین هزینه را به مشتریان تحمیل نماید. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های نگهداری، فسادپذیری و سفارش و حمل است. در ضمن کمبود مجاز نمی‌باشد.

نمادهای به کار رفته در این مدل به شرح زیر است:

θ : نرخ ثابت فساد پذیری

$I_i(t)$: سطح موجودی مشتری i در زمان t

D_i : تقاضای مشتری i

A_i : هزینه ثابت به ازای هر بار سفارش

t_i : دوره برنامه‌ریزی برای مشتری i

h : هزینه ثابت نگهداری به ازای واحد کالا

p : هزینه فساد پذیری به ازای واحد کالا

سطح موجودی مشتری i در زمان t با استفاده از معادله (۱) بدست می‌آید:

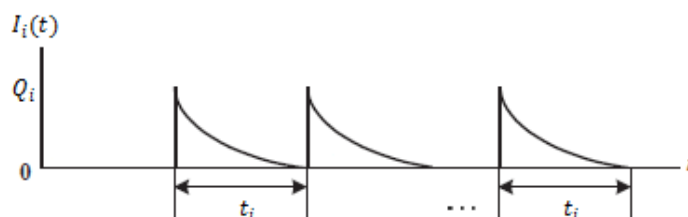
$$\frac{dI_i(t)}{dt} = -D_i - \theta \times I_i(t), 0 \leq t \leq t_i \quad (1)$$

با استفاده از نقاط مرزی که در شکل (۱) مشخص است، معادله دیفرانسیل (۱) را حل می‌کنیم:

$$I_i(t) = \frac{D_i}{\theta} \left(\frac{e^{\theta t_i} - e^{\theta t}}{e^{\theta t}} \right), 0 \leq t \leq t_i \quad (2)$$

در نتیجه اندازه دسته‌ای که از توزیع کننده به مشتری ارسال می‌شود برابر است با:

$$Q_i = \frac{D_i}{\theta} (e^{\theta t_i} - 1) \quad (3)$$



شکل ۱- روند تغییرات سطح موجودی مشتری i

هزینه نگهداری، هزینه فساد پذیری و هزینه سفارش برای مشتری i به صورت زیر است:

$$HC_i = \frac{h}{t_i} \int_0^{t_i} I_i(t) dt = \frac{hD_i(e^{\theta t_i} - \theta t_i - 1)}{t_i \theta^2} \quad (4)$$

$$DC_i = \frac{p(Q_i - D_i t_i)}{t_i} \quad (5)$$

$$OC_i = \frac{A_i}{t_i} \quad (6)$$

توزیع کننده‌ها نیز برای ترغیب مشتریان به خرید بیشتر، برای مقادیر مختلف سفارش، قیمت‌های متفاوتی را برای حمل کالا

ارائه می‌کنند. بنابراین اگر x_{ijk} مقدار سفارش مشتری i از توزیع کننده j در سطح قیمت k باشد، توزیع کننده j به صورت زیر با

افزایش سفارش، قیمت را تغییر می‌دهد:

$$c_{jk} = \begin{cases} c_{j1} & \text{if } x_{ijk} < d_j \\ c_{j2} & \text{if } x_{ijk} \geq d_j \end{cases}, k = 1, 2 \quad (7)$$

متغیر باینری y_{ijk} به این گونه تعریف می‌شود که چنانچه مشتری i از توزیع کننده j در سطح k سفارش دهد $y_{ijk} = 1$ و

در غیر اینصورت $y_{ijk} = 0$ باشد. با این تعریف هزینه حمل برابر است با:

$$TRC_i = \frac{\sum_j \sum_k c_{jk} y_{ijk} x_{ijk}}{t_i} \quad (8)$$

نظر به اینکه که کمبود مجاز نیست مقدار کلایی که از توزیع کنندگان به مشتری i ارسال می شود بایستی حداقل به بزرگی میزان سفارش مشتری i (Q_i) باشد: (با توجه به تابع هدف حداقل هزینه، سمت راست محدودیت (9) تا حد ممکن به سمت چپ آن نزدیک می شود)

$$\sum_j \sum_k x_{ijk} \geq Q_i \quad (9)$$

بنابراین هزینه کل سالانه مشتری i برابر است با:

$$TC_i = HC_i + DC_i + TCR_i + OC_i = \frac{hD_i(e^{\theta t_i} - \theta t_i - 1)}{t_i \theta^2} + \frac{p(Q_i - D_i t_i)}{t_i} + \frac{\sum_j \sum_k c_{jk} y_{ijk} x_{ijk}}{t_i} + \frac{A_i}{t_i} \quad (10)$$

