

توسعه‌ی مدل موجودی تحت سیاست مدیریت موجودی توسط فروشنده (VMI) با در نظر گرفتن تولید اقلام معیوب و تقاضا وابسته به قیمت

مهدی سیف‌برقی (دانشیار)

گروه مهندسی صنایع، دانشگاه الزهرا

مصطفی ستاک (استادیار)

دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

عصمت تقی‌پور اناری* (کارشناس ارشد)

گروه مهندسی صنایع، دانشگاه الزهرا(س)

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، زمستان ۱۳۹۴ (۱۳۹۴)
دوری ۱ - ۳۱، شماره ۲/۲، ص. ۹۱-۸۳

در این نوشتار یک مدل موجودی دوسطحی شامل یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش تحت سیاست مدیریت موجودی توسط فروشنده در نظر گرفته شده است. این مدل با هدف بهینه‌سازی هم‌زمان تصمیمات موجودی و قیمت‌گذاری برای بیشینه‌سازی سود اعضای زنجیره‌ی تأمین فرموله شده است. تحت این سیاست، خرده‌فروش با انتخاب قیمت خرده‌فروشی نقش خود را در تصمیم‌گیری حفظ می‌کند و تولیدکننده، مقدار و دفعات بازپرسازی، مقدار کمبود و قیمت عمده‌فروشی را تعیین می‌کند. طبق فرض‌های مسئله، تقاضا وابسته به قیمت است و تولیدکننده برای پاسخ‌گویی به تقاضا، انباشته‌ی تولیدی را در انباشته‌های کوچک‌تر برای خرده‌فروش ارسال می‌کند. همچنین فرایند تولید ناقص و کمبود در سایت خرده‌فروش به‌صورت پس‌افت کامل مجاز است. فرایند حل، برای یافتن تعادل بازی استاک‌برگ به‌منظور تعیین سطح بهینه‌ی متغیرها ارائه شده است. در نهایت، یک مثال عددی به‌همراه تحلیل حساسیت برای سنجش صحت اعتبار مدل و بررسی تأثیر پارامترها بر جواب بهینه و سود اعضای زنجیره‌حل شده است.

واژگان کلیدی: مدیریت موجودی توسط فروشنده، سیاست قیمت‌گذاری، اقلام معیوب، کمبود به‌صورت پس‌افت کامل، بازی استاک‌برگ.

۱. مقدمه

کاهش اثر شلاقی و استفاده‌ی بهینه از ظرفیت تولیدی از جمله امتیازات استفاده از VMI برای تأمین‌کننده است.^[۱] طی مقایسه‌ی مدیریت موجودی سنتی و VMI در یک زنجیره‌ی تأمین دوسطحی (سال ۲۰۱۰) که یک تأمین‌کننده و یک خرده‌فروش را شامل می‌شد، مدل EOQ با فرض تقاضای قطعی و کمبود به‌صورت پس‌افت کامل در نظر گرفته شد.^[۲] در همین سال یک مدل VMI برای زنجیره‌ی تأمین دوسطحی ارائه شد که در آن مرز موجودی ارسالی به خرده‌فروش‌ها مشخص است و عدم رعایت آن شامل جریمه برای فروشنده می‌شود.^[۳] محققین در سال ۲۰۱۳ این مدل را با در نظر گرفتن فاصله‌های بازپرسازی نابرابر توسعه دادند. آن‌ها برای حل مسئله از یک روش هیورستیک بهره جستند.^[۴]

یکی از ابعاد توسعه‌ی مدل‌های موجودی، در نظرگیری تقاضای وابسته به قیمت است که در آن با افزایش قیمت، تقاضا برای کالای نهایی کاهش می‌یابد. محققین در سال ۱۹۹۵ اولین مدل موجودی با تقاضای وابسته به قیمت را پیشنهاد کردند.^[۵] در سال ۲۰۰۱، یک مدل موجودی - قیمت‌گذاری، با در نظر گرفتن تقاضای وابسته به قیمت فروش و کمبود به‌صورت پس‌افت پاره‌ی ارائه شد.^[۶] سپس در سال ۲۰۰۸،

با افزایش رقابت در بازارهای جهانی، آگاهی از نقش و اهمیت زنجیره‌ی تأمین افزایش یافته و تلاش برای بهینه‌سازی آن به‌عنوان برجسته‌ترین عامل پیشرفت، مورد توجه قرار گرفته است. مدیریت موجودی یکی از ابعاد مدیریت زنجیره‌ی تأمین است که نقش مهمی در ایجاد هماهنگی بین اعضای زنجیره ایفا می‌کند. در سال‌های اخیر رویکردهای جدیدی در زمینه‌ی مدیریت موجودی در زنجیره‌ی تأمین به‌وجود آمده که ایده‌ی اصلی آن‌ها انتقال مسئولیت تصمیم‌گیری‌های حیطة‌ی مدیریت موجودی هر حلقه به حلقه‌ی بالاتر است. مدیریت موجودی توسط فروشنده شیوه‌ی نوین در یکپارچه‌سازی زنجیره‌ی تأمین است که در آن تأمین‌کننده مسئولیت کنترل و بازپرسازی موجودی خرده‌فروش را برعهده دارد.^[۱] ساختار مفهومی اولیه‌ی مدیریت موجودی توسط فروشنده در سال ۱۹۵۸ مطرح شد: «چه کسی باید مسئولیت کنترل موجودی‌ها را بر عهده داشته باشد؟»^[۲] به‌طور کلی افزایش سطح سرویس و کاهش هزینه‌های سفارش‌دهی از مزایای VMI برای خرده‌فروشان است. از سوی دیگر،

* نویسنده مسئول

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۰، اصلاحیه ۱۳۹۳/۴/۲۱، پذیرش ۱۳۹۳/۵/۲۲.

دو مدل موجودی با تقاضای وابسته به قیمت ارائه شد؛^[۹] در مدل اول، یک قیمت واحد به همه بازارها پیشنهاد داده می‌شود، ولی در مدل دوم برای هر بازار قیمت متفاوتی در نظر گرفته شده است.^[۹] در مدل یکپارچه‌ی تولید - موجودی - بازاریابی که در آن سود یکپارچه‌ی زنجیره‌ی تأمین دوسطحی بهینه ارائه می‌شود، با در نظرگیری سیاست ارسال با اندازه‌های مساوی و تقاضای وابسته به قیمت مدل‌سازی شده، حل دقیقی برای آن توسعه داده شده است.^[۱۰]

در مدل‌های کلاسیک موجودی، محصولات تولیدشده کاملاً سالم فرض می‌شوند، در حالی که طبیعتاً در یک سیستم تولیدی یک ماشین نمی‌تواند همه‌ی محصولات تولیدی در کل دوره را سالم تولید کند. در سال ۱۹۸۶، برای نخستین بار مدلی برای مقدار تولید اقتصادی ارائه شد^[۱۱] که تولید اقلام بی‌کیفیت را مد نظر قرار می‌داد. در سال ۲۰۰۶ مدل تولیدی با امکان تولید محصولات خراب و بازرسی صددرصد محصولات مدل‌سازی ارائه، و هزینه‌های کنترل کیفیت در مدل تأثیر داده شد.^[۱۲] در سال ۲۰۱۱، مدل مقدار سفارش اقتصادی با در نظر گرفتن وجود اقلام معیوب در هر انباشته‌ی دریافتی توسعه داده شد؛^[۱۳] با این فرض که کمبود به صورت پس‌افت پاره‌یی مجاز است و دوره‌ی کمبود به صورت نمایی توزیع شده است.

