



## قیمت گذاری کاهشی محصولات فسادپذیر در شرایط وابستگی تقاضا به قیمت و موجودی در معرض نمایش

آمنه جیحونی

دانشجوی دکترای مدیریت صنعتی، پردیس کیش دانشگاه تهران، تهران

حسین صفری (نویسنده مسؤل)

استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران

Email: hsafari@ut.ac.ir

حسن شوندی

دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران

محمدرضا صادقی مقدم

دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران

فرزاد بهرامی

استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه اراک، اراک

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۰۶ \* تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۰۲/۲۸

### چکیده

معمولاً در گذر زمان کالاهای فاسدشدنی ارزش خود را از دست می‌دهند و مشتریان رغبت کمتری برای خرید آن محصولات پیدا می‌کنند، بنابراین تقاضا کاهش می‌یابد. در این شرایط کاهش قیمت یا تخفیف سیاست مناسبی برای تحریک تقاضا و کاهش ضایعات می‌باشد. بدین منظور، در این مقاله برای دستیابی به حداکثر سود حاصل از فروش محصولات فسادپذیر سیاست کاهش قیمت به کار گرفته شده است. حال مسأله اینست که اگر تخفیف در زمان مناسب و به مقدار بهینه ارائه نشود به حداکثر سود نخواهیم رسید. لذا، در این مقاله به دنبال تعیین زمان بهینه تخفیف و مقدار بهینه تخفیف هستیم با هدف ماکزیمم کردن سود کل بنگاه. مفروضات این مقاله، تابع تقاضای وابسته به دو عامل قیمت فروش و موجودی در معرض نمایش، سطح موجودی نهایی غیر صفر و نرخ فساد ثابت می‌باشد. از حل مدل از رویکرد دقیق و مثال عددی، مثال با استفاده از الگوریتم ژنتیک، الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده حل شده و نتایج مقایسه شد و سپس تحلیل حساسیت پارامترهای اصلی سیستم انجام گردید.

**کلمات کلیدی:** اقلام فسادپذیر، الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده، الگوریتم ژنتیک، قیمت گذاری پویا.

## ۱- مقدمه

امروزه، در دنیای پیچیده و رقابتی، بیشتر از هر زمان دیگری نیاز به قیمت‌گذاری بهتر، سریع‌تر و دقیق‌تر می‌باشد. با توجه به استفاده گسترده و روز افزون اینترنت و همچنین تغییر نیازهای مصرف‌کنندگان، قیمت‌گذاری به صورت پویا<sup>۱</sup> می‌تواند تضمینی برای بقاء بنگاه باشد. مدیریت باید بتواند با قیمت‌گذاری مناسب بین عرضه و تقاضا تعادل ایجاد کند، تا به سهم بیشتر بازار دست یابد. حال آنکه، قیمت نه تنها از دیدگاه مالی مهم است بلکه از دیدگاه عملیاتی نیز حائز اهمیت می‌باشد و به عنوان یک ابزار کمک‌کننده به تنظیم و تعادل موجودی و فشار تولید به حساب می‌آید (Hu and Jia, 2011). با ایجاد تغییر در قیمت‌ها، می‌توان موجودی در دست را تنظیم نمود، میزان تقاضا را تغییر داد و تقاضا را در کوتاه مدت افزایش یا کاهش داد (Bitran & Bandalouski, 2018; Coldentey, 2003). لذا قیمت‌گذاری یکی از مؤثرترین عاملها بر سطح و نوع تقاضا و میزان سود شرکت می‌باشد. با استفاده از پیشرفتهایی که در فن‌آوری اطلاعات حاصل شده مدیران می‌توانند داده‌های بازار را جمع‌آوری کنند، رفتار مشتریان را یاد بگیرند، به طور پویا تصمیمات قیمت‌گذاری را تغییر دهند؛ بطوریکه راحت‌تر عرضه را با تقاضا تطبیق دهند (Feng, Zhang, Tang., 2015) صنایع متعددی وقتی نزدیک به پایان فصل فروش خود می‌شوند، به منظور تقلیل ضایعات و زبانه‌های وارده، از استراتژی کاهش قیمت<sup>۲</sup> بهره می‌جویند (Leventhal and Breur, 2012) در صنایع مختلف، در مواجهه با مشکل فروش اقلام فسادپذیر، شرکت‌ها درآمد خود را از طریق قیمت‌گذاری پویا افزایش می‌دهند (Lou, Hou & Lou, 2020).

تا اوایل دهه ۱۹۶۰ تمامی اقلام با طول عمر نامتناهی و کاربردپذیری<sup>۳</sup> تغییر ناپذیر در نظر گرفته می‌شدند و حقیقت اینست که انواع بسیاری از اقلام در این فرض به اشتباه قرار می‌گرفتند. بیشتر کالاهایی که در بازار وجود دارد در زمره کالاهای فاسدشدنی هستند، کالاهایی که به مرور زمان از ارزش آنها کاسته می‌شود. فساد<sup>۴</sup> (خرابی، زوال) اشاره دارد به زوال<sup>۵</sup> (پوسیدگی)، فاسد شدن<sup>۶</sup> یا منسوخ شدن<sup>۷</sup> (کهنگی، از رواج افتادگی) به طوری که آن اقلام دیگر برای هدف اصلی‌شان مناسب نباشند (Raafat, 1991). این اقلام شامل ۱- اقلام فساد پذیر<sup>۸</sup>، مانند شیر، پنیر، گوشت‌های فرآوری شده و محصولات کنسرو، داروها، فیلم‌های عکاسی، بانک خون و ... اگر فساد این محصولات به محض ورود به سیستم آغاز گردد، کالای فسادپذیر آنی<sup>۹</sup> و اگر بعد از زمان مشخصی شروع شود، کالای فسادپذیر غیر آنی<sup>۱۰</sup> نامیده می‌شود. ۲- اقلام فناپذیر یا زوال پذیر<sup>۱۱</sup>، که مقدار کاهش موجودی آنها تابعی از مقدار موجودی در دست است و معمولاً از تابع نمایی پیروی می‌کند. مانند الکل، نفت، نفتالین که مقدارشان با گذشت زمان کاهش می‌یابد و نرخ ثابتی از موجودی کالا در واحدی از زمان از بین می‌رود. ۳- محصولات منسوخ شدنی<sup>۱۲</sup>، که به دلیل تغییرات سریع تکنولوژی یا تولید محصولات جدید توسط رقبا، ارزش خود را از دست می‌دهند و یا باید با قیمت بسیار پایین فروخته شوند و یا باید از بین بروند؛ مانند تلفن‌های همراه یا قطعات یدکی هواپیماهای نظامی (Nahmias, 2011) فساد نقش مهمی را در سیستم موجودی بازی می‌کند. در نتیجه در زمانی که در مدیریت موجودی مقدار و زمان سفارش بهینه را تعیین می‌کنیم، بحث فساد نمی‌تواند نادیده گرفته شود نتایج آماری نشان می‌دهد که میزان خرابی میوه‌ها و سبزیجات تازه به ۲۰ درصد می‌رسد (Qin, Wang, Wei, 2014). به دلیل وجود رقابت و پایین بودن حاشیه سود مواد غذایی (به گزارش ری اینوستمنت<sup>۱۳</sup> در

<sup>1</sup> Dynamic Pricing

<sup>2</sup> Markdown Pricing

<sup>3</sup> Utility

<sup>4</sup> Deterioration

<sup>5</sup> Decay

<sup>6</sup> Spoilage

<sup>7</sup> Obsolescence

<sup>8</sup> Perishable

<sup>9</sup> Instantaneous

<sup>10</sup> Non Instantaneous

<sup>11</sup> Decay

<sup>12</sup> Obsolescence

<sup>13</sup> Reinvestment Fund

سال ۲۰۱۱، متوسط درآمد خالص خرده فروشان ایالات متحده در سال ۲۰۱۰ حدود ۹/۱ درصد بود، تعدیل کوچکی در قیمت می تواند تاثیر قابل توجهی بر حجم فروش و سود داشته باشد (Li & Teng, 2018).