حل رابطه (10) به خاطر وجود توابع نمایی دشوار است، لذا با استفاده از بسط تیلور و نادیده گرفتن توان های سوم و بالاتر θ و به ازای مقادیر کوچک θ ، این توابع را ساده سازی می کنیم. برای این منظور از رابطه (11) استفاده می کنیم.

$$e^{\theta t} \cong \frac{2+\theta t}{2-\theta t} \quad (11)$$

از معادله (10) نسبت به t_i مشتق می گیریم و برابر صفر قرار می دهیم. در نتیجه خواهیم داشت:

$$t_i^* = \frac{2}{\theta + \sqrt{\frac{2D_i(h+p\theta)}{A_i + \sum_j \sum_k c_{jk} y_{ijk} x_{ijk}}}} \quad (12)$$

با جایگذاری مقدار فوق در رابطه (10) می توان هزینه کل را با استفاده از رابطه (13) تخمین زد:

$$\widehat{TC}_i = \sqrt{2D_i(h+p\theta) \times (A_i + \sum_j \sum_k c_{jk} y_{ijk} x_{ijk})} + \frac{\theta}{2} \times (A_i + \sum_j \sum_k c_{jk} y_{ijk} x_{ijk}) \quad (13)$$

نظر به اینکه برای دسترسی به رابطه (13) از بسط تیلور و نادیده گرفتن توان های سوم و بالاتر استفاده شده است، $\widehat{TC}_i \leq TC_i$. همچنین تفاوت هزینه تخمینی و هزینه واقعی از مرتبه $\theta^2 t_i^2$ است. بنابراین به ازای مقادیر کوچک θ رابطه (13) تخمین مناسبی را ارائه می کند. لذا مدل توزیع اقلام فساد پذیر برای مشتریان با هدف کمینه کردن هزینه ها به صورت زیر ارائه می شود:

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \left(\sqrt{2D_i(h+p\theta) \times (A_i + \sum_j \sum_k c_{jk} y_{ijk} x_{ijk})} + \frac{\theta}{2} \times (A_i + \sum_j \sum_k c_{jk} y_{ijk} x_{ijk}) \right) \quad (14-1)$$

Subject to:

$$\frac{2D_i t_i}{2-\theta t_i} \leq \sum_j \sum_k x_{ijk} \quad (14-2)$$

$$\varepsilon \times y_{ij1} < x_{ij1} \leq d_j \times y_{ij1} \quad (14-3)$$

$$d_j \times y_{ij2} < x_{ij2} \leq M \times y_{ij2} \quad (14-4)$$

$$\sum_{k=1}^m y_{ijk} \leq 1 \quad (14-5)$$

$$y_{ijk} = 0,1; x_{ijk} \geq 0, \text{ integer} \quad (14-6)$$

تابع هدف (14-1) مجموع هزینه های سالانه نگهداری، فساد پذیری و حمل و نقل و سفارش را کمینه می کند. محدودیت (2-)

(14) بیانگر آن است که مقدار کلای ارسالی از توزیع کنندگان به مشتری i باید حداقل به بزرگی میزان سفارش مشتری i باشد. در

این محدودیت به جای t_i مقدار بدست آمده از رابطه (12) را قرار می دهیم. نتیجه به صورت زیر خواهد بود:

$$\sqrt{\frac{2D_i}{h+p\theta} (A_i + \sum_j \sum_k c_{jk} y_{ijk} x_{ijk})} \leq \sum_j \sum_k x_{ijk} y_{ijk} \quad \forall i \quad (15)$$

محدودیت (14-3) و (14-4) تغییر قیمت به ازای مقادیر مختلف سفارش را نشان می دهد. اگر میزان سفارش از d_j کمتر

باشد، قیمتی که توزیع کننده j برای حمل هر واحد کالا ارائه می دهد برابر c_{j1} و اگر میزان سفارش از d_j بیشتر باشد، قیمت حمل