مفهوم تحویل به‌موقع (JIT) اولین بار توسط شرکت تویوتا موتور مطرح شد و در اوایل ۱۹۸۰ اهمیت آن به رسمیت شناخته شد.^[۱۴] نتایج حاصل از تحقیقات نشان می‌دهد که ارسال انباشته‌ی تولیدی در قالب بسته‌هایی با سایز کوچک‌تر منجر به کاهش هزینه‌ی سیستم می‌شود.^[۱۵] در سال ۲۰۰۳، یک مدل یکپارچه‌ی موجودی در زنجیره‌ی تأمین دوسطحی -- شامل یک تولیدکننده و یک خریدار -- با در نظر گرفتن سیاست ارسال سفارش در قالب تعدادی بسته‌ی چندتایی و با هدف کاهش کل هزینه‌ها ارائه شد.^[۱۶] در سال ۲۰۱۰ نیز رابطه‌ی بین یک خریدار و یک تولیدکننده، در حالتی که نرخ تولید از توزیع یکنواخت پیروی می‌کند، به‌گونه‌یی در نظر گرفته شد که تولیدکننده سفارش را در قالب تعدادی بسته با سایز کوچک‌تر برای خریدار ارسال می‌کند.^[۱۸]

«نظریه‌ی بازی‌ها» ابزاری کاربردی برای تحلیل زنجیره‌ی تأمین با عوامل مختلف و اهداف متضاد است. محققین در سال ۲۰۱۰، از نظریه‌ی بازی استاک‌لبرگ برای مقایسه‌ی سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده، در حالتی که تولیدکننده رهبر بازی باشد، بهره‌گرفتند به‌طوری که در آن یکی از خرده‌فروش‌ها رهبر و تولیدکننده و سایر خرده‌فروش‌ها پیروان وی باشند.^[۱۹] در سال ۲۰۱۳، یو و همکارانش یک سیستم VMI شامل یک تولیدکننده و چند خرده‌فروش در نظر گرفتند که در آن تقاضا وابسته به قیمت است. در این مسئله، تولیدکننده از بازی استاک‌لبرگ برای انتخاب بهینه‌ی خرده‌فروش در یک سیستم VMI بهره‌برده است.^[۲۰]

تحقیقات انجام‌شده پیرامون تأثیر سیاست VMI بر سامانه‌ی موجودی در زنجیره‌ی تأمین، یکپارچگی سیاست‌های سفارش‌دهی و قیمت‌گذاری، تلفیق مسائل کنترل کیفیت و کنترل موجودی، یکپارچگی سیاست‌های سفارش‌دهی و ارسال است. علی‌رغم توسعه‌ی مدل‌های نظری بسیاری که در زنجیره‌ی تأمین دوسطحی تحت سیاست VMI مطرح شده است، بحث تصمیمات هم‌زمان قیمت‌گذاری، مقدار بازپس‌سازی و دفعات بازپس‌سازی در سیستم‌هایی با امکان تولید اقلام معیوب و وجود کمبود مورد بررسی قرار نگرفته است. از این رو مطالعه‌ی حاضر به بررسی این مسئله اختصاص یافته است.

در بخش دوم این مقاله به بیان فرض‌ها و معرفی نمادهای به‌کار رفته در مدل پرداخته‌ایم. در بخش سوم مدل‌سازی مسئله ارائه شده و در بخش چهارم، فرایند حل مدل برای یافتن تعادل بازی استاک‌لبرگ بررسی شده است. در بخش پنجم با ارائه‌ی یک مثال و انجام تحلیل حساسیت، تأثیر پارامتر مرتبط با بازار، درصد اقلام معیوب

و هزینه‌ی کمبود را بر متغیرهای تصمیم و سود اعضای زنجیره بررسی کرده‌ایم. در بخش پایانی نیز نتیجه‌گیری نهایی ارائه شده است.

۲. نمادها و فرضیات

۲.۱. پارامترها

$D(\delta)$: نرخ تقاضا به صورت تابعی خطی از قیمت خرده‌فروشی؛

a : عرض از مبدا تابع تقاضا؛

b : شیب تابع تقاضا؛

P : نرخ تولید در سایت تولیدکننده؛

AS : هزینه‌ی آماده‌سازی تولیدکننده در هر بار راه‌اندازی؛

AB : هزینه‌ی سفارش‌دهی خرده‌فروش در هر سفارش؛

F : هزینه‌ی حمل در هر بار تحویل؛

CS : هزینه‌ی تولید هر واحد محصول؛

ω : هزینه‌ی موجودی هر واحد محصول برای خرده‌فروش؛

h_S : هزینه‌ی نگه‌داری هر واحد محصول در واحد زمان نزد تولیدکننده؛

h_{B1} : هزینه‌ی نگه‌داری هر واحد محصول سالم در واحد زمان نزد خرده‌فروش؛

h_{B2} : هزینه‌ی نگه‌داری هر واحد محصول معیوب در واحد زمان نزد خرده‌فروش؛

$(h_{B2} < h_{B1})$ ؛

π : هزینه‌ی کمبود پس‌افت هر واحد محصول در واحد زمان نزد خرده‌فروش؛

y : درصد اقلام معیوب در هر انباشته با اندازه‌ی Q ، $(0 \leq y < 1)$ ؛

x : نرخ بازرسی در واحد زمان $(x > D)$ ؛

s : هزینه‌ی بازرسی هر واحد از محصول؛

d : هزینه‌ی دفع هر واحد از ضایعات؛

TP_S : سود کل تولیدکننده؛

TP_B : سود کل خرده‌فروش.

۲.۲. متغیرهای تصمیم

Q : اندازه انباشته در هر بازپس‌سازی؛

n : تعداد محموله‌ی ارسالی در هر چرخه‌ی تولید؛

δ : قیمت خرده‌فروشی؛

C_B : قیمت عمده‌فروشی تولیدکننده؛

B : مقدار کمبود به صورت پس‌افت هر واحد محصول.

۳.۲. فرضیه‌های مدل

۱. یک تولیدکننده برای تأمین یک محصول با یک خرده‌فروش تحت قرارداد VMI در ارتباط است. از آنجا که تولیدکننده مسئول زنجیره‌ی تأمین است، خرده‌فروش با توجه به نرخ تقاضا، هزینه‌ی موجودی را به تولیدکننده بازپرداخت می‌کند.

۲. تقاضای مشتری نهایی، قطعی و به صورت تابعی از قیمت خرده‌فروشی و از نوع تقاضای افزایشی^۱ است.

۳. تولیدکننده به منظور مدیریت موجودی از سیاست مرور دائم موجودی پیروی می‌کند. همچنین برای انتقال محموله به سایت خرده‌فروش از «سیاست محموله‌ی هم‌اندازه و بدون تأخیر^۲» بهره می‌گیرد، به‌طوری که در هر بار راه‌اندازی انباشته‌یی با اندازه‌ی

nQ تولید می‌کند و هر بار که موجودی در سایت خرده‌فروش به نقطه‌ی سفارشی برسد مقدار انباشته‌ی با اندازه‌ی یکسان Q در اختیار خرده‌فروش قرار می‌دهد.

۴. افزایش تولید در سایت تولیدکننده، ناقص و دارای اقلام معیوب با درصد ثابت و معین (y) است.

$$\text{Max } TP_S(Q, n, C_B, B) = r - C_1 - C_2$$

$$\text{S.t. } Q > 0$$

$$C_B > 0$$

$$n \text{ integer}$$

(۲)

۵. انباشته‌ی دریافتی با اندازه‌ی Q در سایت خرده‌فروش، با نرخ x در طول زمان $t = Q/x$ بازرسی می‌شود.

۶. با فرض مجاز بودن کمبود در سایت خرده‌فروش به صورت پس‌افت کامل، بخشی از اقلام سالم برای پاسخ‌گویی به تقاضای مشتریان دوره‌ی قبل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

الف) درآمد تولیدکننده
با توجه به فرض‌های مسئله، خرده‌فروش با توجه به نرخ تقاضا، هزینه‌ی موجودی را به تولیدکننده بازپرداخت می‌کند. درآمد تولیدکننده شامل درآمد حاصل از فروش اقلام به خرده‌فروش و دریافت بازپرداخت هزینه‌ی موجودی طبق قرارداد VMI بین اعضای زنجیره تأمین است که متناسب با نرخ تقاضاست.