همانطور که عنوان گردید تخفیف، استراتژی قدرتمندی برای تشویق خریدار به خرید می باشد. حال به دلیل اینکه کیفیت محصولات فسادپذیر رو به افول می گذارد، در این پژوهش استراتژی تخفیف را بکاربرده تا قبل از اینکه فساد آغاز گردد بتوان با تحریک تقاضا فروش را بالا برده و همچنین هزینه ناشی از خراب شدن این محصولات نیز کاهش یابد؛ چرا که بهینه سازی سیستم های کنترل موجودی از مسائل پر اهمیت در مدیریت زنجیره تأمین است (Jolai, Davoodi, Mohaghar & Mehregan, 2015) تا به هدف حداکثر کردن سود حاصل از محصولات فسادپذیر دست یابیم و نقطه زمانی بهینه برای ارائه تخفیف و مقدار تخفیف بهینه در آن زمان را پیدا کنیم.

#### الف) پیشینه پژوهش

بعد از پیت وینوت که در اوایل دهه ۱۹۶۰، تز دکتری خود را پیرامون مدل های قطعی مختلفی برای سفارش و توزیع اقلام فسادپذیر نوشت و هرگز منتشر نشد (Pete Veinott, 1960) و ون زیل که در سال ۱۹۶۴ بر روی موردی با طول عمر دو دوره ای و با تقاضای غیرقطعی تا مدت ها ناشناخته باقی ماند (Nahmias, 1972; Van Zyl, 1964). از دیگر نخستین کسانی که مدل EOQ را برای موجودی با نرخ فساد نمایی منفی و تقاضای ثابت توسعه دادند قاره و شردر بودند. آنها از مفهوم علت تغییرات موجودی در بازه های مختلف زمانی استفاده کردند و تا قبل از شروع فساد تغییر در سطح موجودی ناشی از وجود تقاضای مشتری برای محصول می باشد، اما پس از شروع فساد محصول تغییر در سطح موجودی نه تنها ناشی از وجود تقاضا می باشد، بلکه عامل فساد کالا نیز در آن نقش دارد. آنها با استفاده از تقریب تیلور تابع نمایی را تقریب زدند و زمان کالا گیری مجدد و مقدار سفارش اقتصادی بهینه را بدست آوردند (Ghare and Shradar, 1963). پس از آن کوورت و فیلیپ مدل قاره و شردر را گسترش دادند، با این فرض که خرابی آنی به جای توزیع نمایی، از توزیع وایبل پیروی می کند؛ ولی مدل و تحلیل آنها شبیه قیر و شردر می باشد (Covert and Philip, 1973). سپس فیلیپ مدل EOQ را با توزیع وایبل سه متغیره را با فرض غیر مجاز بودن کمبود در سیستم در نظر گرفت، (Philip, 1974). همچنین، کوهن نیز موجودی و قیمت گذاری کالاهای فاسدشدنی را به طور همزمان مورد مطالعه قرارداد، پژوهش او اولین گام برای تجزیه و تحلیل اثرات متقابل فساد با تصمیمات سفارش دهی موجودی و قیمت گذاری می باشد. کوهن توسعه ای از مدل قیر و شردر را در نظر گرفت و به منظور وارد کردن قیمت در مدل مانند سطح موجودی، نرخ تقاضا را تابعی از قیمت فرض کرد (Nahmias, 1972; Cohen, 1977).

بی و کندال فرض کردند که نرخ تقاضا به موجودی در معرض نمایش و تازگی کالا وابسته است و تخصیص فضای قفسه برای کالاهای فسادپذیر وقتی نرخ تقاضا به صورت حاصل ضرب سطح موجودی در معرض نمایش و تازگی محصول باشد را توسعه دادند (Bai and Kendal, 2008). میهمی و نخعی قیمت گذاری و کنترل موجودی برای اقلام فسادپذیر با یکدیگر به طور همزمان مورد بررسی قرار دادند. تابع تقاضا در این مقاله وابسته به قیمت محصول و زمان است. هدف اصلی این مقاله تعیین قیمت فروش بهینه، برنامه زمان بندی و مقدار سفارش بهینه است به طوری که سود کل حداکثر شود (Maihami and Nakhai, 2012) تات، اسماعیلی و طالعی زاده در مقاله ای مقدار اقتصادی سفارش را برای اقلام فسادپذیر با خرابی آنی و در مقاله دیگر با خرابی غیرآنی در سیستم های VMI توسعه دادند (Tat, Esmaeili & Taleizadeh, 2015). مقاله بونیا و شیخ برای توسعه دو مدل موجودی برای اقلام فاسدشدنی با تقاضای متغیر و وابسته به قیمت فروش و تعداد دفعات تبلیغات برای اقلام تلاش شده است. در مدل اول کمبود مجاز نیست در حالیکه در دومی، کمبود مجاز و به صورت پس افت پاره ای است با نرخ متغیر و وابسته به مدت زمان انتظار برای رسیدن سفارش بعدی، در هر دو مدل نرخ فساد از توزیع وایبل سه پارامتری پیروی می کند (Bhunia and Sheikh, 2014). کین و همکاران مدلی برای قیمت گذاری و کنترل موجودی همزمان مواد غذایی و کالاهای فاسدشدنی در نظر گرفتند بطوریکه خرابی از نظر کیفیت و تعداد فیزیکی به طور همزمان و دارای توزیع وایبل دو پارامتری می باشد، تقاضا وابسته به کیفیت محصول، قیمت فروش، سطح موجودی در معرض نمایش می باشد. (Qin et al.,