برابر C_{j2} خواهد بود. همچنین این شرط را نیز ارضا می‌کند که وقتی از یک سطح قیمت سفارش انجام نشود ($y_{ijk} = 0$)، مقدار سفارش نیز صفر می‌شود ($x_{ijk} = 0$). محدودیت (۵-۱۴)، این شرط را کنترل می‌کند که سفارش مشتری i از توزیع کننده j در یکی از سطوح تخفیف صورت می‌گیرد. محدودیت (۶-۱۴) نیز محدودیت‌های فنی را نشان می‌دهد. همچنین میزان سفارش اقلام فسادپذیر به دلیل محدودیت فضای وسائل حمل‌ونقل به صورت بسته‌ای در نظر گرفته شده است یعنی هر واحد کالا به صورت یک بسته با وزن مشخص در نظر گرفته می‌شود. برای وسایل نقلیه هیچ‌گونه محدودیت ظرفیت در نظر گرفته نشده است. با توجه به اینکه تابع هدف مسئله غیرخطی است، حل مدل حاصل بویژه برای مسائل با مقیاس بزرگ دشوار است. بنابراین برای حل، از دو روش فراابتکاری شبیه‌سازی تبرید (SA) و ژنتیک (GA) (که کاربرد زیادی در ادبیات موضوع دارند) استفاده و نتایج بررسی شده است.

۴- مثال عددی

در این بخش نحوه عملکرد مدل ارائه شده با استفاده از یک مثال مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه، ابتدا الگوریتم پیشنهادی شبیه‌سازی تبرید و الگوریتم ژنتیک توضیح داده می‌شود و سپس نتایج حل مدل با استفاده از این الگوریتم‌ها ارائه می‌شود.

۴-۱- شبیه‌سازی تبرید

الگوریتم شبیه‌سازی تبرید اولین بار توسط کرک پاتریک^۱ و همکاران [۱۹] برای مسائل بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. در این الگوریتم، هدف، انتقال سیستم از حالت اولیه دلخواه به حالتی است که سیستم در آن کمترین انرژی را داشته باشد. نظر به اینکه که این الگوریتم بهبوددهنده است، برای حل یک مسئله بهینه‌سازی ابتدا از یک جواب اولیه شروع می‌کند و سپس در یک حلقه تکرار به جواب‌های همسایه حرکت می‌کند. اگر جواب همسایه بهتر از جواب فعلی باشد، الگوریتم آن را به عنوان جواب فعلی قرار می‌دهد، در غیر این صورت، الگوریتم آن جواب را با احتمال $\exp(-\Delta E/T)$ به عنوان جواب فعلی می‌پذیرد. در این رابطه ΔE تفاوت بین تابع هدف جواب فعلی و جواب همسایه است و T یک پارامتر به نام دما است. در هر دما، چندین تکرار انجام می‌شود و سپس دما به آرامی کاهش داده می‌شود. در گام‌های اولیه دما خیلی بالا قرار داده می‌شود تا احتمال بیشتری برای پذیرش جواب‌های بدتر وجود داشته باشد. با کاهش تدریجی دما، در گام‌های پایانی احتمال کمتری برای پذیرش جواب‌های بدتر وجود خواهد داشت و بنابراین الگوریتم به سمت یک جواب خوب همگرا می‌شود.

۴-۲- الگوریتم شبیه‌سازی تبرید پیشنهادی

در این مثال هدف، کمینه کردن تابع هزینه است و متغیرهای تصمیم مقدار سفارش مشتری از توزیع‌کننده‌ها و متغیر باینری انتخاب توزیع‌کننده است. تقاضا دارای توزیع یکنواخت بین (۰ و ۱۰۰۰) است.

- ۱- با یک جواب اولیه قابل قبول و یک دمای اولیه شروع می‌کنیم.
- ۲- برای هر مشتری از بین سطوح تخفیفی که توسط هر توزیع‌کننده ارائه شده است به تصادف یکی انتخاب می‌شود و یک مقدار صفر یا یک به متغیر انتخاب شده (y) تخصیص داده می‌شود.
- ۳- تخصیص سفارش به توزیع‌کنندگانی صورت می‌گیرد که در قدم ۲ انتخاب شده باشند، بنابراین به ازای متغیرهایی که مقدار یک دارند، یک عدد صحیح به طور تصادفی به صورت زیر تولید می‌شود:
 - ۳-۱- اگر $d_j < D_i$ باشد، برای سطح تخفیف اول، یک عدد تصادفی بین ۱ تا d_j و برای سطح تخفیف دوم، یک عدد تصادفی بین d_j تا D_i انتخاب می‌شود.