۷. به دلیل مجاز نبودن کمبود در سایت تولیدکننده، زمان تولید هر انباشته باید از چرخه‌ی بازسازی کوچک‌تر و رابطه‌ی $D(\delta) < P(1-y)$ نیز برقرار باشد.

$$r = (C_B + \omega)D(\delta)$$

(۳)

۸. بعد از فرایند بازرسی، اقلام معیوب تا پایان چرخه‌ی بازسازی در انبار خرده‌فروش نگه‌داری شده، و در زمان بازسازی مجدد به تولیدکننده بازگردانده می‌شود.

ب) هزینه‌ی موجودی مستقیم تولیدکننده

هزینه‌ی موجودی مستقیم تولیدکننده، در برگیرنده‌ی هزینه‌ها در سایت تولیدکننده -- شامل هزینه‌ی راه‌اندازی، هزینه‌ی تولید، هزینه‌ی نگاه‌داری موجودی در سایت تولیدکننده، هزینه‌ی حمل، و هزینه‌ی دفع اقلام معیوب -- است. در شکل ۱ شمایی از تغییرات سطح موجودی در سایت تولیدکننده نشان داده شده است.

۹. هزینه‌ی نگاه‌داری اقلام سالم در سایت خرده‌فروش بزرگ‌تر از هزینه‌ی نگاه‌داری در سایت تولیدکننده است.

طریق محاسبه‌ی اجزای هزینه‌ی موجودی مستقیم تولیدکننده عبارت است از:

۱۰. رابطه‌ی هزینه‌ی تولید، قیمت عمده‌فروشی و خرده‌فروشی به صورت $C_S < C_B < \delta$ است.

-- هزینه‌ی راه‌اندازی: هزینه‌ی هر بار راه‌اندازی سیستم تولید برای تولیدکننده معادل AS است. بنابراین هزینه‌ی راه‌اندازی در واحد زمان از رابطه $\frac{AS}{nT}$ قابل محاسبه است.

۱۱. دوره‌ی برنامه‌ریزی نامحدود است.

-- هزینه‌ی تولید: اندازه‌ی انباشته‌ی تولیدکننده در هر چرخه‌ی تولید معادل nQ است. با توجه به هزینه‌ی C_S برای تولید هر واحد محصول، هزینه‌ی کل تولید در واحد زمان $\frac{C_S Q}{T}$ خواهد بود.

۱۲. تحت قرارداد VMI، خرده‌فروش با انتخاب قیمت خرده‌فروشی نقش خود را در تصمیم‌گیری حفظ می‌کند و تولیدکننده مقدار بازسازی، دفعات بازسازی، مقدار کمبود و قیمت عمده‌فروشی را تعیین می‌کند.

-- هزینه‌ی نگاه‌داری موجودی: با توجه به شکل ۱ موجودی تجمعی تولیدکننده در طول چرخه‌ی تولید چنین محاسبه می‌شود:

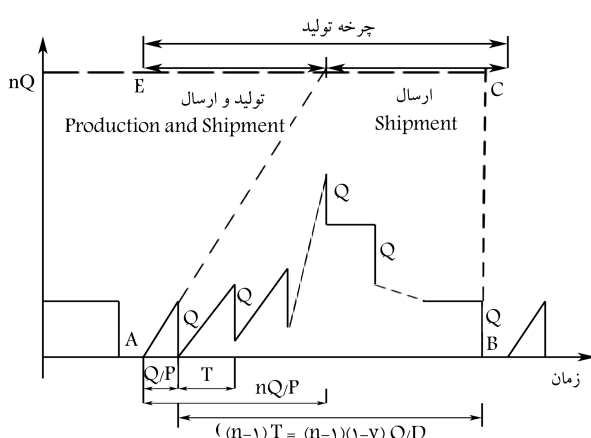
۱۳. با توجه به غیرمتمرکز بودن زنجیره‌ی تأمین مورد مطالعه، برای حل مدل از بازی استاکلیبرگ استفاده می‌شود.

۳. مدل‌سازی مسئله

۱.۳. مدل موجودی خرده‌فروش

سود خرده‌فروش با کسر مجموع هزینه‌ها (هزینه‌ی خرید محصول، هزینه‌ی موجودی) از درآمد حاصل از فروش محصول به مشتریان به دست می‌آید. فرض ما بر این است که تقاضا تابعی از قیمت خرده‌فروشی است. با توجه به این که $D(\delta) > 0$ ، پیشینه قیمت فروش a/b است. تابع سود خرده‌فروش در واحد زمان را می‌توان مطابق رابطه‌ی ۱ محاسبه کرد:

$$[S_{ABCE} - S_{ADE} - T [Q + 2Q + \dots + (n-1)Q]] \quad (4)$$



شکل ۱. موجودی در سایت تولیدکننده.

$$\text{Max } TP_B(\delta) = [\delta - (C_B + \omega)]D(\delta)$$

$$\text{S.t. } D(\delta) = a - b\delta$$

$$\delta < a/b$$

(۱)

۲.۳. مدل موجودی تولیدکننده

سود تولیدکننده با کسر مجموع هزینه‌ها از درآمد حاصل از فروش محصول به خرده‌فروش به دست می‌آید؛ هزینه‌های تولیدکننده شامل دو بخش هزینه‌ی مستقیم

خرده‌فروش قرار می‌گیرد. بنابراین هزینه سفارش‌دهی در واحد زمان به صورت $\frac{A}{T}$ قابل محاسبه است.

-- هزینه بازرسی: هزینه بازرسی هر واحد محصول در سایت خرده‌فروش در هر چرخه بازرسی S معادل است. بنابراین هزینه بازرسی در واحد زمان از رابطه $\frac{SQ}{T}$ قابل محاسبه است.

-- هزینه کمبود: در هر چرخه بازرسی، هزینه کمبود هر واحد محصول معادل π و مقدار کمبود B است. بنابراین هزینه کمبود در واحد زمان از رابطه $\frac{\pi \cdot B \cdot t_r}{T(1-y)}$ قابل محاسبه است.

-- هزینه نگهداری اقلام سالم و معیوب در سایت خرده‌فروش: با توجه به شکل ۲ می‌توان هزینه نگهداری اقلام سالم و هزینه نگهداری اقلام معیوب در سایت خرده‌فروش در واحد زمان را چنین محاسبه کرد:

الف) هزینه نگهداری اقلام سالم تا پایان چرخه بازرسی: به دلیل مجاز بودن کمبود به صورت پس‌افت کامل، تنها بخشی از اقلام سالم $(Q(1-y) - B)$ برای پاسخ‌گویی به تقاضای دوره فعلی مورد استفاده قرار می‌گیرد و هزینه نگهداری هر واحد محصول در انبار محصولات سالم در واحد زمان معادل h_{B1} است. بنابراین هزینه نگهداری اقلام سالم در طول چرخه بازرسی از رابطه ۷ محاسبه می‌شود:

$$\frac{nh_{B1}}{nT} \left(\frac{1}{2} (Q(1-y) - B)(t_1) \right) = h_{B1} \left(\frac{(Q(1-y) - B)^2}{2Q(1-y)} \right) \quad (7)$$

ب) هزینه نگهداری اقلام معیوب تا پایان چرخه بازرسی: تعداد اقلام معیوب در هر انباشته معادل $Q \cdot y$ و هزینه نگهداری هر واحد محصول در انبار ضایعات در واحد زمان معادل h_{B2} است. اقلام معیوب در زمان بازرسی در انبار محصولات سالم، و پس از آن در انبار ضایعات نگهداری می‌شود، و در زمان بازرسی مجدد به تولیدکننده بازگردانده می‌شود. بنابراین هزینه نگهداری اقلام معیوب چنین محاسبه می‌شود:

$$\frac{nh_{B1}}{nT} \left(\frac{1}{2} (Qy)(t) \right) + \frac{nh_{B2}}{nT} \left(QyT - \frac{1}{2} (Qy)(t) \right) = h_{B1} \left(\frac{D(\delta)Qy}{2x(1-y)} \right) + h_{B2} \left(Qy - \frac{D(\delta)Qy}{2x(1-y)} \right) \quad (8)$$

در نتیجه هزینه موجودی غیرمستقیم تولیدکننده در واحد زمان عبارت است از:

$$C_2 = \frac{D(\delta)AB}{Q(1-y)} + \frac{SD(\delta)}{(1-y)} + \frac{\pi \cdot B^2}{2Q(1-y)} + h_{B1} \left(\frac{(Q(1-y) - B)^2}{2Q(1-y)} + \frac{D(\delta)Qy}{2x(1-y)} \right) + h_{B2} \left(Qy - \frac{D(\delta)Qy}{2x(1-y)} \right) \quad (9)$$

۴. حل مدل

۱.۴. بازی استاکلیگ

در بازی استاکلیگ، پیشرو^۳ با امتیاز دانستن بهترین پاسخ دنباله‌رو^۴، متغیرهای تصمیم خود را تعیین می‌کند و سپس، دنباله‌رو با در نظر گرفتن مقادیر محاسبه شده

هزینه نگهداری هر واحد محصول در واحد زمان در سایت تولیدکننده h_S و طول چرخه تولید $nT = n(1-y)Q/D$ است، بنابراین هزینه نگهداری موجودی تولیدکننده در واحد زمان در سایت تولیدکننده را مطابق رابطه ۵ محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{[S_{ABCE} - S_{ADE} - T [Q + 2Q + \dots + (n-1)Q]] h_S}{nT} = \left(\frac{\left[nQ \left(\frac{Q}{P} + (n-1) \frac{(1-y)Q}{D} \right) - \frac{n^2 Q^2}{2P} \right] h_S}{- \frac{(1-y)Q}{D} [Q + 2Q + \dots + (n-1)Q]} \right) = \frac{n(1-y)Q}{D} \left[n \left(1 - \frac{D(\delta)}{P(1-y)} \right) - 1 + \frac{2D(\delta)}{P(1-y)} \right] \quad (5)$$

-- هزینه حمل: هزینه ارسال انباشته به خرده‌فروش در هر چرخه بازرسی معادل F است. بنابراین هزینه حمل در واحد زمان از رابطه F/T قابل محاسبه است.

-- هزینه دفع اقلام معیوب: تعداد اقلام معیوب بازگشتی توسط خرده‌فروش در هر چرخه بازرسی، معادل $Q \cdot y$ است. بنابراین هزینه دفع اقلام معیوب در واحد زمان به صورت $(dQy)/T$ خواهد بود. بر این اساس هزینه موجودی مستقیم تولیدکننده در واحد زمان مطابق رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

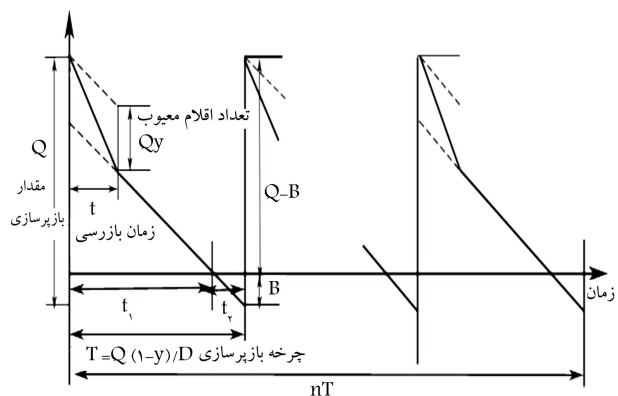
$$C_3 = \frac{D(\delta)A_S}{nQ(1-y)} + \frac{C_S D(\delta)}{(1-y)} + \frac{D(\delta)F}{Q(1-y)} + \frac{D(\delta)dy}{(1-y)} + \frac{h_S Q}{2} \left[n \left(1 - \frac{D(\delta)}{P(1-y)} \right) - 1 + \frac{2D(\delta)}{P(1-y)} \right] \quad (6)$$

ج) هزینه موجودی غیرمستقیم تولیدکننده

این هزینه ناشی از مدیریت موجودی خرده‌فروش توسط تولیدکننده -- شامل هزینه سفارش‌دهی، هزینه بازرسی، هزینه کمبود و هزینه نگهداری اقلام سالم و معیوب -- است. تغییرات سطح موجودی در دست در سایت خرده‌فروش در شکل ۲ نشان داده شده است.

روش محاسبه اجرای هزینه موجودی غیرمستقیم تولیدکننده عبارت است از:

-- هزینه سفارش‌دهی: هزینه سفارش در هر چرخه بازرسی معادل AB است. انباشته تولیدی در هر چرخه تولید، در n انباشته هم‌اندازه در اختیار



شکل ۲. موجودی در سایت خرده‌فروش.

۲.۲.۴. تصمیم تولیدکننده

مدل تولیدکننده را با جایگزینی بهترین تابع واکنش خرده‌فروش چنین بازنویسی می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \text{Max } TP_S(Q, n, C_B, B) &= (C_B + \omega)D(\delta^*(C_B)) \\ &- \frac{D(\delta^*(C_B))A_S}{nQ(\lambda - y)} - \frac{C_S D(\delta^*(C_B))}{(\lambda - y)} - \frac{D(\delta^*(C_B))F}{Q(\lambda - y)} \\ &- \frac{dyD(\delta^*(C_B))}{(\lambda - y)} - \frac{h_S Q}{2} \left[n \left(\lambda - \frac{D(\delta^*(C_B))}{P(\lambda - y)} \right) - \lambda \right. \\ &\left. + \frac{2D(\delta^*(C_B))}{P(\lambda - y)} \right] - \frac{D(\delta^*(C_B))A_B}{Q(\lambda - y)} - \frac{SD(\delta^*(C_B))}{(\lambda - y)} \\ &- \frac{\pi B^\tau}{2Q(\lambda - y)} - h_{B\lambda} \left(\frac{Q(\lambda - y) - B}{2Q(\lambda - y)} \right) \\ &+ \frac{D(\delta^*(C_B))Qy}{2x(\lambda - y)} - h_{B\tau} \left(Qy - \frac{D(\delta^*(C_B))Qy}{2x(\lambda - y)} \right) \end{aligned}$$

S.t. $Q > 0$

$C_B > 0$

$B > 0$

n integer (۱۵)

از تابع هدف نسبت به B دو بار مشتق می‌گیریم:

$$\frac{\partial^2 TP_S(Q, n, C_B, B)}{\partial B^2} = -\frac{(h_{B\lambda} + \pi)}{Q(\lambda - y)} < 0 \quad (۱۶)$$

تابع سود تولیدکننده نسبت به مقدار کمبود پس‌افت مقعر است، در نتیجه مقدار بهینه را می‌توان چنین محاسبه کرد:

$$\frac{\partial TP_S(Q, n, C_B, B)}{\partial B} = 0 \quad (۱۷)$$

$$B^* = \frac{h_{B\lambda} Q(\lambda - y)}{h_{B\lambda} + \pi} \quad (۱۸)$$

در ادامه مقدار بهینه‌ی کمبود را در تابع هدف تولیدکننده قرار می‌دهیم و سپس برای محاسبه‌ی مقدار بهینه‌ی اندازه انباشته‌ی ارسالی ابتدا از تابع هدف نسبت به Q دو بار مشتق می‌گیریم:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 TP_S(Q, n, C_B)}{\partial Q^2} &= -\frac{2D(\delta^*(C_B))A_S}{nQ^2(\lambda - y)} - \frac{2D(\delta^*(C_B))F}{Q^2(\lambda - y)} \\ &- \frac{2D(\delta^*(C_B))A_B}{Q^2(\lambda - y)} < 0 \quad (۱۹) \end{aligned}$$