(2014). ژانگ و همکاران روی مدل قیمت گذاری پویا و دوره کالاهای جدید برای اقلام فاسد شدنی که تقاضا وابسته به قیمت فروش و موجودی در معرض نمایش می‌باشد، کار کردند. آنها برای حل مدل قانون ماکزیمم پوتریاگین را در کنترل بهینه را بکار بردند (Zhang et al., 2015). چنو همکاران روی مسأله بهینه سازی موجودی و فضای بهینه قفسه برای محصولات تازه که در آن تقاضا وابسته به موجودی در معرض نمایش و تاریخ انقضای محصول می باشد بررسی کردند. آنها نیز برای افزایش سود کل، فرض سنتی موجودی نهایی صفر را به موجودی نهایی غیر صفر توسعه دادند (Chen et al., 2016). مدل قیمت گذاری پویا برای کالاهای فسادپذیر که به تعیین دوره زمانی بهینه برای کالا گیری مجدد و قیمت با هدف حداکثرسازی سود کل می پردازد توسط ربانی و همکاران ارائه گردید که فساد از نظر کیفی از توزیع وایبول دو متغیره پیروی می کند و آنی می باشد و و از نظر تعداد فیزیکی به صورت غیرآنی بوده و از توزیع وایبل سه متغیره پیروی می کند؛ تقاضا نیز وابسته به قیمت، کیفیت، موجودی و تغییر قیمت، و قیمت فروش تابعی وابسته به زمان از قیمت اولیه و مقدار تخفیف می باشد، (Rabani et al., 2016). کایا و پلات یک مدل ریاضی برای یافتن زمان بهینه برای تغییر قیمت و قیمت بهینه و مقدار سفارش بهینه ارائه دادند و از رویکرد الگوریتم ژنتیک برای حل مدل استفاده کردند (Kaya & Polat, 2016). با استفاده از یک مدل سیاست های قیمت گذاری و حجم انباشته برای کالای فسادپذیر توسط فنگ و همکاران ارائه گردید، به طوری که تقاضا به قیمت فروش، تاریخ انقضا و موجودی در معرض نمایش بستگی دارد و فرض سنتی موجودی پایانی صفر را به فرض موجودی پایانی غیر صفر تغییر دادند (Feng et al., 2017). تشکر و همکاران روی بهینه سازی همزمان قیمت گذاری پویا و چرخه کالاهای با در نظر گرفتن فساد غیرآنی و تقاضای وابسته به قیمت فروش و موجودی در معرض نمایش کار کردند. هدف آنها ماکزیمم کردن سود می باشد و نرخ خرابی ثابت در نظر گرفته نشده، اما پس از زمانی افزایش می یابد. تاریخ انقضا زمانی است که در آن موجودی فروخته نشده بی ارزش می شود و باید دور ریخته شود (ارزش اسقاط صفر است). تقاضای مشتری وابسته به قیمت فروش و موجودی در معرض نمایش است (Tashakkor et al., 2018). شیه و دای یک مسئله قیمت گذاری پویا با تابع تقاضای وابسته به سطح موجودی در معرض نمایش و قیمت مرجع برای اقلام فاسدشدنی در طول افق زمانی نامتناهی و با نرخ فساد ثابت در نظر گرفتند و تصمیمات خرید مصرف کنندگان متأثر از اثرات قیمت مرجع می باشد. سطح موجودی نهایی غیر صفر فرض شده است (Hsieh and Dye, 2017). برخلاف شیه و دای که نرخ خرابی را ثابت فرض کردند، لی و تنگ نرخ خرابی را در نظر نمی گیرند و فرض می کنند که محصولات فسادپذیر عمر مفید محدودی دارند و تابع تقاضا وابسته به تاریخ انقضا و سطح موجودی در معرض نمایش، قیمت فروش و قیمت مرجع می باشد. سطح موجودی نهایی غیر صفر فرض شده است. در این مقاله قیمت گذاری و سطح موجودی نهایی بهینه به منظور ماکزیمم کردن سود کل تخفیف خورده در یک افق زمانی نامحدود مشخص می شود (Lai and Teng, 2018). در مقاله ای خاکزار و ذبیحی با هدف حداکثر سازی سود کل به تعیین قیمت و زمان بهینه برای کاهش قیمت فروش پرداخته اند. که نرخ تقاضا تابعی از قیمت و زمان است (Khakzar and Zabih, 2019). دای یک مسأله قیمت گذاری، کنترل موجودی، و تبلیغات برای محصولات فسادپذیر با اثر روانی موجودی ارائه داده است که در آن تقاضا در هر دوره نه تنها به میزان موجودی در معرض نمایش و خوش نامی ناشی از تبلیغات که تحت تأثیر تلاش های فعلی و گذشته تبلیغات شرکت است، بلکه به قیمت فروش و شاخص تازه بودن نیز بستگی دارد. هدف تعیین استراتژی های بهینه قیمت گذاری، تبلیغات و اثر موجودی روانی است که سود کل تخفیف را در افق برنامه ریزی نامحدود ماکزیمم کند (Dye, 2020). جدول (۱) گزیده ای از تحقیقات انجام شده در این حوزه می باشد.

جدول شماره (۱): خلاصه پیشینه تحقیق مطالعات مرتبط

سایر موارد	روش شناسی حل	نرخ فساد و روند خرابی	عوامل تقاضا	منبع
-	GRG	-	موجودی و زمان	بی و کندال (۲۰۰۸)
کمبود مجاز/غیر مجاز	رویکرد تحلیلی	وایبول سه پارامتری-آنی	قیمت فروش و تعداد دفعات تبلیغات	بونیا و شیخ (۲۰۱۴)
موجودی پایانی غیر صفر	رویکرد تحلیلی	-	موجودی و تاریخ انقضا	چن (۲۰۱۶)
قیمت مرجع به صورت تابع	کنترل بهینه	ثابت-آنی	قیمت، قیمت	دوان (۲۰۱۸)

مرجع، کیفیت				
مرجع، کیفیت				
دای (۲۰۲۰)	موجودی، قیمت، تازگی، تبلیغات	-	رویکرد تحلیلی	-
شیه و دای (۲۰۱۷)	قیمت، قیمت مرجع، موجودی	ثابت- آنی	تحلیلی	قیمت پویا، کمبود غیر مجاز
کایا و پلات (۲۰۱۶)	قیمت، زمان	نمایی- آنی	الگوریتم ژنتیک	-
فنگ (۲۰۱۷)	قیمت، موجودی، تازگی	-	رویکرد تحلیلی	موجودی پایانی غیر صفر، ارزش اسقاط ثابت
خاکزار و ذبیحی (۲۰۱۹)	قیمت و زمان	-	رویکرد تحلیلی	هدف قیمت و زمان بهینه تخفیف
لی و تنگ (۲۰۱۸)	قیمت، قیمت مرجع، تازگی، موجودی	-	رویکرد تحلیلی	چند دوره ای، قیمت اسقاطی ثابت، موجودی نهایی غیر صفر
صادقی مقدم و همکاران (۲۰۱۹)	زمان، تبلیغات، کالاهای جانشین و مکمل	ثابت- آنی	رویکرد تحلیلی	محصولات منسوخ شدنی
میهمی و همکاران (۲۰۱۲)	قیمت، زمان	ثابت- آنی	رویکرد تحلیلی	کمبود مجاز و پس افت پاره ای
کین (۲۰۱۴)	قیمت، موجودی، کیفیت	وابیول- کمی و کیفی همزمان- آنی	رویکرد تحلیلی	کالاگیری مجدد نامحدود، افق زمانی نامحدود
ربانی و همکاران (۲۰۱۶)	قیمت، تغییر قیمت، کیفیت	وابیول- کمی آنی و کیفی غیر آنی	رویکرد تحلیلی	قیمت تابعی از قیمت اولیه و تخفیف
تشر و همکاران (۲۰۱۸)	قیمت و موجودی	غیر ثابت- غیر آنی	کنترل بهینه	-
وو و همکاران (۲۰۱۶)	موجودی، تازگی، زمان	-	رویکرد تحلیلی	موجودی پایانی غیر صفر، ارزش اسقاط ثابت
یاوری و همکاران (۲۰۱۹)	قیمت و زمان	-	رویکرد تحلیلی	کمبود مجاز، پس افت پاره ای، تورم
ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)	قیمت و موجودی	ثابت- غیر آنی	کنترل بهینه	-
پژوهش حاضر	قیمت فروش و موجودی در معرض نمایش	ثابت- غیر آنی	رویکرد تحلیلی و الگوریتم ژنتیک الگوریتم تبرید شبیه سازی شده	موجودی پایانی غیر صفر تخفیف بهینه در هدف زمان بهینه برای تخفیف

## ۲- روش شناسی پژوهش

دو عامل کلیدی موجودی فاسدشدنی، تقاضا و نرخ فساد هستند، تقاضا به عنوان نیروی محرک برای کل سیستم موجودی به حساب می آید (Li et al., 2010). در دو حالت قطعی یا تصادفی در مقالات فرض شده است؛ تقاضای قطعی می تواند ثابت، وابسته به زمان، وابسته به سطح موجودی و وابسته به قیمت یا ترکیبی از این حالات باشد. تقاضای تصادفی دو نوع با توزیع تقاضای مشخص و توزیع تقاضای دلخواه توصیف می شود (Bakker, Riezebos & Teunter, 2012) و نرخ فساد که به حالت های ثابت، تابع خطی و افزایشی از زمان، توزیع وایبل دو پارامتری با سه پارامتری باشد. علاوه بر نرخ فساد و تقاضا عوامل دیگری مانند تخفیف، کمبود، تورم و ارزش زمانی پول نیز از عوامل مهم هستند.

در این تحقیق تقاضا را وابسته به دو عامل قیمت و موجودی در معرض نمایش در نظر گرفتیم. نرخ فساد مطابق با آنچه قاره و شردر (۱۹۶۳) فرض کرده اند ثابت فرض می شود. قیمت محصول از زمان صفر تا زمانی که زمان بهینه برای کاهش قیمت (متغیر

تصمیم) می‌باشد، ثابت است و پس از آن تا پایان دوره، محصول با تخفیف فروخته می‌شود. تا آنجایی که ما می‌دانیم، موضوعی که کمتر در مقالات مورد توجه قرار گرفته است، تعیین زمان بهینه برای کاهش قیمت و قیمت بهینه در آن زمان می‌باشد. لذا در این تحقیق به دنبال تعیین نقطه زمانی بهینه برای کاهش قیمت (زمانی قبل از شروع فساد محصول یا قبل از زمان کاهش جذابیت محصول) و همچنین میزان تخفیف بهینه هستیم، بطوریکه سود کل بنگاه حداکثر گردد.