¹ Kirkpatrick

۳-۲- اگر $d_j > D_i$ باشد، برای سطح تخفیف اول یک عدد تصادفی بین ۱ تا D_i تولید می‌شود. مقدار سفارش در سطح تخفیف دوم نیز صفر است.

۴- اگر جواب بدست آمده بهتر از جواب فعلی باشد، آن را جایگزین بهترین جواب فعلی می‌کنیم، در غیر این صورت با یک احتمال مشخص آن را جایگزین می‌کنیم.

۵- دما را کاهش می‌دهیم و این الگوریتم را تا جایی ادامه می‌دهیم که شرط توقف تعریف شده برآورده شود. در الگوریتم شبیه‌سازی تبرید، دمای اولیه ۱۰۰۰ و دمای نهایی ۰/۱ در نظر گرفته شده است. همچنین در مکانیزم تولید همسایگی از دو روش ۱- تعویض جفتی و ۲- تغییر مکان بر اساس رشته تصادفی، استفاده شده است.

۳-۴- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یک روش بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت است که به عنوان یک روش عددی جستجوی مستقیم و تصادفی معرفی می‌شود. برای اولین بار، جان هالند^۱ [۲۰] در مقاله‌ای تحت عنوان سیستم‌های مصنوعی و انطباق در طبیعت، این الگوریتم را مطرح کرد. همچنین با نوآوری‌های گلدبرگ^۲ [۲۱]، کاربردهای الگوریتم ژنتیک در زمینه‌های مختلف آغاز شد. الگوریتم ژنتیک بر مبنای نظریه تکامل داروین استوار است. در این نظریه ۲ نکته اصلی مورد توجه قرار می‌گیرد: ۱- نسل‌های بعدی در اثر تکامل نسل‌های قبلی حاصل می‌شوند و در واقع نسل‌های بعدی، فرزندان نسل‌های گذشته هستند ۲- در تنازع برای بقا، قوی‌ترها شانس بیشتری دارند. بر اساس ایده ذکر شده، هر موجود در جامعه، معادل یک جواب یک الگوریتم در نظر گرفته می‌شود. در واقع این الگوریتم مبتنی بر جمعیت است. همچنین قوی‌تر بودن هر موجود در این الگوریتم معادل تابع هدف بهتر برای آن جواب است.

۴-۴- الگوریتم ژنتیک پیشنهادی

مانند الگوریتم پیشین، در اینجا نیز متغیر تصمیم، مقدار و مسیر انتقال کالا از توزیع‌کننده‌ها به مشتریان است.

- ۱- جمعیت اولیه جواب‌ها را به طور تصادفی تولید می‌کنیم.
- ۲- با استفاده از عملگر انتخاب چرخ رولت^۳، جواب‌های والد را انتخاب کرده و عملگر تقاطع (دو نقطه‌ای) را اعمال می‌کنیم.
- ۳- با استفاده از عملگر چرخ رولت، جواب‌ها را برای جهش انتخاب کرده و عملگر جهش (تعویض جفتی) را اعمال می‌کنیم.
- ۴- جواب‌های حاصل از گام‌های ۱، ۲ و ۳ را در یک مجموعه قرار می‌دهیم. برای هر جواب باینری (Y) که تا به حال داریم، متغیر X را بر اساس متغیر باینری مربوطه تولید می‌کنیم.

۵- از بین جواب‌های شدنی گام ۴، بهترین جواب (کمترین تابع هدف) انتخاب می‌شود.

۶- با استفاده از عملگر انتخاب (چرخ رولت)، جمعیت جدید را تشکیل می‌دهیم و به گام ۲ بر می‌گردیم.

۷- الگوریتم تا برقراری شرط توقف ادامه می‌یابد.