با توجه به این که تابع سود تولیدکننده نسبت به اندازه انباشته مقعر است، مقدار بهینه را می‌توان چنین محاسبه کرد:

$$\frac{\partial TP_S(Q, n, C_B)}{\partial Q} = 0 \quad (۲۰)$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D(\delta^*(C_B)) \left[\frac{A_S}{n} + A_B + F \right]}{G}}$$

$$\begin{aligned} G &= h_S \left[n \left(\lambda - \frac{D(\delta^*(C_B))}{P(\lambda - y)} \right) - \lambda + \frac{2D(\delta^*(C_B))}{P(\lambda - y)} \right] \\ &- h_{B\lambda} \left(\frac{\pi^\tau (\lambda - y)}{(h_{B\lambda} + \pi)^\tau} + \frac{D(\delta^*(C_B))y}{x(\lambda - y)} \right) \\ &- h_{B\tau} \left(2y - \frac{D(\delta^*(C_B))y}{x(\lambda - y)} \right) - \frac{\pi h_{B\lambda}^\tau (\lambda - y)}{(h_{B\lambda} + \pi)^\tau} \quad (۲۱) \end{aligned}$$

مقدار متغیر تصمیم خود را برای بیشینه‌سازی سود محاسبه می‌کنند. در این صورت با تغییر تصمیم دنباله‌رو، پیشرو با توجه به بهترین پاسخ دنباله‌رو و برای بیشینه‌سازی سودش، مقادیر متغیرها را تغییر خواهد داد. این رویه تا جایی ادامه می‌یابد که پیش‌رو نتواند سود خود را افزایش دهد، و در نتیجه به تعادل استاکلیبرگ خواهند رسید. در حالت تعادل، هیچ یک مایل به تغییر شرایط نخواهند بود، زیرا نقطه‌ی تعادل بیشترین سود را برای هر یک ایجاد می‌کند.^[۲۱] رابطه‌ی تولیدکننده - خرده‌فروش در بازی استاکلیبرگ را می‌توان چنین فرموله‌بندی کرد:

$$\begin{aligned} \text{Max } TP_S(Q, n, C_B, B) &= (C_B + \omega)D(\delta) - \frac{D(\delta)A_S}{nQ(\lambda - y)} \\ &- \frac{C_S D(\delta)}{(\lambda - y)} - \frac{D(\delta)F}{Q(\lambda - y)} - \frac{dyD(\delta)}{(\lambda - y)} \\ &- \frac{h_S Q}{2} \left[n \left(\lambda - \frac{D(\delta)}{P(\lambda - y)} \right) - \lambda + \frac{2D(\delta)}{P(\lambda - y)} \right] \\ &- \frac{D(\delta)A_B}{Q(\lambda - y)} - \frac{SD(\delta)}{(\lambda - y)} - \frac{\pi B^\tau}{2Q(\lambda - y)} \\ &- h_{B\lambda} \left(\frac{Q(\lambda - y) - B}{2Q(\lambda - y)} + \frac{D(\delta)Qy}{2x(\lambda - y)} \right) \\ &- h_{B\tau} \left(Qy - \frac{D(\delta)Qy}{2x(\lambda - y)} \right) \end{aligned}$$

S.t. $Q > 0$

$C_B > 0$

$B > 0$

n integer

$$\text{Max } TP_B(\delta) = (\delta - C_B - \omega)D(\delta)$$

S.t. $D(\delta) = a - b\delta$

$\delta < a/b$ (۱۰)

۲.۴. فرایند حل مدل

۱.۲.۴. بهترین واکنش خرده‌فروش

مقدار $D(\delta) = a - b\delta$ را در تابع هدف قرار می‌دهیم:

$$\text{Max } TP_B(\delta) = (\delta - C_B - \omega)(a - b\delta) \quad (۱۱)$$

سپس از تابع هدف خرده‌فروش نسبت به δ دو بار مشتق می‌گیریم:

$$\frac{\partial^2 TP_B(\delta)}{\partial \delta^2} = -2b < 0 \quad (۱۲)$$

با توجه به این که تابع سود خرده‌فروش نسبت به قیمت خرده‌فروشی مقعر است، بهترین تابع واکنش خرده‌فروش را می‌توان چنین محاسبه کرد:

$$\frac{\partial TP_B(\delta)}{\partial \delta} = 0 \quad (۱۳)$$

$$\delta^* = \frac{a}{2b} + \frac{(C_B + \omega)}{2} \quad (۱۴)$$

۲. اگر:

$$V > 0 \Rightarrow [Z(n+1) - Z(n)] - [Z(n) - Z(n-1)] > 0 \quad (28)$$

به نحوی که:

$$[Z(n+1) - Z(n)] - [Z(n) - Z(n-1)] = \frac{2ASV}{n(n-1)} \quad (29)$$

با برقراری شرایط $V > 0$ ، $Z(n)$ نسبت به n محدب خواهد بود و n^* نقطه‌ی کمیینه‌ی $Z(n)$ خواهد بود.

به‌طور خلاصه می‌توان برای هر مقدار از قیمت عمده‌فروشی، تعداد دفعات ارسال بهینه را از رابطه‌ی ۳۰ محاسبه کرد:

$$\begin{cases} n^*(n^*-1) < \frac{ASV}{[AB+F]h_S(\lambda - \frac{D(\delta^*(C_B))}{P(\lambda-y)})} \leq n^*(n^*+1) & V > 0 \\ n^* = 1 & V \leq 0 \end{cases} \quad (30)$$

حال برای محاسبه‌ی مقدار بهینه‌ی قیمت عمده‌فروشی، با توجه به این که $TP_S(n, C_B)$ یک تابع پیوسته نسبت به C_B است و همچنین مقدار بیشینه‌ی آن وجود دارد، با ثابت در نظر گرفتن تعداد دفعات ارسال سفارش، مقدار بهینه‌ی C_B را مطابق شرایط زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\partial TP_S(C_B)}{\partial C_B} = 0 \quad (31)$$

با توجه به این که δ^* به C_B^* وابسته است، مقدار C_B^* باید به‌گونه‌ی باشد که محدودیت $\delta < a/b$ را برآورده سازد:

$$\delta^* < a/b \Rightarrow \frac{a}{\gamma b} + \frac{C_B^* + \omega}{\gamma} < \frac{a}{b} \Rightarrow C_B^* < (\frac{a}{b} - \omega) \quad (32)$$

لازم به ذکر است که براساس رابطه‌ی $\frac{\partial TP_b^*(C_B)}{\partial C_B} < 0$ ، تابع سود خریدار یک تابع کاهشی نسبت به C_B است. بنابراین اگر دو نقطه‌ی بحرانی برای قیمت عمده‌فروشی به صورت $C_{B1}^* > C_{B2}^*$ به دست آید، تولیدکننده تحت قرارداد VMI به‌عنوان پیشرو، از رابطه‌ی $TP_b^*(C_{B1}^*) < TP_b^*(C_{B2}^*)$ آگاه است، و چون سعی در جلب رضایت خرده‌فروش دارد، C_{B2}^* را به‌عنوان جواب بهینه‌ی نهایی انتخاب خواهد کرد. بنابراین تعادل استاکلبرگ واحد را به دست خواهیم آورد.

۳.۴. الگوریتم حل

در این مدل برای محاسبه‌ی نقطه‌ی تعادل استاکلبرگ واحد به‌منظور تعیین مقدار بهینه‌ی متغیرهای تصمیم از روش زیر استفاده می‌شود:

گام ۱: با در نظر گرفتن $n = 1$ ، مقدار C_B را از حل معادله‌ی ۳۱ تعیین کنید، به‌طوری‌که محدودیت ۳۲ را برآورده سازد. مقدار C_B محاسبه شده را در عبارت ۲۶ قرار دهید، اگر در آن صدق کند مقادیر n^* و C_B^* به دست آمده است و به گام چهارم بروید در غیر این صورت به گام دوم بروید.

گام ۲: با در نظر گرفتن $n = 2$ ، مقدار C_B را با حل معادله‌ی ۳۱ تعیین کنید، به‌طوری‌که محدودیت ۳۲ را برآورده سازد. مقادیر C_B به دست آمده را در عبارت ۲۸ قرار دهید؛ اگر در آن صدق کند مقادیر n^* و C_B^* به دست آمده است و به گام چهارم بروید، در غیر این صورت به گام سوم بروید.

در ادامه مقدار بهینه را در تابع هدف تولیدکننده قرار می‌دهیم و مدل را به صورت زیر بازنویسی می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \text{Max } TP_S(n, C_B) &= (C_B + \omega)D(\delta^*(C_B)) - \frac{C_S D(\delta^*(C_B))}{(\lambda - y)} \\ &\quad - \frac{dyD(\delta^*(C_B))}{(\lambda - y)} - \frac{SD(\delta^*(C_B))}{(\lambda - y)} \\ &\quad - \sqrt{\frac{2D(\delta^*(C_B))}{(\lambda - y)}} \sqrt{\left[\frac{AS}{n} + AB + F\right]G} \end{aligned} \quad (22)$$

باید توجه داشت که براساس رابطه‌ی ۲۲ تنها متغیرهای تصمیم قیمت عمده‌فروشی (C_B) و تعداد دفعات ارسال انباشته (n) باقی مانده‌اند که در ادامه روش محاسبه‌ی آن‌ها بیان شده است:

ابتدا با ثابت در نظر گرفتن قیمت عمده‌فروشی، مقدار بهینه‌ی دفعات ارسال انباشته مطابق شرایط زیر محاسبه می‌شود. تحت این شرایط، برای بیشینه‌سازی سود تولیدکننده می‌توان عبارت زیر را دی‌کال را کمیینه کرد:

$$\begin{aligned} \text{Min } [AB + F][h_S \left[-1 + \frac{2D(\delta^*(C_B))}{P(\lambda - y)} \right] - \frac{\pi h_{B1}(\lambda - y)}{(h_{B1} + \pi)^2} \\ - h_{B1} \left(\frac{\pi^2(\lambda - y)}{(h_{B1} + \pi)^2} + \frac{D(\delta^*(C_B))y}{x(\lambda - y)} \right) - h_{B2}(\gamma y \\ - \frac{D(\delta^*(C_B))y}{x(\lambda - y)})] + AS h_S \left(\lambda - \frac{D(\delta^*(C_B))}{P(\lambda - y)} \right) + Z(n) \end{aligned} \quad (23)$$

که:

$$Z(n) = [AB + F]h_S n \left(\lambda - \frac{D(\delta^*(C_B))}{P(\lambda - y)} \right) + \frac{AS}{n} V \quad (24)$$

به نحوی که:

$$\begin{aligned} V = h_S \left[-1 + \frac{2D(\delta^*(C_B))}{P(\lambda - y)} \right] - h_{B1} \left(\frac{\pi^2(\lambda - y)}{(h_{B1} + \pi)^2} \right. \\ \left. + \frac{D(\delta^*(C_B))y}{x(\lambda - y)} \right) - h_{B2} \left(\gamma y - \frac{D(\delta^*(C_B))y}{x(\lambda - y)} \right) - \frac{\pi h_{B1}(\lambda - y)}{(h_{B1} + \pi)^2} \end{aligned} \quad (25)$$

لازم به ذکر است تنها عبارت $Z(n)$ دارای متغیر n است، بنابراین بیشینه‌سازی سود تولیدکننده می‌تواند معادل کمیینه‌سازی عبارت $Z(n)$ باشد. با توجه به این که n عددی صحیح و مقداری گسسته است، برای محاسبه‌ی مقدار بهینه‌ی آن از مفهوم مشتق استفاده می‌کنیم. در این صورت دو حالت به وجود می‌آید:

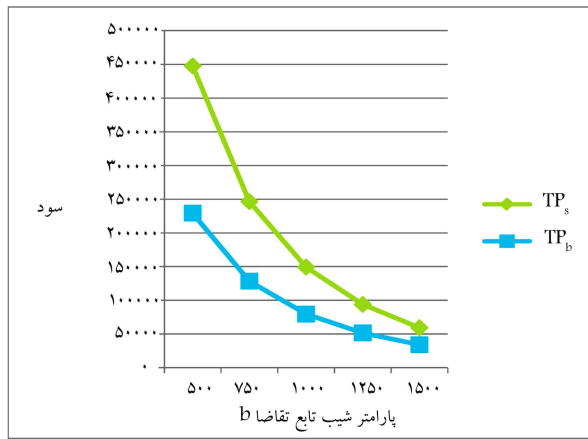
۱. اگر:

$$V \leq 0 \Rightarrow Z(n+1) - Z(n) < 0 \quad (26)$$

به نحوی که:

$$\begin{aligned} Z(n+1) - Z(n) &= [AB + F]h_S n \left(\lambda - \frac{D(\delta^*(C_B))}{P(\lambda - y)} \right) \\ &\quad - \frac{ASV}{n(n+1)} \end{aligned} \quad (27)$$

با توجه به فرض مجاز نبودن کمبود در سایت تولیدکننده، بخش اول عبارت دارای نتیجه‌ی با علامت مثبت خواهد بود. با برقراری شرایط $V \leq 0$ ، $Z(n)$ یک تابع افزایشی نسبت به n خواهد بود و جواب بهینه برای تعداد دفعات ارسال $n^* = 1$ است.



شکل ۳. تغییرات سود اعضای زنجیره نسبت به تغییرات b.

پارامتر b، سود تولیدکننده و خرده‌فروش به میزان بیش از ۶۰٪ افزایش می‌یابد. در حقیقت با کاهش حساسیت تقاضای مشتری به قیمت خرده‌فروشی، سود تولیدکننده و خرده‌فروش به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش پارامتر مرتبط با بازار، مقادیر بهینه‌ی تصمیم کاهش می‌یابد.

۲.۵. تحلیل حساسیت پارامتر درصد اقلام معیوب y

نتایج حاصل از تأثیر تغییر درصد اقلام معیوب بر جواب بهینه و سود اعضای زنجیره در جدول ۳ ارائه شده است. چنان که ملاحظه می‌شود، با افزایش درصد اقلام معیوب، مقادیر بهینه‌ی اندازه‌ی انباشته، قیمت عمده‌فروشی و قیمت خرده‌فروشی افزایش می‌یابد و فقط مقدار کمبود کاهش می‌یابد. چنان که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، افزایش درصد اقلام معیوب به کاهش سود اعضای زنجیره منجر می‌شود. این یک نتیجه منطقی است، زیرا با افزایش درصد اقلام معیوب، هزینه‌های سیستم افزایش می‌یابد و افزایش هزینه‌ها، موجب افزایش قیمت خرده‌فروشی و به تبع آن کاهش تقاضا خواهد شد؛ بنابراین سود کاهش می‌یابد.

جدول ۳. تأثیر تغییر پارامترها بر مقادیر بهینه تصمیم و سود اعضای زنجیره.

TP_B	TP_s	δ	C_B	n	Q	B	
۲۲۹۲۰۴,۷۶	۴۴۷۶۰۶,۸۷	۷۸,۵۸۹	۴۹,۱۸	۲	۹۷۱,۷۲	۱۰۶۸۹	۵۰۰
۱۲۸۳۲۸,۲۱	۲۴۶۳۲۵,۲۷	۵۳,۵۸۶	۳۲,۵۱	۲	۹۳۰,۲۵	۱۰۲,۳۳	۷۵۰
۵۱۵۷۳,۴۸	۹۳۸۰۱,۸۳	۳۳,۵۸	۱۹,۱۵۳	۲	۸۴۱,۶۰	۹۲,۵۸	۱۲۵۰
۳۴۰۲۴,۴۹	۵۹۲۲۹,۳۴	۲۸,۵۷	۱۵,۸۰۷	۲	۷۹۳,۸۷	۸۷,۳۳	۱۵۰۰
۷۸۶۵۶,۵	۱۴۷۴۳۹,۲۲	۴۱,۱۳	۲۴,۲۶	۲	۸۸۹,۰۸	۹۶,۸۱	۰,۰۲
۷۵۹۳۶,۴	۱۴۱۹۲۹,۵۵	۴۱,۲۹	۲۴,۵۷	۲	۸۹۵,۳۳	۹۴,۵۱	۰,۰۵
۷۱۱۵۹,۳۵	۱۳۲۱۸۹,۲۹	۴۱,۵۶	۲۵,۱۳	۲	۹۰۵,۳۹	۹۰,۵۴	۰,۱
۶۰۳۳۲,۵	۱۲۳۵۲۰,۶۲	۴۲,۲۳	۲۶,۴۶	۲	۹۲۲,۱۲	۸۱,۹۷	۰,۲
۷۹۴۸۷,۰۳	۱۴۹۰۲۸,۱۹۸	۴۱,۰۸۴	۲۴,۱۶۹	۲	۹۱۴,۷۰۸	۱۸۱,۰۲	۲۰
۷۹۵۲۱,۸۱	۱۴۹۰۷۹,۳۸	۴۱,۰۸۳	۲۴,۱۶۵	۲	۸۹۶,۷۵۹	۱۲۶,۸۳	۳۰
۷۹۵۴۸,۵۶	۱۴۹۰۳۵,۷۶	۴۱,۰۸۱	۲۴,۱۶۲	۲	۸۸۱,۲۹	۷۹,۳۲	۵۰
۷۹۵۵۷,۴۸	۱۴۹۰۰۹,۸۵	۴۱,۰۸۰	۲۴,۱۶۱	۲	۸۷۷,۲۵	۶۶,۸۱	۶۰

گام ۳: اکنون $n = n + 1$ را در نظر بگیرید و گام دوم را تکرار کنید.

گام ۴: مقدار $TP_s^*(n, C_B)$ را از رابطه‌ی ۲۲، مقدار B^* را از رابطه‌ی ۱۸، مقدار Q^* از رابطه‌ی ۲۱، مقدار δ^* را از رابطه‌ی ۱۴، و مقدار $TP_B^*(\delta)$ را از رابطه‌ی ۱ محاسبه کنید.

۵. مثال عددی و تحلیل حساسیت

در این بخش با بیان یک مثال عددی، کاربرد عملی مدل پیشنهادی تشریح می‌شود و در ادامه، حساسیت مدل تحلیل می‌شود. مقادیر پارامترهای این مثال با توجه به مرور ادبیات انجام گرفته در جدول ۱، و نتایج حاصل از حل مثال عددی در جدول ۲ نشان داده شده است.

تحلیل حساسیت روی پارامترهای y ، b و π به منظور بررسی تأثیرشان بر جواب بهینه، سود تولیدکننده و خرده‌فروش بررسی شده، که در ادامه نتایج حاصله تشریح می‌شود.

۱.۵. تحلیل حساسیت پارامتر شیب تابع تقاضا b

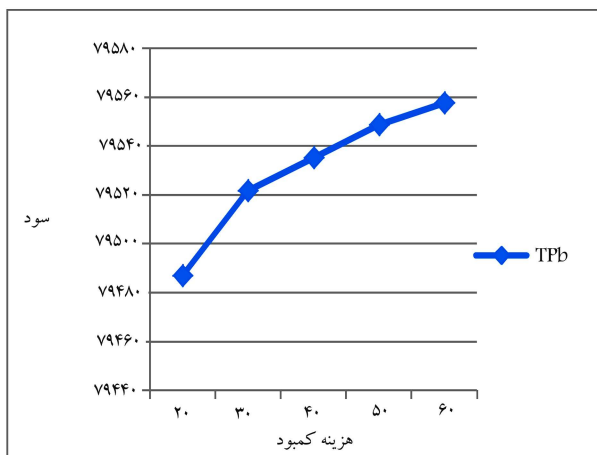
همان‌طور که در جدول ۳ و شکل ۳ مشاهده می‌شود، پارامتر مرتبط با بازار تأثیر به‌سزایی بر سود تولیدکننده و خرده‌فروش دارد به طوری که با کاهش ۲۵ درصدی

جدول ۱. پارامترهای مثال.

a	b	P	A_s	A_B	F	C_s	ω
۵۰۰۰۰	۱۰۰۰	۶۰۰۰۰	۴۰۰	۱۰۰	۲۵	۱۴	۸
x	y	h_s	h_{B1}	h_{B2}	π	d	s
۸۷۶۰۰	۰,۰۱	۳	۵	۲	۴۰	۵	۰,۵

جدول ۲. نتایج مثال عددی.

B	Q	n	C_B	δ	TP_s	TP_B
۹۷,۵۶	۸۸۶,۹۶	۲	۲۴,۱۶۳	۴۱,۰۸۲	۱۴۹۱۶۹	۷۹۵۳۵,۲



شکل ۶. تغییرات سود خرده‌فروش نسبت به تغییرات π .

به بیشترین مقدار خود می‌رسد. اما در ادامه و با افزایش پارامتر π ، شیب کاهش هزینه‌ی نگه‌داری در سایت تولیدکننده و کمبود ملایم می‌شود و سود تولیدکننده روند نزولی دارد.

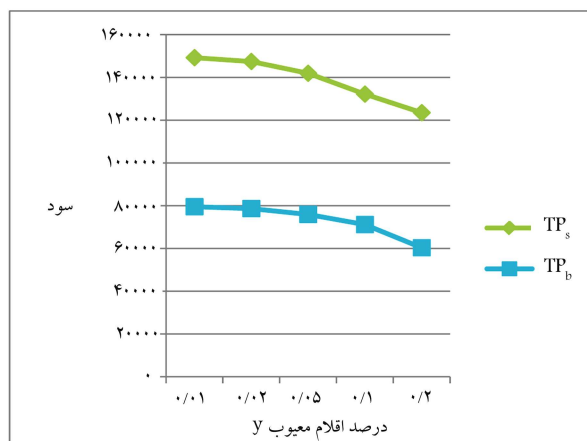
۶. نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر تلفیق مدل‌های کلاسیک کنترل موجودی و مباحث کنترل کیفی مورد توجه محققین قرار گرفته است. همچنین یکپارچگی مبحث قیمت‌گذاری و تصمیمات موجودی جنبه‌ی دیگری برای افزایش کارایی مدل‌ها محسوب می‌شود. با یک بررسی جامع بر ادبیات موضوع، مسائلی که به بهینه‌سازی هم‌زمان سیاست‌های قیمت‌گذاری، مقدار بازپرسازی و دفعات آن در سیستم تولیدی با شرایط تولید محصول معیوب پیروزانند، در مطالعات صورت‌گرفته مشاهده نشده است. بدین سبب نوشتار حاضر به بررسی این مسئله اختصاص یافت. مسئله‌ی موردنظر در یک زنجیره‌ی تأمین دوسطحی غیرمتمرکز، تحت سیاست VMI، با رعایت فرض مجاز بودن کمبود در سایت خرده‌فروش به صورت بازی استاک‌برگ مدل شد. براساس فرایند حل، نقطه‌ی تعادل استاک‌برگ واحد مشخص و سطح بهینه‌ی متغیرها و سود اعضای زنجیره تعیین شد. با استفاده از یک مثال عددی و تحلیل حساسیت، مشخص شد که با کاهش وابستگی تقاضا به قیمت، سود تولیدکننده و خرده‌فروش افزایش یافته و با افزایش درصد اقلام معیوب، سود اعضای زنجیره کاهش می‌یابد. با کاهش هزینه‌ی کمبود، سود تولیدکننده سیر نزولی دارد و سود خرده‌فروش نیز با هزینه‌ی کمبود رابطه‌ی مستقیم دارد.

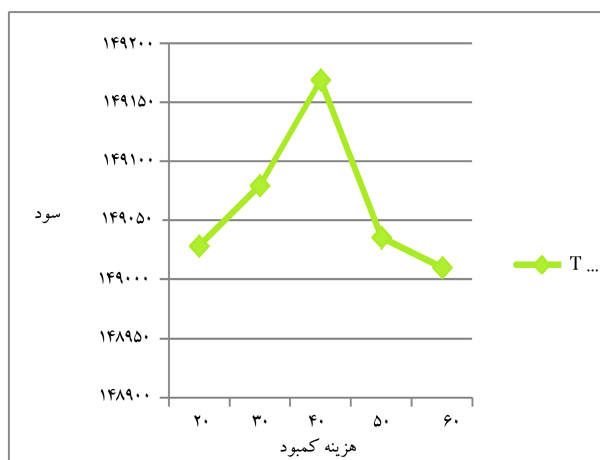
در تحقیقات آتی می‌توان به تعمیم مسئله برای حالت چندمحصولی با در نظر گرفتن حالت وابستگی میان محصولات اشاره کرد. از دیگر مواردی که به واقعی کردن مدل ارائه شده کمک خواهد کرد، تغییر برخی فرضیات مسئله مانند احتمالی کردن تقاضا علاوه بر وابستگی به قیمت در مدل فوق خواهد بود.

پانویس‌ها

1. additive demand
2. non-delayed equal-sized shipment policy
3. leader
4. follower



شکل ۴. تغییرات سود اعضای زنجیره نسبت به تغییرات y .



شکل ۵. تغییرات سود تولیدکننده نسبت به تغییرات π .

۳.۵. تحلیل حساسیت پارامتر هزینه‌ی کمبود π

نتایج حاصل از بررسی تأثیر هزینه‌ی کمبود بر تصمیم بهینه و سود اعضای زنجیره در جدول ۳ نشان داده شده است. چنان که ملاحظه می‌شود، افزایش هزینه‌ی کمبود به کاهش مقادیر بهینه‌ی تصمیم می‌انجامد و فقط تعداد دفعات ارسال ثابت می‌ماند. چنان که در شکل‌های ۵ و ۶ مشاهده می‌شود، سود خرده‌فروش با پارامتر π رابطه‌ی عکس دارد، به طوری که افزایش پارامتر π موجب کاهش قیمت خرده‌فروشی خواهد شد و بنابراین سود خرده‌فروش افزایش می‌یابد. اما تغییرات هزینه‌ی کمبود روند یکسانی در سود تولیدکننده ایجاد نمی‌کند، به طوری که ابتدا با افزایش پارامتر π شیب کاهش هزینه‌ی نگه‌داری در سایت تولیدکننده و هزینه‌ی کمبود تندتر از شیب افزایش سایر هزینه‌هاست؛ بنابراین سود تولیدکننده افزایش می‌یابد و در $\pi = 40$

منابع (References)

1. Dong, Y. and Xu, K. "A supply chain model of vendor managed inventory", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **38**(2), pp. 75-95 (2002).

2. Magee, J.F. "Production planning and inventory control", (1985).
3. Waller, M.A., Johnson, M.E. and Davis, T. "Vendor-managed inventory in the retail supply chain", *Journal of Business Logistics*, **20**(1), pp. 183-203 (1999).
4. Pasandideh, S.H.R., Niaki, S.T.A. and Nia, A.R. "An investigation of vendor-managed inventory application in supply chain: The EOQ model with shortage", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **49**, pp. 329-339 (2010).
5. Darwish, M.A. and Odah, O.M. "Vendor managed inventory model for single-vendor multi-retailer supply chains", *European Journal of Operational Research*, **204**, pp. 473-484 (2010).
6. Hariga, M., Gumus, M., Daghfous, A. and Goyal, S.K. "A vendor managed inventory model under contractual storage agreement", *Computers & Operations Research*, **40**(8), pp. 2138-44 (2013).
7. Whitin, T.M. "Inventory control and price theory", *Management Science*, **2**, pp. 61-68 (1955).
8. Abad, P.L. "Optimal price and order size for a reseller under partial backordering", *Computers and Operations Research*, **28**(1), pp. 53-65 (2001).
9. Bakal, I.S., Geunes, J. and Romeijn, H.E. "Market selection decisions for inventory models with price-sensitive demand", *Journal of Global Optimization*, **41**, pp. 633-657 (2008).
10. Sajadieh, M.S. and Jokar, M.R.A. "Optimizing shipment, ordering and pricing policies in a two-stage supply chain with price sensitive demand", *Transportation Research Part E*, **45**, pp 564-571 (2009).
11. Porteus, E.L. "Optimal lot-sizing process quality improvement and setup cost reduction", *European Journal of Operational Research*, **34**, pp. 137-144 (1986).
12. Rosenblatt, M.J. and Lee, H.L. "Economic production cycles with imperfect production processes", *IIE Transactions*, **18**, pp. 48-55 (1986).
13. Hou, K.L. "An EPQ model with setup cost and process quality as functions of capital expenditure", *Journal of Applied Mathematical Modeling*, **31**, pp. 10-17 (2006).
14. Das Roy, M., Sana, S.S. and Chaudhuri, K. "An optimal shipment strategy for imperfect items in a stock-out situation", *Mathematical and Computer Modeling*, **54**, pp. 2528-2543 (2011).
15. Silver, E.A., Pyke, D.F. and Peterson, R., *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, New York, NY: Wiley (1998).
16. Pan, A.C. and Liao, C. "An inventory model under just-in-time purchasing agreement", *Production and Inventory Management Journal*, 1st Quarter, pp. 49-52 (1989).
17. Kim, S.L. and Ha, D. "A JIT lot-splitting model for supply chain management: Enhancing buyer-supplier linkage", *International Journal of Production Economics*, **86**, pp: 1-10 (2003).
18. Taleizadeh, A.A, Niaki, S.T.A, Shafii, N., Ghavamizadeh Meibodi, R. and Jabbarzadeh, A. "A particle swarm optimization approach for constraint joint single buyer-single vendor inventory problem with changeable lead time and (r,Q) policy in supply chain", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **51**, pp. 1209-1223 (2010).
19. Almeddawe, E. and Mantin, B. "Vendor managed inventory with capacitated manufacturer and multiple retailer: Retailer versus manufacturer leadership", *International Journal of Production Economics*, **128**, pp. 292-302 (2010).
20. Yu, Y., Hong, Z., Zhang, L., Liang, L. and Chu, C. "Optimal selection of retailers for a manufacturing vendor in a vendor managed inventory system", *European Journal of Operational Research*, **225**, pp. 273-284 (2013).
21. Yu, Y., Chu, F. and Chen, H. "A Stackelberg game and its improvement in a VMI system with a manufacturing vendor", *European Journal of Operational Research*, **192**(3), pp. 929-948m (2009).