الف) نمادها و پارامترها

$d_0$	تقاضای بالقوه برای محصول وقتی قیمت صفر باشد
$a$	حساسیت به قیمت
$p_0$	قیمت اولیه
$t_2$	زمان شروع فساد
$T$	زمان کالاگیری مجدد
$\theta$	نرخ خرابی
$I_0$	مقدار سفارش اولیه
$k$	ضریب وابسته به سطح موجودی، نمایانگر تأثیر قدرت موجودی روی تقاضا
$E$	موجودی نهایی دوره
$k_0$	هزینه ثابت سفارش
$c_p$	هزینه خرید هر واحد
$h$	هزینه نگهداری هر واحد
$c_d$	هزینه خرابی هر واحد
$\lambda \cdot p_0$	قیمت اسقاط هر واحد کالا ( $0 \leq \lambda < 1$ )

ب) متغیرهای تصمیم

$\beta$	درصد کاهش قیمت $0 \leq \beta < 1$
$t_1$	زمان شروع تخفیف

ج) مفروضات

پارامترهای مدل قطعی می‌باشند. سیستم موجودی تک محصولی و بدون محدودیت است. زمان پیشرو برابر با صفر می‌باشد. افق زمانی برابر با  $T$  می‌باشد و مدل سازی برای یک دوره انجام می‌شود. سفارش یکبار در ابتدای دوره انجام می‌شود. کمبود کالا مجاز نیست. فرض سنتی سطح موجودی نهایی صفر به سطح موجودی نهایی غیر صفر ( $E$ ) تغییر می‌یابد. موجودی باقیمانده در پایان دوره با ارزش اسقاط  $\lambda \cdot p_0$  فروخته می‌شود.

د) مدل ریاضی

نرخ تقاضا وابسته به قیمت محصول و موجودی در معرض نمایش، در هر سه بازه زمانی زیر متفاوت می‌باشد و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$D(p, I) = \begin{cases} (d_0 - ap_0)(kI_1(t)) & , 0 \leq t \leq t_1 & (0 \leq p_0 \leq \frac{d_0}{a}) \text{ و } (a > 0, d_0 > 0) \\ (d_0 - ap_0(1 - \beta))(kI_2(t)) & , t_1 \leq t \leq t_2 \\ (d_0 - ap_0(1 - \beta))(kI_3(t)) & , t_2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (1)$$

قیمت نیز بعد از زمان  $t_1$ ، به میزان  $\beta$  درصد کاهش می‌یابد و به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود: ( $0 \leq \beta < 1$ )

$$p(t) = \begin{cases} p_0 & , 0 \leq t \leq t_1 \\ p_0(1 - \beta) & , t_1 \leq t \leq T \end{cases} \quad (2)$$

از آنجاییکه در بازه زمانی  $0 \leq t \leq t_1$ ، تغییر در سطح موجودی تنها به دلیل وجود تقاضا می‌باشد؛ سطح موجودی  $I_1(t)$  از حل معادله دیفرانسیل زیر بدست می‌آید:

$$\frac{dI_1}{dt} = -D \Rightarrow \frac{dI_1}{dt} = -(d_0 - ap_0)(kI_1(t)) \Rightarrow I_1(0) = I_0, \quad 0 \leq t \leq t_1 \quad (3)$$

$$I_1(t) = e^{-k(d_0 - ap_0)t + I_0'} = I_0 e^{-k(d_0 - ap_0)t}$$

در بازه زمانی  $t_1 \leq t \leq t_2$ ، تغییر در سطح موجودی به این دلیل است که قیمت  $\beta$  درصد کاهش می‌یابد و لذا تقاضا افزایش می‌یابد:

$$\frac{dI_2}{dt} = -D \Rightarrow \frac{dI_2}{dt} = -(d_0 - ap_0(1 - \beta))(kI_2(t)) \Rightarrow, \quad t_1 \leq t \leq t_2$$

$$I_2(t) = e^{-k(d_0 - ap_0(1 - \beta))t + c'} = ce^{-k(d_0 - ap_0(1 - \beta))t} \quad (4)$$

$$\frac{dI_3}{dt} = -D - \theta \cdot I_3(t) \Rightarrow \frac{dI_3}{dt} = -(d_0 - ap_0(1 - \beta))(kI_3(t)) - \theta \cdot I_3(t) \Rightarrow, \quad t_2 \leq t \leq T$$

$$I_3(t) = e^{-(k(d_0 - ap_0(1 - \beta)) + \theta)t + c''} = c_1 e^{-(k(d_0 - ap_0(1 - \beta)) + \theta)t} \quad (5)$$

و در بازه  $t_2 \leq t \leq T$ ، تغییر در سطح موجودی به دو دلیل هم وجود تقاضا و هم آغاز فساد می‌باشد:

شرط مرزی  $I_3(T) = E$  در رابطه (۵) جایگذاری می‌کنیم و به رابطه زیر می‌رسیم:

$$I_3(t) = E e^{(k(d_0 - ap_0(1 - \beta)) + \theta)(T - t)} \quad (6)$$

از آنجاییکه  $I_2(t_2) = I_3(t_2)$  از روابط (۴) و (۶) بدست می‌آوریم:

$$I_2(t) = E e^{k(d_0 - ap_0(1 - \beta))(T - t) + \theta(T - t_2)} \quad (7)$$

همچنین  $I_1(t_1) = I_2(t_1)$  رابطه زیر بدست می‌آید:

$$I_0 = E e^{(k(d_0 - ap_0(1 - \beta)))T + kap_0\beta t_1 + \theta(T - t_2)} \quad (8)$$

با جایگذاری  $I_0$  در (۱) به رابطه زیر می‌رسیم:

$$I_1(t) = E e^{k(d_0 - ap_0)(T - t) + kap_0\beta(T - t_1) + \theta(T - t_2)} \quad (9)$$

همانطور که در بالا گفته شد، در این مقاله بدنال بدست آوردن زمان بهینه برای کاهش قیمت و مقدار بهینه تخفیف هستیم، بطوریکه سود کل حداکثر گردد. سود کل برابر است با:

ارزش اسقاط + هزینه دور ریزی - هزینه نگهداری - هزینه خرید - هزینه سفارش - درآمد کل = سود کل

$$\begin{aligned} profit(t_1, \beta) = & \frac{1}{T} \left( \int_0^{t_1} p_0(d_0 - ap_0)kI_1(t)dt + \int_{t_1}^{t_2} p_0(1 - \beta)(d_0 - ap_0(1 - \beta))kI_2(t)dt \right. \\ & + \int_{t_2}^T p_0(1 - \beta)(d_0 - ap_0(1 - \beta))kI_3(t)dt - k_0 - c_p I_0 - \int_0^{t_1} hI_1(t)dt - \int_{t_1}^{t_2} hI_2(t)dt \\ & \left. - \int_{t_2}^T hI_3(t)dt - \int_{t_2}^T c_d \theta I_3(t)dt + \int_{t_2}^T \lambda p_0 \theta I_3(t)dt \right) \quad (10) \end{aligned}$$

سود کل بعد از ساده سازی به صورت زیر بدست می‌آید:

$$profit(t_1, \beta) = \frac{1}{T} (E e^{k(d_0 - ap_0)T + \theta(T - t_2) + kap_0\beta(T - t_1)} (p_0 - p_0\beta e^{-k(d_0 - ap_0)t_1} - c_p) - E p_0(1 - \beta) - k_0) \quad (11)$$