در الگوریتم ژنتیک، جمعیت اولیه ۵۰، فشار انتخاب ۳۰ و احتمال‌های تقاطع و جهش به ترتیب ۰/۸ و ۰/۳ در نظر گرفته شده است. در ادامه، مثال با استفاده از الگوریتم‌های پیشنهادی حل شده و نتایج آن ارائه شده است. برای حل، از رایانه‌ای با پردازشگر Intel® 2.8 GHz با حافظه 3GB استفاده شده است. نمونه مسائل متعددی با ابعاد کوچک و متوسط، برای مدل برنامه‌ریزی غیر خطی عدد صحیح توزیع اقلام فسادپذیر با استفاده از الگوریتم‌های ارائه شده حل شده است که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرد. برای نمونه مسئله متوسط (۱۰ توزیع‌کننده و ۳۰ مشتری)، مقادیر قیمت‌های پیشنهادی (سیاست‌های تخفیف) از طرف توزیع

¹ Holland

² Goldberg

³ Roulette wheel selection

کننده در جدول ۱ و مقادیر کل نرخ تقاضای مشتریان در جدول ۲ ارائه شده است. نرخ فساد پذیری ۲ درصد، هزینه فسادپذیری ۴۰ واحد، هزینه نگهداری ۵۰ واحد و هزینه سفارش برای همه مشتریان ۱۰۰ واحد است.

جدول ۱- قیمت‌های پیشنهادی از طرف توزیع کننده به ازای مقادیر مختلف حمل (نمونه مسئله متوسط)

توزیع کننده	مقادیر حمل	قیمت	توزیع کننده	مقادیر حمل	قیمت
۱	≤ 800	۷	۶	≤ 700	۶
	$800 <$	۱		$700 <$	۴
۲	≤ 400	۴	۷	≤ 400	۵
	$400 <$	۲		$400 <$	۳
۳	≤ 600	۶	۸	≤ 600	۵
	$600 <$	۳		$600 <$	۳
۴	≤ 700	۷	۹	≤ 800	۷
	$700 <$	۳		$800 <$	۵
۵	≤ 500	۵	۱۰	≤ 500	۶
	$500 <$	۳		$500 <$	۲

جدول ۲- تقاضای مشتریان برای کالا (نمونه مسئله متوسط)

مشتری	تقاضا	مشتری	تقاضا	مشتری	تقاضا	مشتری	تقاضا	مشتری	تقاضا	مشتری	تقاضا
۱	۶۴۲	۶	۳۹۱	۱۱	۸۸۰	۱۶	۳۹۲	۲۱	۴۱۶	۲۶	۵۹۶
۲	۵۴۸	۷	۹۷۱	۱۲	۸۰۰	۱۷	۴۸۹	۲۲	۴۹	۲۷	۱۸۱
۳	۴۳۳	۸	۲۰۳	۱۳	۹۰۷	۱۸	۹۴۷	۲۳	۵۷۹	۲۸	۶۸۴
۴	۸۴۴	۹	۹۹۰	۱۴	۴۴۶	۱۹	۶۸	۲۴	۹۴	۲۹	۱۵۶
۵	۴۹۵	۱۰	۵۱	۱۵	۲۸۰	۲۰	۲۸۲	۲۵	۵۲۷	۳۰	۹۹۰

مقادیر تقاضا در این نمونه مسئله، عددی تصادفی در بازه [۰، ۱۰۰۰] در نظر گرفته شده است.

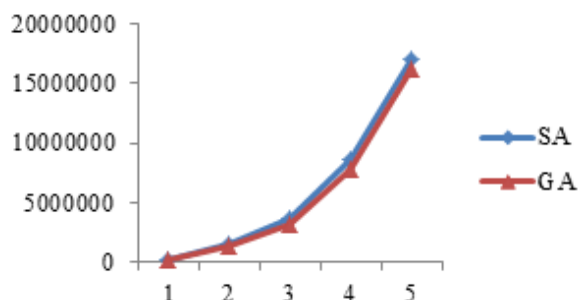
جدول ۳- مقادیر تابع هدف با استفاده از دو الگوریتم شبیه سازی تبرید و ژنتیک

	الگوریتم شبیه سازی تبرید	الگوریتم ژنتیک
جواب نمونه مسئله (متوسط) با در نظر گرفتن تخفیف	۱۴۹۰۲۸۹.۷۸	۱۳۵۱۷۵۲.۸

شکل ۲، روند جواب‌های ارائه شده از دو الگوریتم برای نمونه مسائل مختلف (جدول ۴) را ارائه می‌دهد.

جدول ۴- نمونه مسائل مختلف حل شده با استفاده از الگوریتم‌های شبیه سازی تبرید و ژنتیک

نمونه مسئله	۱	۲	۳	۴	۵
توزیع کننده	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
مشتری	۱۰	۳۰	۵۰	۷۰	۱۰۰



شکل ۲- جواب‌های نمونه مسائل با استفاده از دو الگوریتم شبیه‌سازی تبرید و ژنتیک

حال مسئله را بدون در نظر گرفتن تخفیف بررسی می‌کنیم، مدل توسعه داده شده به شکل زیر در می‌آید ($k=1$ و $y_{ij1} = 1$):

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \left(\sqrt{2D_i(h+p\theta)} \times (A_i + \sum_j c_j x_{ij}) + \frac{\theta}{2} \times (A_i + \sum_j c_j x_{ij}) \right) \quad (16-1)$$

Subject to:

$$\sqrt{2D_i \times \frac{A_i + \sum_j c_j x_{ij}}{h+p\theta}} \leq \sum_j x_{ij} \quad (16-2)$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ integer} \quad (16-3)$$

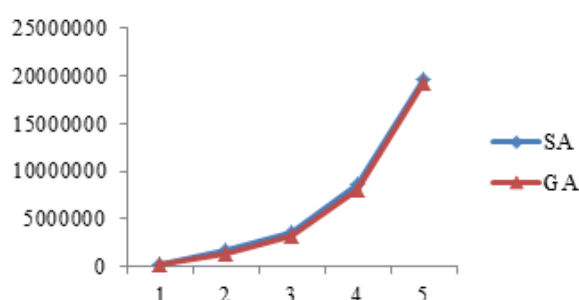
در اینجا با توجه به اینکه تنها یک قیمت برای حمل کالا داریم (قیمت سطح اول تخفیف)، x_{ij} به x_{ijk} تبدیل می‌شود. با

استفاده از روش‌های فراابتکاری شبیه‌سازی تبرید و ژنتیک، مدل بدون تخفیف را برای مثال مطرح شده حل می‌کنیم:

جدول ۵- مقادیر تابع هدف با استفاده از دو الگوریتم برای نمونه مسئله بدون تخفیف

	الگوریتم ژنتیک	الگوریتم شبیه‌سازی تبرید
جواب نمونه مسئله (متوسط) بدون تخفیف	۱۵۲۹۳۰۸۸۵	۱۶۴۶۴۰۹۶۴

همان‌گونه که از جداول ۳ و ۵ مشاهده می‌شود، اعمال تخفیف بر روی هزینه حمل، موجب کاهش هزینه‌های مشتریان می‌گردد. همچنین سمت راست رابطه (۱۶-۲) به دلیل استفاده نکردن از سیاست‌های تخفیف (که باعث کاهش هزینه کل می‌شود)، به مقدار بهینه سفارش نزدیک‌تر است. اگر تفاوت قیمت‌ها در نقاط شکست بیشتر شود و نقاط شکست تخفیف پایین‌تر باشد این اختلاف هزینه مشهودتر خواهد بود. برای حالت بدون تخفیف نیز نمونه مسائل با ابعاد مختلف با استفاده از هر دو الگوریتم حل شده‌اند که در شکل ۳ نمایش داده شده است:



شکل ۳- جواب‌های نمونه مسائل مختلف با استفاده از دو الگوریتم شبیه‌سازی تبرید و ژنتیک (بدون تخفیف)

۵- نتیجه گیری و مطالعات آتی

در این مقاله یک مدل برای توزیع اقلام فسادپذیر در زنجیره تامین با فرض وجود تخفیف بر روی مقدار حمل کالاها ارائه شد. تخفیف بر روی قیمت حمل که از طرف توزیع کنندگان اعلام می‌گردد، موجب می‌شود که مشتریان تمایل به سفارش مقادیر

بیشتری داشته باشند. این امر باعث می شود که درآمد توزیع کنندگان بیشتر و هزینه های مشتریان کمتر شود. بر اساس مدل ارائه شده، دو الگوریتم فراابتکاری برای حل نمونه مسائل مختلف توسعه داده شد. همچنین مدل برای حالتی که تخفیف وجود ندارد نیز بررسی شد و نتایج نشان داد که تخفیف های ارائه شده مجموع هزینه های مشتریان را کاهش می دهد. هرچه تفاوت قیمت در نقطه شکست بیشتر و نقطه شکست نیز پایین تر باشد، این اختلاف در هزینه ها مشهود تر می شود. بر اساس نتایجی که از حل نمونه مسائل مختلف برای مدل شبکه توزیع بدست آمد، الگوریتم ژنتیک کارایی بهتری را از خود نشان داد. برای مطالعات آتی نیز می توان مدل را برای حالت مجاز بودن کمبود و در نظر گرفتن سطوح دیگر زنجیره تامین بررسی نمود. همچنین کاربرد مدل مقدار اقتصادی تولید نیز می تواند به عنوان مطالعات آتی مورد بررسی قرار گیرد.