از بسط تیلور  $e^\gamma \approx 1 + \gamma + \frac{\gamma^2}{2}$  برای تقریب استفاده می‌کنیم:

$$profit(t_1, \beta) = \frac{E}{T} (e^{k(d_0 - ap_0)T + \theta(T-t_2)} (1 + kap_0\beta(T-t_1) + \frac{1}{2}k^2a^2p_0^2\beta^2(T-t_1)^2)(p_0 - c_p - p_0\beta(1 - k(d_0 - ap_0)t_1 + \frac{1}{2}k^2(d_0 - ap_0)^2t_1^2) - p_0E(1 - \beta) - k_0) \quad (12)$$

برای اینکه سود کل در هر واحد زمان ماکزیمم شود. اینست که همزمان،

$$\frac{\partial profit(t_1, \beta)}{\partial \beta} = 0 \quad \text{و} \quad \frac{\partial profit(t_1, \beta)}{\partial t_1} = 0$$

$$\frac{\partial profit(t_1, \beta)}{\partial t_1} = 0 \Rightarrow \frac{E}{T} e^{k(d_0 - ap_0)T + \theta(T-t_2)} [-2kap_0^2\beta + 3k^2a^2p_0^3\beta^2t_1 - 2k^2a^2p_0^3\beta^2T + c_pkap_0\beta - \quad (13)$$

$$c_pk^2a^2p_0^2\beta^2t_1 + c_pk^2a^2p_0^2\beta^2T + kap_0^2\beta^2 + kd_0p_0\beta - k^2a^2p_0^3\beta^3t_1 + k^2a^2p_0^3\beta^3T - k^2d_0^2p_0\beta t_1 - k^2a^2p_0^3\beta t_1 - k^2a^2p_0^3\beta t_1 + 2k^2d_0ap_0^2\beta t_1 + k^2d_0ap_0^2\beta^2T - 2k^2d_0ap_0^2\beta^2t_1] = 0$$

$$t_1^* = \frac{2p_0 + 2kap_0^2\beta T - c_p - c_pkap_0\beta T - p_0\beta - \frac{d_0}{a} - kap_0^2\beta^2T - kd_0p_0\beta T}{3kap_0^2\beta - c_pkap_0\beta - kap_0^2\beta^2 - k\frac{d_0^2}{a} - kap_0^2 + 2kp_0d_0 - 2kp_0d_0\beta} \quad (14)$$

همچنین داریم:

$$\frac{\partial profit(t_1, \beta)}{\partial \beta} = 0 \Rightarrow \beta^2 [-\frac{3}{2}k^2a^2p_0^3(T-t_1)^2] + \beta [(2kap_0^2(T-t_1)(k(d_0 - ap_0)t_1 - 1) + \quad (15)$$

$$k^2a^2p_0^2(T-t_1)^2(p_0 - c_p)] + (kp_0(d_0 - ap_0)t_1(1 - \frac{1}{2}(kt_1(d_0 - ap_0)) + kap_0(p_0 - c_p)(T-t_1) +$$

$$p_0(e^{-k(d_0 - ap_0)T - \theta(T-t_2)} - 2) = 0$$

$$\beta_1^*, \beta_2^* = \frac{-[(kap_0^2(T-t_1)(ka(p_0 - c_p)(T-t_1) + 2(k(d_0 - ap_0)t_1 - 1))] \pm \quad (16)$$

$$\sqrt{\frac{[(kap_0^2(T-t_1)(ka(p_0 - c_p)(T-t_1) + 2(k(d_0 - ap_0)t_1 - 1))]^2 + 6k^2a^2p_0^3(T-t_1)^2(kp_0(d_0 - ap_0)t_1(1 - \frac{1}{2}(kt_1(d_0 - ap_0)) + kap_0(p_0 - c_p)(T-t_1) + p_0(e^{-k(d_0 - ap_0)T - \theta(T-t_2)} - 1) - 3k^2a^2p_0^3(T-t_1)^2}}{2}}$$

### ۳- نتایج و بحث

الف) مثال عددی

داده‌های واقعی فروشگاه زنجیره‌ای به صورت زیر می‌باشد:

$$p_0 = ۸, T = ۵, k_0 = ۰, k = ۰/۱, c_p = ۵/۶, \theta = ۰/۱ \quad (17)$$

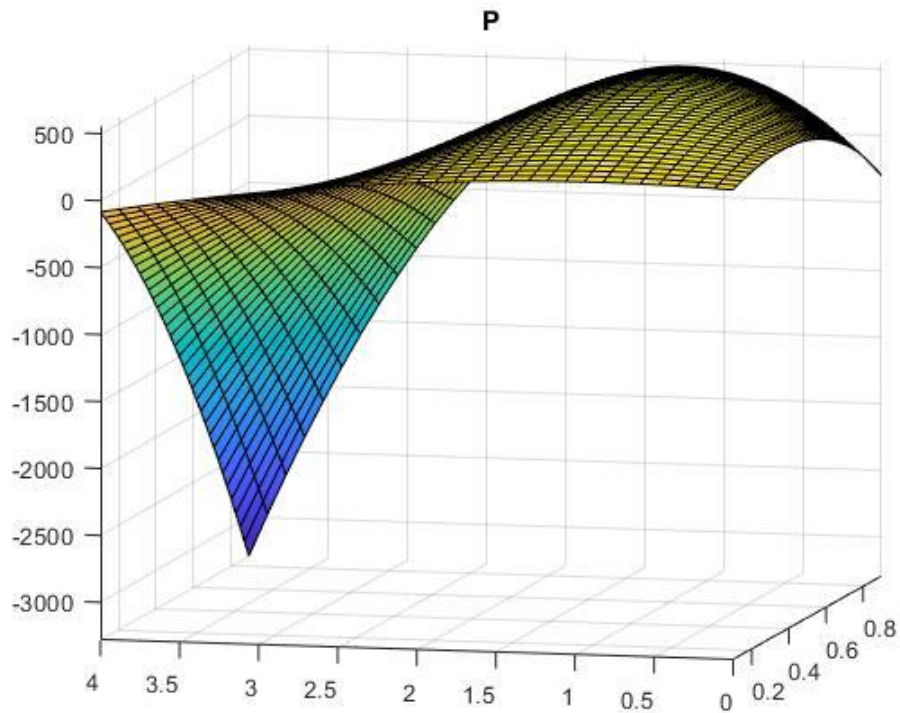
$$\lambda = ۰/۰۵, d_0 = ۳۰, a = ۱, t_2 = ۴, E = ۲, h = ۰/۱$$

با استفاده از روابط از حل مدل جواب بهینه به صورت زیر بدست می‌آید:

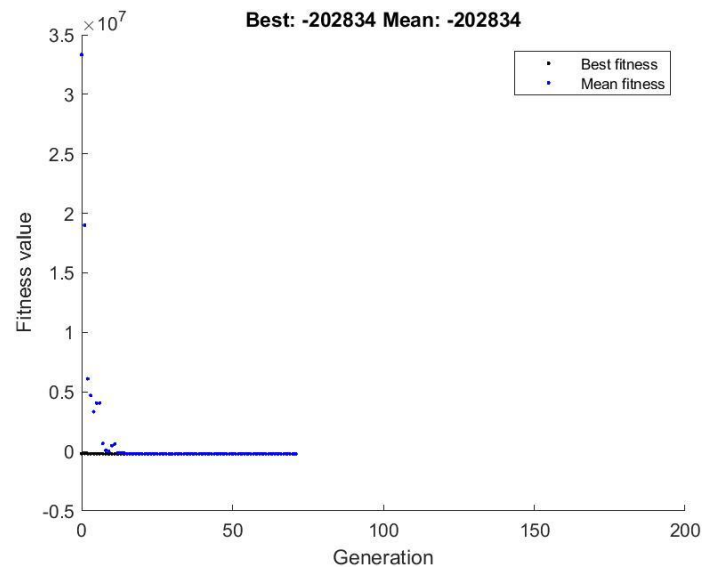
$$t_1^* = ۰/۶۵, \beta^* = ۰/۳۹, profit^* = ۲۰۲۸۳۰ \quad (18)$$

اگر بدون تخفیف این محصول را به فروش برسانیم، مقدار سود کل  $profit = ۶۳۵۲۱$  بدست می‌آید که نشان می‌دهد اگر از استراتژی کاهش قیمت استفاده کنیم، سود بیشتری نسبت به وقتی که در تمام دوره با قیمت ثابت بدون تخفیف محصول را به فروش برسانیم. این مثال با الگوریتم ژنتیک، الگوریتم تبرید شبیه سازی شده نیز حل شده که نتایج در جدول (۲) خلاصه می‌گردد. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود، جوابهای حاصل از روش تحلیلی، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تبرید شبیه سازی شده یکسان است.

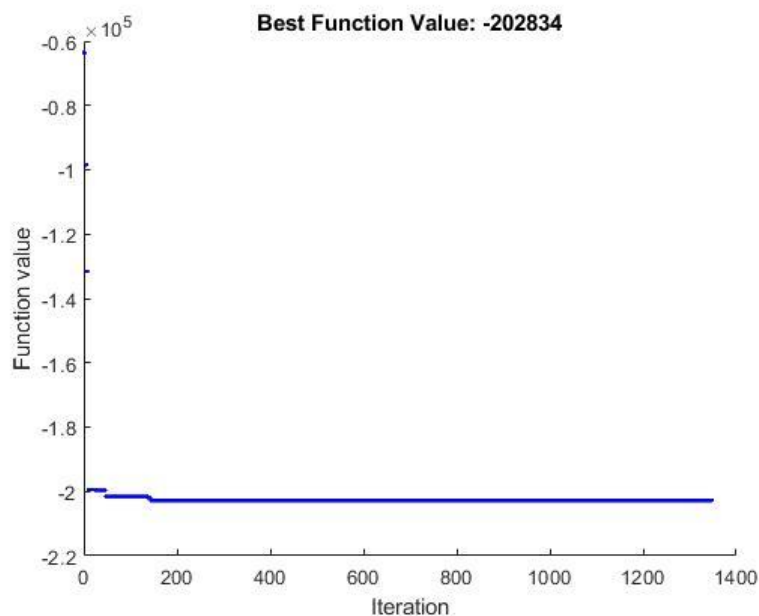




شکل شماره (۱): نمایش تابع سود کل بر حسب متغیرهای تصمیم میزان تخفیف  $\alpha$  و زمان  $t_d$  به ازاء پارامترهای مفروض



شکل شماره (۲): حل مثال با الگوریتم ژنتیک



شکل شماره (۳): حل مثال با الگوریتم تبرید شبیه سازی شده

جدول (۲): مقایسه جوابهای حاصل از حل دقیق و روشهای تقریبی (الگوریتم ژنتیک، الگوریتم تبرید شبیه سازی شده)

تعداد دفعات تکرار	میزان تخفیف بهینه	زمان بهینه برای تخفیف	سود بهینه	متدولوژی حل
—	۰/۳۹	۰/۶۵	۲۰۲۸۳۰	روش تحلیلی
۷۱	۰/۳۹	۰/۶۵	۲۰۲۸۳۳	الگوریتم ژنتیک
۱۳۴۸	۰/۳۹	۰/۶۵	۲۰۲۸۳۳	الگوریتم تبرید شبیه سازی شده

همانطور که در جدول شماره ۲ مشاهده می گردد، جوابهای حاصل از هر سه روش تحلیلی، روش الگوریتم ژنتیک و روش تبرید شبیه سازی شده یکسان می باشد.

(ب) تحلیل حساسیت:

در این قسمت تاثیر تغییرات پارامترهای  $d_0, a, p_0, t_2, c', \theta, k, T$  مسأله روی  $profit^*$ ,  $t_1^*$ ,  $\beta^*$  بررسی می گردد.

جدول شماره (۳): تحلیل حساسیت با توجه به پارامترهای مدل

پارامترها	متدولوژی حل	مقدار	$t_1^*$	$\beta^*$	$profit^*$
$T$	روش تحلیلی	۴/۵	۰/۶۴	۰/۴۱	۷۰۸۱۱
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۴	۰/۴۱	۷۰۸۱۴/۲
	الگوریتم تبرید شبیه سازی شده		۰/۶۴	۰/۴۱	۷۰۸۱۴/۲
	روش تحلیلی	۵	۰/۶۵	۰/۳۹	۲۰۲۸۳۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۵	۰/۳۹	۲۰۲۸۳۳/۶۳
	الگوریتم تبرید شبیه سازی شده		۰/۶۵	۰/۳۹	۲۰۲۸۳۳/۶۳
	روش تحلیلی	۷	۱/۰۹	۰/۶	۱۵۳۹۱۰۰۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۷۲	۰/۳۴	۱۵۳۹۷۴۲۹
	الگوریتم تبرید شبیه سازی شده		۰/۷۲	۰/۳۴	۱۵۳۹۷۴۲۹

پارامترها	متدولوژی حل	مقدار	$t_1^*$	$\beta^*$	$profit^*$
$d_0$	روش تحلیلی	۲۰	۰/۶۴	-۰/۲۸	۱۸۷۶۱۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۴	-۰/۲۸	۱۰۳۵
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶۴	-۰/۲۸	۱۰۳۵
	روش تحلیلی	۳۰	۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴
	روش تحلیلی	۴۰	۰/۶۶	-۰/۴۹	۳۷۲۲۵۰۰۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶	-۰/۴۹	۳۷۵۴۵۶۲۱
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶	-۰/۴۹	۳۷۵۴۵۶۲۱
$a$	روش تحلیلی	۱	۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴
	روش تحلیلی	۱/۵	۰/۴۲	-۰/۲۴	۲۲۳۴۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۴۲	-۰/۲۴	۲۲۳۴۰
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۴۲	-۰/۲۴	۲۲۳۴۰
	روش تحلیلی	۲	۲/۳۹	۰	۱۱۶۰
	الگوریتم ژنتیک		۰	۰/۲	۳۰۵۶
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰	۰/۲	۳۰۵۶
$p_0$	روش تحلیلی	۵	۰/۷۹	-۰/۷۴	۸۰۵۸۰۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۷۹	-۰/۷۴	۸۰۵۸۰۸
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۷۹	-۰/۷۴	۸۰۵۸۰۸
	روش تحلیلی	۸	۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴
	روش تحلیلی	۱۰	۰/۵۵	-۰/۲۹	۸۲۰۴۹
	الگوریتم ژنتیک		۰/۵۵	-۰/۲۹	۸۲۰۶۸
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۵۵	-۰/۲۹	۸۲۰۶۸
$t_2$	روش تحلیلی	۳	۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۲۴۱۶۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۲۴۱۶۶
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۲۴۱۶۶
	روش تحلیلی	۳/۵	۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۱۳۲۳۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۱۳۲۳۳
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۱۳۲۳۳
	روش تحلیلی	۴	۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶۵	-۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴

پارامترها	متدولوژی حل	مقدار	$r_1^*$	$\beta^*$	$profit^*$
$k$	روش تحلیلی	۰/۱	۰/۶۵	۰/۳۹	۲۰۲۸۳۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۵	۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶۵	۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴
	روش تحلیلی	۰/۲	۰/۴۱	۰/۳	۱۵۰۱۳۰۰۰۰۰۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۴۱	۰/۳	۱۵۰۱۴۵۹۵۶۷۴
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۴۱	۰/۳	۱۵۰۱۴۵۹۵۶۷۸
	روش تحلیلی	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۲۸	۴۲۰۸۰۰۰۰۰۰۰۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۳۶	۰/۲۹	۴۲۰۸۵۷۳۶۳۰۳۲۹
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۳۶	۰/۲۹	۴۲۰۸۵۷۳۶۵۱۱۶۳
$E$	روش تحلیلی	۲	۰/۶۵	۰/۳۹	۲۰۲۸۳۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۵	۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶۵	۰/۳۹	۲۰۲۸۳۴
	روش تحلیلی	۳	۰/۶۵	۰/۳۹	۳۰۴۲۵۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۵	۰/۳۹	۳۰۴۲۵۰
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶۵	۰/۳۹	۳۰۴۲۵۰
	روش تحلیلی	۱۰	۰/۶۵	۰/۳۹	۱۰۱۴۲۰۰
	الگوریتم ژنتیک		۰/۶۵	۰/۳۹	۱۰۱۴۱۶۸
	الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده		۰/۶۵	۰/۳۹	۱۰۱۴۱۶۸

از مشاهده جدول ۴-۲ نتایج زیر استنباط می‌گردد:

- افزایش زمان بازپرسی ( $I^1$ ) باعث افزایش سود کل می‌گردد.
  - هرچه میزان تقاضای بالقوه بیشتر باشد، سود کل هم بیشتر خواهد بود.
  - سود کل نسبت عکس با حساسیت به قیمت دارد و نسبت به آن بسیار حساس است.
  - قیمت اولیه نسبت عکس با سود کل دارد و هرچه بیشتر باشد سود کل کمتر خواهد بود.
  - هر چه زمان شروع خرابی زودتر باشد میزان سود بیشتر است ولی روی میزان تخفیف و زمان ارائه تخفیف بی‌اثر است.
  - سود کل نسبت به موجودی در معرض نمایش حساسیت بالایی دارد.
  - هر چه میزان موجودی نهایی دوره بیشتر باشد سود بالاتر است ولی روی میزان تخفیف و زمان ارائه تخفیف اثری ندارد.
  - نتایج حاصله از هر سه روش حل تحلیلی، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده یکسان است.
- در این بررسی با استفاده از این واقعیت که محصول فسادپذیر پس از مدت زمانی دچار فساد می‌شود و مشتری دیگر طالب خرید محصول نیست از استراتژی کاهش قیمت استفاده نمودیم و قبل از اینکه فساد در محصول آغاز گردد، روی قیمت محصول تخفیف داده شد و از اینکه هرچه موجودی در معرض نمایش بیشتر باشد روی تقاضای مشتری تأثیرگذار است، تقاضا را علاوه بر قیمت وابسته به موجودی در معرض نمایش فرض کردیم. مسأله نقطه ای بهینه از زمان بود که تخفیف ارائه شود و مقدار بهینه تخفیف، با هدف حداکثرسازی سود کل بنگاه. پس از بدست آوردن جواب بهینه، مدل با مثال عددی با ۴ روش حل دقیق، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده و مینیماکس حل گردید. تحلیل حساسیت انجام گردید و نتایج تشریح شد.
- در این مدل تخفیف یکبار ارائه می‌گردد و تا پایان دوره تغییر قیمتی نخواهیم داشت، پیشنهاد می‌گردد این مدل برای صنایع مختلف که قیمت‌ها به صورت لحظه ای تغییر می‌یابد توسعه داده شود. همچنین تابع تقاضا می‌تواند وابسته به عوامل مختلف و احتمالی باشد. همچنین بررسی استراتژی قیمت گذاری پویا در یک محیط رقابتی با چندین محصول جایگزین و مکمل می‌تواند موضوع جالبی برای تحقیقات آتی باشد.

1. Ahmadi, E., Masel, D. T., Hostetler, S., Maihami, R., Ghalekhondabi, I. (2020). A centralized stochastic inventory control model for perishable products considering age-dependent purchase price and lead time, *TOP*, 28: 231-269.
2. Bai, R., Kendall, G., (2008). A Model for Fresh Produce Shelf Space Allocation and Inventory Management with Freshness Condition Dependent Demand, *Inform Journal on Computing*, 20(1): 78-85.
3. Bakker, M., Riezebos, J., Teunter, R. (2012). Review of inventory systems with deterioration since 2001, *European Journal of Operational Research*, 221(2): 275-284.
4. Bandalouski, A.M., Kovalov, M.Y., Pesch, E., Tarim, S.A. (2018). An Overview of Revenue Management and Dynamic Pricing Models in hotel business, *RAIRO Operations Research*, 52:119-143.
5. Bandalouski, A.M. (2015). Revenue Management Models for hotel business, *Doctoral Thesis*, Fakultät III-Wirtschaftswissenschaften, Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsrecht, <https://dspace.ub.uni-siegen.de/handle/ubsi/923>.
6. Bhunia, A.K., Shaikh, A.A. (2014). A deterministic inventory model for deteriorating items with selling price dependent demand and three-parameter Weibull distributed deterioration, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 5(3):497-510.
7. Bitran, G., Caldentey, R. (2003). An Overview of Pricing Models for Revenue Management, *Journal of Manufacturing & Service Operations Management*, 5(3):203-229.
8. Chen, S.C., Min, J., Teng, J. T., Li, F. (2016). Inventory and shelf-space optimization for fresh produce with expiration date under freshness-and-stock-dependent demand rate, *Journal of the Operational Research Society*, 67(6): 884-896.
9. Cohen, M.A. (1977). Joint pricing and ordering policy for exponentially decaying inventories with known demand, *Naval Research Logistics Quarterly*, 24 (2): 257-268.
10. Covert, R.P., Philip, G.C. (1973). An EOQ model for items with Weibull distribution deterioration, *AIIE Transactions*, 5: 323-326.
11. Duan, Y., Liu, J. (2018). Optimal dynamic pricing for perishable foods with quality and quantity deteriorating simultaneously under reference price effects, *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 2330-2682.
12. Dye, C.Y., (2020) Optimal joint dynamic pricing, advertising and inventory control model for perishable items with psychic stock effect, *European Journal of Operational Research*, 283(2): 576-587.
13. Feng, L., Chan, Y. L., Barron, L.E.C. (2017). Pricing and lot-sizing policies for perishable goods when the demand depends on selling price, displayed stocks, and expiration date, *International Journal of Production Economic: Manufacturing System, Strategy & Design*, 185:11-20.
14. Feng, L., Zhang, J., Tang, W. (2015). Dynamic joint pricing and production policy for perishable products, *Journal of International Transactions in Operational Research*, 25(6): 2031-2051.
15. Ghare, P.M., Schrader, G.F. (1963). A model for exponentially Decaying Inventory, *Journal of Industrial Engineering*, 14:238-243.
16. Hsieh, T.P., Dye, C.Y. (2017). Optimal dynamic pricing for deteriorating items with reference price effects when inventories stimulate demand, *European Journal of Operational Research*, 262(1): 136-150.
17. Jia, J., Hu, Q. (2011). Dynamic ordering and pricing for a perishable goods supply chain, *Computers & Industrial Engineering Journal*, (60): 302-309.

18. Jolai, F., Davoodi, S.M.R., Mohaghar, A., Mehregan, M.R. (2015), Developing an Optimization Algorithm for Multi-product and Multi-level Inventory Systems with Random Parameters, *Journal of Industrial Management Islamic Azad University, Sanandaj Branch*.9(30):71-84.
19. Kaya, O., Polat, A.L. (2017). Coordinated pricing and inventory decisions for perishable products, *OR Spectrum* 39: 589-606.
20. Khakzar, M., Zabihi, F. (2019). Pricing and Determining the Optimal Discount of Perishable Goods to Speed up Demand Rate, *Production and Operations Management*, 9(17)179-193.
21. Leventhal, B., Breur, T., (2012), Intelligent markdown pricing, *Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice*13, 207 – 220.
22. Li, R., Teng, J.T. (2018). Pricing and lot-sizing decisions for perishable goods when demand depends on selling price, reference price, product freshness, and displayed stocks, *European Journal of Operational Research* ,270, 1099-1108.
23. Li, R., Lan, H., Mawhinney, J.R., A. (2010). Review on Deteriorating Inventory Study, *Journal of Service Science and Management*, 3:117-129.
24. Lou, Z., Hou, F., Lou, X. (2020), Optimal Dual-Channel Dynamic Pricing of Perishable Items under Different Attenuation Coefficients of Demands, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 0(0):1-15.
25. Maihami, R., and Nakhai K., I. (2012). Joint pricing and inventory control for non-instantaneous deteriorating items with partial backlogging and time and price dependent demand”, *International Journal of Production Economics*, 136(1): 116–122.
26. Nahmias, S., (1982). Perishable Inventory Theory: A Review, *Operations Research*, 30(4): 680-708.
27. Nahmias, S. (2011). Perishable Inventory Systems, *Santa Clara University, California, Springer*.
28. Philip, G.C. (1974). A generalized EOQ model for items with Weibull distribution deterioration, *AIIE Transaction*, (6):159-162.
29. Qin, Y., Wang, J., Wei, C. (2014). Joint pricing and inventory control for fresh produce and foods with quality and physical quantity deteriorating simultaneously, *Int. J. Production Economics*, 152: 42-48.
30. Raafat, F. (1991). Survey of Literature on Continuously Deteriorating Inventory Models, *Palgrave Macmillan Journals on behalf of the Operational Research Society*, 42(1). 27-37.
31. Rabbani, M., Pourmohammad Zia, N., Rafiei, H. (2016). Joint optimal dynamic pricing and replenishment policies for items with simultaneous quality and physical quantity deterioration, *Applied Mathematics and Computation*, 287-288 (2016) 149–160.
32. Rajan, A., Steinberg, R. Steinberg, R. (1992), Dynamic Pricing and Ordering Decisions by a Monopolist, *INFORMS*, 38(2): 240 - 262.
33. Sadeghi Moghadam, M.R., Nakhai, K. I., Karbasian, B. (2019). Joint pricing and inventory control modelling for obsolescent products: a case study of the telecom industry, *International Journal of Applied Decision Sciences*, 12(4): 375-401.
34. Tashakkor, N., Mirmohammadi, S.M., Iranpoor, M. (2018). Joint optimization of dynamic pricing and replenishment cycle considering variable non-instantaneous deterioration and stock-dependent demand, *Computers & Industrial Engineering*, 123:232-241.
35. Tat, R., Esmaeili, M., Taleizadeh, A. (2015). Developing EOQ Model with Instantaneous Deteriorating Items for A Vendor-Managed Inventory (VMI) System, *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 8:(1), 85-102.

36. Tat, R., Taleizadeh, A. Esmaeili, M. (2013). Developing Economic Order Quantity Model for Non-instantaneous Deteriorating Items in Vendor Managed Inventory (VMI) System, *International Journal of Systems Science*: 44 (45), 1-11.
37. Akbarzade, M., Taleizadeh, A. (2016). Esmaeili, M., Developing Economic Production Quantity Model with Scrap Rework and Backordering under Vendor Managed Inventory policy, *International Journal of Advanced Logistics*, 5 : (4), 125-140.
38. Akbarzadeh, M. Esmaeili, M., Taleizadeh, A. (2014). EPQ model with scrap and backordering under Vendor managed inventory policy, *Journal of Industrial and Systems Engineering*: 8(1), 21-42.
39. Van Zyl, G.J.J. (1964). Inventory control for perishable commodities. *Unpublished Ph.D. dissertation, university of North Carolina, Chapel Hill, N.C.*
40. Veinott, A.F. Jr. (1960). Optimal ordering issuing and disposal of inventory with known demand. *Unpublished doctoral dissertation, Colombia University, New York, NY.*
41. Wee, H.M. (1999). Deteriorating inventory model with quantity discount, pricing and partial backordering, *International Journal of Production Economics*, 59(1-3):511–518.
42. Wee, H. M., Law, S .T. (1999). Economic production lot size for deteriorating items taking account of the time-value of money, *Journal of Computers & Operations Research*, (26):545–558.
43. Wu, J., Chang, C.T., Cheng, M.C., Teng, J.T., Al-khateeb, F.B. (2016). Inventory management for fresh produce when the time-varying demand depends on product freshness, stock level and expiration date. *International Journal of Systems Science: Operations & Logistics*, 3,138-147.
44. Yavari, M., Zaker, H., Mozneb Emamzadeh, E.S. (2019). Joint Dynamic Pricing and Inventory Control for Perishable Products Taking into Account Partial Backlogging and Inflation, *International Journal of Applied and Computational Mathematics*, 5(1).
45. Zhang, J., Wang, Y., Lu, L., Tang, W. (2015). Optimal dynamic pricing and replenishment policy for non -instantaneous deterioration items with inventory-level-dependent demand, *International Journal of Production Economic*, (170A):136-145.

## Markdown Pricing of Perishable Products with Demand Dependence on Inventory Level and Selling Price

**Ameneh Jeihouni**

PhD candidate in Industrial Management, Kish Campus, University of Tehran, Tehran.

**Hossein Safari** (Corresponding Author)

Full Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management, Tehran University, Tehran, Iran.

Email: [hsafari@ut.ac.ir](mailto:hsafari@ut.ac.ir)

**Hasan Shavandi**

Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Sharif University, Tehran, Iran.

**Mohammad Reza Sadeghi Moghadam**

Associate Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management, Tehran University, Tehran, Iran.

**Farzad Bahrani**

Assistant Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Administrative Sciences & Economics, Arak University, Arak, Iran.

### Abstract

In this article, A markdown pricing strategy has been used to achieve the maximum profit from the sale of perishable products. Because perishable products after a period of time and corruption is formed, so they are not attractive to the customers and the demand for these products decreases. Demand can be increased with a markdown pricing strategy. Also, as sales increase, waste will decrease and so, wastage cost will diminish. Therefore, total profit will increase. The problem is that if the discount is not provided at the right time and in the optimal amount, we will not reach the goal of achieving maximum profit. So, in this article, we seek to determine the optimal discount time and the optimal discount amount with the aim of maximizing the total profit of the firm. In this article, the demand function depends on two factors: the selling price and the displayed stocks, final inventory level is non-zero and the deterioration rate is fixed. After solving the model from the exact approach and numerical example, the example was solved using Genetic Algorithm, Simulated Annealing Algorithm and the results were compared, then sensitivity analysis of the key system parameters is carried out.

**Keywords:** Perishable Product, Genetic Algorithm, Simulated Annealing Algorithm, Markdown Pricing.



## **Provide a Model in Determining the Impact of Block-Chain Technology on Supply Chain Performance Using Fuzzy Inference Systems in the Automobile Industry**

**Ali Hossein Golzar**

Master Student, Department of Information Technology Management, Science and Research Branch  
Islamic Azad University, Tehran, Iran

**Nazanin Pilevari** (Corresponding Author)

Associate Professor, Department of Industrial Management, West Tehran Branch  
Islamic Azad University, Tehran, Iran

**Email: pilevarisalmasi.nazanin@gmail.com**

### **Abstract**

The purpose of this study is to provide a model in determining the impact of block-chain technology on supply chain performance in the automobile industry using a fuzzy inference system design. In terms of purpose, this research is considered as applied research. The statistical population is the managers of three automobile industrial companies in Iran, including IranKhodro, Saipa, and ModiranKhodro. The statistical sample size of 36 people was selected by a combination of two methods: Nonprobability sampling (Judgmental) and Snowball sampling. Using library and field studies, the factors and sub-factors of the research have been selected. After library studies, seventeen sub-criteria in three main criteria of attenuating, amplifier, and possibility were identified as a conceptual model. After Gaussian fuzzy, 125 rules are set, based on experts' opinions. According to the results, if the changes in the attenuating interval are more than 0.5, it will reduce the performance, and if it is less than 0.5, it will not have much effect on the performance. If the changes in the amplifier and possibility intervals are less than 0.5, it creates a moderate level of change in performance. And if greater than 0.5, it will increase performance output. To validate and ensure its efficiency, Extreme Condition test has been used. The results of test for three SUB-FIS and all the designed FIS, showed reasonable behavior towards the limit's values of the inputs, which indicates the validity of the designed model and that means the system has good accuracy and validity of the evaluation.

**Keywords:** Automotive Industry, Block-Chain Technology, Fuzzy Inference System, Supply Chain.