مراجع

- [1] Thomas.D.J., Griffin. P. M., "Coordinated supply chain management", *European Journal of Operational Research*, 94, pp.1-15, 1996.
- [2] Tilanus, B., "Introduction to Information System in Logistics and Transportation", *Information Systems in Logistics and Transportation*. Amsterdam: Elsevier, 1997.
- [3] Amiri.A., "Designing a distribution network in a supply chain system: Formulation and efficient solution procedure", *European Journal of Operational Research*, 171, pp. 567–576, 2006.
- [4] Sadjady.H., Davoudpour. H., "Two-echelon, multi-commodity supply chain network design with mode selection, lead-times and inventory costs", *Computers & Operations Research*, 39, pp. 1345–1354, 2012.
- [5] Ghare.P.M., S. S. F., "A model for exponentially decaying inventory", *Journal of Industrial Engineering*, 14, pp. 233-243, 1963.
- [6] Wee.H.M., "Economic production lot size model for deteriorating items", *Computer & Industrial Engineering*, 6, pp. 309-317, 1993.
- [7] Sarker.B.R, Jamal. A. M. M., Wang.S., "Supply chain models for perishable products under inflation and permissible delay in payment", *Computers & Operations Research*, 27, pp.59-75, 2000.
- [8] Miranda.P.A., G. R. A., "Inventory service-level optimization within distribution network design problem". *International journal of production Economics*, 122, pp. 276–285, 2009.
- [9] Rau.H., W. M. Y., Wee.H.M. "Integrated inventory model for deteriorating items under a multi-echelon supply chain environment". *International journal of production Economics*, 86, pp. 155–168, 2003.
- [10] Ruxian.L., L. H., Mawhinney.J.R., "A Review on Deteriorating Inventory Study". *Journal of Service Science & Management*, 3, pp. 117-129, 2010.
- [11] Chopra.S., "Designing the distribution network in a supply chain". *Transportation Research Part E*, 39, 123–140, 2003.
- [12] Pirkul H., J. V., "A multi commodity multi plant capacitated facility location problem: formulation and efficient heuristic solution", *Computers & Operations Research*, 25, pp. 869-878, 1998.
- [13] Jayaraman V., Ross. A., "A simulated annealing methodology to distribution network design and management". *European Journal of Operational Research*, 144, pp. 629-645, 2003.
- [14] Wong.J.T., "The distribution processing and replenishment policy of the supply chain under asymmetric information and deterioration", *Expert Systems with Applications*, 37, pp. 2347–2353, 2010.
- [15] Begum.R. , S.S.K., Sahoo.R.R., "An EOQ model for deteriorating items with weibull distribution deterioration, unit production cost with quadratic demand and shortages". *Applied Mathematical Sciences*, 4, 271 – 288, 2010.
- [16] Tang.K., Yang. C. , "A distribution network design model for deteriorating item". *International Journal of Logistics Systems and Management*, 4, pp. 366–383,2008.
- [17] Kirkpatrick.S., G. J. C. D., Vecchi.M.P., Optimization by simulated annealing. science. 220(4598), 671-680, 1983.
- [18] Tsao.Y.C., Lu. J. C., "A supply chain network design considering transportation cost discounts". *Transportation Research Part E*, 48, pp. 401–414, 2012.
- [19] Ye.Y., G. L. C., "Supply chain inventory-transportation optimal model under discount for perishable items", 2, pp. 579–582, 2010.



پنجمین کنفرانس ملی و سومین کنفرانس بین المللی لجستیک و زنجیره تامین
5th national & 3rd international LOGISTICS & SUPPLY CHAIN CONFERENCE



موسسه مطالعات و پژوهش های بازرگانی

[20] Holland.J.H., "*Adaptation in Natural and Artificial Systems*". Ann Arbor: illustrated, University of Michigan Press,1975.

[21] Goldberg.D.E., "*Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*", Addison-Wesley, illustrated, reprint, 1989.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی

توجه: بررسی مقاله ای متون (مقدماتی)

کارگاه آنلاین
بررسی مقابله ای متون (مقدماتی)

PROPOSAL
پروپوزال

توجه: پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

ISI
Scopus

توجه: آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو