



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

# سیاست های مدیریت موجودی و تحول، باز پرسازی مشترک بهینه برای

## کالاهای فاسد شدنی

### چکیده

در این مقاله، ما به تحلیل تصمیمات مشترک بهینه در خصوص زمان، روش و میزان ارایه کالاهای با عمر متغیر به مشتریان است. ما به بحث در خصوص ویژگی های اصلی مسئله نوظهور در باز پرسازی مشترک و تحویل کالا های فاسد شدنی پرداخته و فرضیات کلی خود را مدل سازی می کنیم ما مسئله را با استفاده از الگوریتم شاخه و برش حل کرده و عملکرد آن را با مجموعه ای از نمونه های تصادفی تست می کنیم. الگوریتم ما قادر به محاسبه روش های بهینه برای تعداد مشتریان بیش از 30 نفر، سه دوره و ماکزیمم عمر دو دوره برای محصولات فاسد شدنی می باشیم. برای موارد حل نشده، شکاف بهینگی معمولاً کم تر از 1.5 درصد به طور میانگین برای موارد بیش از 50 مشتری است. ما اقدام به اجرا و مقایسه دو سیاست فروش نیمه بهینه با یک سیاست بهینه می کنیم: معمولاً قدیمی ترین کالا ها برای اجتناب از فساد فروخته شده و تازه ترین کالا ها برای افزایش در آمد فروخته می شوند.

لغات کلیدی: کالا های فاسد شدنی، کنترل موجودی، باز پرسازی، مسیر یابی موجودی، موجودی مدیریت شده فروشنده، الگوریتم شاخه و برش

### 1-مقدمه

کنترل موجودی، یک عملیات لجستیک مهم به خصوص زمانی که محصولات عمر مفید محدودی دارند می باشد. کنترل موجودی مناسب متضمن این است که تقاضا بدون تحمیل هزینه های نگه دارای و یا خرابی برآورده شود. چندین مدل کنترل موجودی وجود دارد(3) و بسیاری از آن ها در بر گیرنده فراوری برخی محصولات فاسد شدنی است(30).

مسائل مربوط به مدیریت انوانتوری محصولات فاسد شدنی در موارد بسیاری بروز می یابند کاربرد کنترل موجودی محصولات فاسد شدنی در بر گیرنده مدیریت و توزیع خون (5-9-17-18-20-25-26-33) و نیز مدیریت مواد شیمیایی و رادیو اکتیور و غذا هایی نظیر محصولات لبنی، میوه ها و سبزیجات (4-29-31-34-

35) و البسه های مد (28) می باشد. چندین مدل مدیریت موجودی برای ایتام های فاسد شدنی ارائه شده اند که شامل بازنگری دوره ای با حداقل و حداکثر مقدار سفارش هاجیما(15) و بازنگری دوره ای با ملاحظات خدماتی مینر و ترانشکل 24 است. بازنگری مدل ها و الگوریتم های اصلی در این زمینه را می توان در کار های ناهمیاس(30) و کارسمن و همکاران(199=) یافت. یک رویکرد تحلیلی واحد برای مدیریت شبکه های زنجیره عرضه برای محصولات حساس به زمان توسط ناگرنی و همکاران (27) ارائه شده است.

برنامه ریزی برای تحویل کارآمد، موجب افزایش صرفه جویی در عملیات لجستیک می شود. بهینه سازی مسیر های برنده یکی از توسعه یافته ترین موارد در تحقیقات عملیات می باشد(21). تلفیق کنترل موجودی و مسیر یابی برنده، ایجاد یک مسئله بهینه سازی موسوم به مسیر یابی موجودی می شود که هدف آن کمینه سازی با به حداقل رساندن هزینه های کل مربوط به مسیر برنده و کنترل موجودی است. بررسی های اخیر مسئله مسیر یابی موجودی توسط اندرسون و همکاران 2 و کلهو (8) ارائه شده است.

مدیریت موجودی مشترک و توزیع محصولات فاسد شدنی که موضوع این مقاله است، یک مسئله مسیر یابی موجودی فاسد شدنی را ایجاد می کند. ناگرنی و معصومی (25) به بررسی توزیع و جا به جایی خون انسان در یک زمینه تقاضای تصادفی با در نظر گرفتن قابلیت فاسد شدن و پسماند خون مربوط به سن و ظرفیت محدود بانک های خونی پرداختند. هملیمر و همکاران 16، به مطالعه کنترل موجودی خون با مسیر های ثابت و تقاضای تصادفی پرداختند. این مسئله به طور اکتشافی با برنامه نویسی انتگرال و جست و جوی همسایه متغیر حل شد. گامستا و همکاران(14) از مسائل حمل و نقل در مدل کنترل موجودی محدود به دو مشتری استفاده کردند. گاستودو و الوییرا (10) یک تحلیل اکتشافی راهبردی از توزیع و کنترل موجودی چندین کالای منجمد با تقاضای تصادفی ارائه کردند. مرسر و تایو(23) به بررسی مسئله توزیع خون هفتگی زنجیره سوپر مارکت بدون در نظر گرفتن عمر کالا پرداختند. یک مقاله نظری که به توسعه رویکرد تولید ستون می پرداخت، توسط لی و همکاران (22) به منظور ارائه راه حل هایی به یک PIRP گزارش شده است. شکاف بهینگی پایین تر از 10 درصد هشت مشتری و 5 دوره تحت فرض عمر قفسه ای ثابت و مقدار ثابت در سرتاسر عمر محصول بود.

این مقاله، اهمیت های علمی بی شماری دارد. ما در ابتدا به طبقه بندی و بحث در مورد فرضیات اصلی مدیریت کالا های فاسد شدنی می پردازیم. سپس اقدام به تدوین PIRP به صورت برنامه خطی ترکیبی برای مورد کل

کرده و آن را برای رسیدگی به مواردی که در آن خرده فروشان اول کالا های قدیمی را می فروشند و مواردی که کالا های تازه تر به فروش می رسند مدل سازی کردند. ما اقدام به ایجاد یک الگوریتم شاخه و برش دقیق برای حل مدل های مختلف کردیم. این اولین باری است که یک IRP مدل سازی شده و بر اساس فرضیات کلی در زمینه مدیریت محصولات فاسد شدنی حل می شود. مدل های ما نیازی به فرضیات در خصوص شکل توابع هزینه موجودی و درآمد ندارند. ما اقدام به ایجاد یک رابطه بین IRP و PIRP چند محصولی مطالعه شده توسط محققان کردیم (7).

## 2 توصیف مسئله

مسئله موجودی و باز پرساسازی مشترک برای کالاهای فاسد شدنی مربوط به بهینه سازی ترکیبی کنترل موجودی و مسیر یابی برای محصولات با عمر موقت است. این محصولات دارای یک تاریخ انقضا بوده که بعد از آن قابل مصرف نمی باشند. در این رابطه می توان به محصولات دارویی و غذایی و نیز طیف وسیعی از محصولاتی که کیفیت، ظاهر تجاری آن ها طی زمان کاهش می یابد نظیر گل، مواد آرایشی، رنگ، محصولات الکترونیک و کالاهای مد اشاره کرد. در این بخش ما در مورد فرضیات نگه داری انواع محصولات صحبت کرده و توضیح می دهیم که چگونه می توان از آن ها در مدل استفاده کرد. به طور خاص، ما در مورد انواع فساد محصول در بخش 1-2، فرضیات هزینه های نگه داری موجودی این محصولات در بخش 2-2، سود ناشی از آن ها به صورت تابعی از سن در بخش 2-3 و مدیریت کالاهای با سنین مختلف نگه داری شده در انبار در بخش 2-3 صحبت می کنیم.

## 2-1 انواع فساد پذیری کالا

دو نوع کالا های فاسد شدنی بر اساس شیوه تجزیه و فاسد شدن وجود ندارد (30). نخستین مورد شامل کالاهایی است که ارزش آن ها تا یک تاریخ خاص تغییر نکرده و سپس به طور ناگهانی به صفر می رسد. این در رابطه با محصولاتی صادق است که مطلوبیت آن ها توسط مشتریان تعیین می شود نظیر تقویم ها، سالنامه ها، نقشه ها و ابزار های الکترونیکی که سریعا بعد از یک تاریخ معین از کار افتاده می شوند. اگرچه این کالات ها ممکن است در شرایط بی نقصی باشند با این حال مفید دیگر نیستند. در یک مقوله مشابه، کالاهایی با تاریخ انقضا نظیر دارو، ماست و شیر بطری ای یافت می شوند. این کالا ها هم می توانند به صورت تازه و هم چند روز

دیرتر مصرف شوند ولی بعد از تاریخ انقضا، مناسب مصرف نمی باشند. دومین مورد شامل محصولاتی است که کیفیت و ارزش درک شده آن ها به تدریج با گذشت زمان کاهش می یابد. مثال هایی از این موارد شامل میوه جات، سبزیجات و گل می باشند.

## **2-2 اثر سن کالا بر روی هزینه های نگه داری موجودی**

به عنوان یک قاعده کلی، هزینه های نگه داری موجودی واحد با سن و ارزش محصول تغییر می کند. برای مثال این فرض کلی برای هزینه های بیمه که ارزش محور هستند صدق می کند. همه هزینه های متغیر مربوط به سن کالا را می توان از طریق یک پارامتر موسوم به هزینه واحد نگه داری موجودی مدل سازی کرد که بستگی به سن کالا دارد. در برخی شرایط، همه کالا ها تولید یک هزینه نگه داری یکسان صرف نظر از سن خود می کنند. کالاهایی با عمر نگه داری کوتاه در این مقوله قرار می گیرند. در این رابطه، هزینه نگه داری که شامل همه متغیر های دیگر هزینه است، توسط یک پارامتر ورودی منحصر به فرد مستقل از ارزش و سن کالا در نظر گرفته می شود

## **2.3 سود کالا بر طبق سن آن**

پارامتر موثر بر سود ناشی از کالا های با سنین مختلف، ارزش نسبی درک شده آن ها توسط مشتری است. ایتام های جدید برند دارای قیمت فروش بالاتری هستند که با گذشت زمان این قیمت کاهش می یابد. در این مقاله، ما به بررسی شکل این تابع نمی پردازیم. بلکه، فرض می شود که قیمت فروش، برای هر محصول معلوم است. توجه کنید که تابع توصیف کننده رابطه بین سن و قیمت می تواند به صورت غیر خطی، غیر پیوسته و یا غیر محدب باشد ولی می تواند در مدل ما گنجانده شود.

## **2.4 سیاست های مدیریت موجودی**

فرض نهایی ما مربوط به ایتام ها و اقلام با سنین مختلف نگه داری شده در لیست است. تصمیم گیری در خصوص این که کدام یک از اقلام به مشتری داده شود بر عهده خرده فروش است و این بر سود اثر دارد. در این رابطه، سه سیاست اولویت فروش را می توان پیش بینی کرد. اولین مورد متشکل از سیاست اول تازه است که بر اساس آن عرضه کننده، نخست، ایتام های تازه تر را ارایه می کند. این سیاست، موجب اطمینان از طولانی بودن زمان نگه داری و افزایش مطلوبیت آن برای مشتری شده ولی در عین حال سرعت فاسد شدن آن بالاست.

دومین سیاست، عکس این قضیه است. بر اساس سیاست اول قدیمی تر، اقلام قدیمی تر در ابتدا به فروش می رسند و این تولید فساد کم تر ولی درآمد کم تر می کند. سومین سیاست، که انعطاف پذیر تر است در مدل ما بوده و شامل دو طیف است. سیاست اولویت بهینه است که به مدل امکان تعیین این که کدام اقلام باید در هر دوره زمانی برای بیشینه سازی سود فروخته شوند می دهد. بدین معنی که بسته به شرایط پارامتر، ممکن است فرد بخواهد برخی کالا های فاسد شده را ترجیح داده و کالاهای تازه تر را به دلیل سود بیشتر بفروشد.

به منظور تشریح سیاست های FF و OF، ابتدا شیر بطری را با طول عمر محدود در نظر بگیرید. یک خرده فروش در فهرست کالای خود، یک واحد شیر بطری قدیمی را که دارای عمر نکه داری 1 روز است را نگه داشته و یک واحد از شیر یک روزه قدیمی که برای چندین روز قابل مصرف است را نگه می داد. سود واحد 2 دلار است. در صورتی که خرده فروش سیاست FF را اعمال کند، شیر قدیمی یک روزه خود را فروخته و 2 دلار سود می کند. فردا، باطری های باقی مانده خراب شده و او سودی نخواهد داشت. سود کل تحت سیاست FF، 2 دلار است. در صورتی که از سوی دیگر، سیاست OF را در پیش گیرد، امروز بطری قدیمی را فروخته و جدید را فردا می فروشد و سود کل او 4 دلار خواهد بود.

اکنون مثال گل را در نظر بگیرید که ارزش آن روز از یک روز به بعد سریعاً کاهش می یابد. یک دسته گل یکروزه، 10 دلار سود دارد در حالی که دو روزه 4 دلار سود دارد. تحت سیاست FF، او اقدام به فروش گل های یک روزه کرده و فردا فروشی ندارد و سود کل 10 دلار است. بر اساس سیاست OF، خرده فروش گل های قدیمی تر را امروز فروخته و جدید را فردا فروخته و سود او 8 دلار است.

توجه کنید که در این مثال، سیاست OP منطبق با سیاست OF یا FF است. با این حال، این مورد همیشه صادق نیست زیرا وقتی تابع سود بر اساس سن کالا نیست. برای مثال، موز را در نظر بگیرید که عمر نکه داری آن را از زمانی که سبز است در نظر می گیرند و نه زمانی که رسیده باشد، و وقتی که آن ها به بالاترین ارزش خود برسند به رنگ زرد در می آید و در نهایت به قهوه ای گراییده و فاسد می شود. فرض کنید که دو دسته موز از هر دو رنگ در یک انبار وجود دارند. اگر سود موز های سبز 1.50 دلار و موز های زرد 2 دلار باشد و موز های قهوه ای نیم دلار باشد، توجه کنید که چگونه ارزش موز سبز بالاتر از موز قهوه ای است زیرا طی زمان می رسد و در نهایت زرد می شود. برای تقاضای روزانه یک دسته موز طی دو دوره، سیاست FF به مقدار سود 3 دلار می

رسد و سیاست OF سود 1 دلار را دارد ولی سیاست OP متشکل از فروش موز زرد به صورت روزانه تولید 4 دلار سود می کند. اگر انبار دارای هر دو موز باشد، سیاست های OF-OP بر هم منطبق خواهد شد به طور مشابه، اگر موز های سبز و زرد در نظر گرفته شوند، سیاست های FF و OP منطبق خواهند شود.

به این ترتیب انتخاب نوع سیاست یا روش OF-FF بستگی به تعادل بین سطح موجودی و توابع سودی محصول دارد. مزیت سیاست OP این است که هیچ محدودیتی را بر سن کالا های مورد فروش وارد نکرده و قادر به ایجاد سود اورترین راه حل ها نیست.

### 3 فرمول های ریاضی

اکنون رسماً به توصیف فرمولاسیون ریاضی PIRP تحت فرضیات ارائه شده برای تک محصول و تحت سه سیاست مدیریت موجودی می پردازیم. مثال چندین محصول از نظر مفهومی مشابه است ولی نیاز به یک شاخص دیگر دارد. فرض کنید که ماتریکس هزینه مسیر یابی متقارن است. از این روی ما مسئله را در یک گراف یک سویه

$$V = \{0, \dots, n\} \quad G = (V, E).$$

مجموعه داخلی و

تعریف می کنیم که

$$E = \{(i, j) : i, j \in V, i < j\}$$

مجموع حاشیه است. راس 0 نشان دهنده عرضه

$$V' = V \setminus \{0\}$$

متناظر با N مشتری است هزینه مسیر یابی CIJ مربوط

کننده ورئوس باقی مانده .

به حاشیه  $(i, j) \in E$  است.

به دلیل فرضیات عمومی ارائه شده در بخش 2، هر دو عرضه کننده و مشتری از تعداد کالا ها در موجودی بر اساس سن آن ها، آگاهی دارند. این بسیار مهم است زیرا سود فروش و هزینه دارایی موجودی تحت تاثیر سن کالا قرار داد. عرضه کننده حق انتخاب برای ارائه محصول تازه یا مانده دارد و هر مورد می تواند هزینه های نگه داری متفاوتی داشته باشد. هر مشتری دارای ماکزیمم ظرفیت نگه داری موجودی  $C_i$  می باشد که در هر دوره از

چشم انداز برنامه ریزی با طول p مازاد نمی باشد. در هر دوره زمانی  $t \in T = \{1, \dots, p\}$  ، عرضه کننده

یک مقدار تازه از محصول فاسد شدنی را تولید می کند. فرض می شود که عرضه کننده دارای موجودی کافی برای رفع تقاضای مشتریان است و به همه تقاضاها باید رسیدگی شوند. در شروع افق زمانی، تصمیم گیرنده از سطح موجودی جاری کالا در هر سن نگه داری توسط عرضه کننده و مشتری آگاه است و اطلاعاتی را در خصوص تقاضای هر مشتری  $i$  برای هر دوره زمانی  $t$  آرایه می کند. همان طور که در بخش قبلی گفته شد، تقاضا را می توان با هر دو محصول تازه یا قدیمی برطرف کرد که هر دو بر سود اثر می گذارند.

بر اساس منابع و مطالعات (8)irp، فرض می شود که مقدار  $r^t$  موجود برای عرضه کننده در زمان  $t$  را می توان برای تحویل به مشتریان در یک دوره استفاده کرد و مقدار تحویل دریافت شده توسط مشتری  $i$  در دوره  $t$

می تواند برای رفع تقاضا در آن دوره کافی باشد. مجموعه  $\mathcal{K} = \{1, \dots, K\}$  از وسایل برنده قابل دسترس است.  $q_k$  نشان دهنده ظرفیت برنده  $k$  است. هر وسیله می تواند در یک مسیر در یک زمان حرکت کرده و زیر مجموعه ای از مشتریان، را ببیند که شروع و پایان آن در محل عرضه کننده است.

یک کالای فاسد شدنی بعد از دوره  $s$  فاسد می شود یعنی، سن محصول متعلق به مجموعه گسسته  $\mathcal{S} = \{0, \dots, s\}$  است. محصول بر اساس سن خود ارزش گذاری شده و تصمیم گیرنده از سود فروش

$u_g$  یک واحد محصول با سن  $g$  آگاه است. هم چنین، هزینه نگه داری موجودی  $h_i^g$  در نقطه

$i \in \mathcal{V}$ ، تابعی از سن  $g$  محصول است. این موجب ایجاد سود های ثابت و متغیر بسته به سن و ارزش

کالا می شود که در بخش 2 به آن پرداخته شد.

سطح موجودی  $I_i^t$  نکه داری شده توسط مشتری  $i$  در دوره  $t$  شامل ایتیم های با سنین مختلف است. ما این

متغیر را به صورت  $I_i^t = \sum_{g \in \mathcal{S}} I_i^{gt}$  تجزیه می کنیم که نشان دهنده مقدار محصول با سن  $h$  در

موجودی در مشتری  $i$  در کالای  $t$  است. هم چنین، تقاضای  $d_i^t$  به  $\sum_{g \in \mathcal{S}} d_i^{gt}$  تجزیه می شود



هدف مسئله باز سازی هم زمان مسیر های برنده برای هر دوره و تعیین مقادیر تحویل کالا ها با سنین مختلف برای هر دوره و هر مشتری برای بیشینه سازی سود کل برابر با سود فروش منهای هزینه های نگه داری دارایی و مسیر یابی است. حل این مسئله سخت است زیرا شامل مسائل ان پی هارد نظیر مسئله مسیر یابی ویکل یک سری IRP کلاسیک است/

مدل MILP با متغیر های  $x_{ij}^{kt}$  برابر با تعداد حاشیه های زمانی  $i-j$  برای مسیر وسیله  $k$  در دوره  $t$  استفاده می شود. ما از متغیر دو دویی  $y_i^{kt}$  مساوی با یک در صورتی که گره  $i$  توسط وسیله  $k$  در دوره  $t$  بازدید شود استفاده

می کنیم. به طور کلی،  $I_i^t = \sum_{g \in S} I_i^{gt}$  نشان دهنده سطح موجودی در راس  $i \in V$  در انتهای دوره

بوده و  $d_i^{gt}$  نشان دهنده مقدار محصول با سن  $g$  مورد استفاده برای رفع تقاضای مشتری  $i$  در دوره  $t \in T$

$t$  بوده و  $q_i^{gkt}$  مقدار محصل ارایه شده به مشتری  $i$  در دوره  $T$  است. این مسئله را می توان تحت سیاست OP به شکل زیر مطرح کرد

$$\text{بر } \sum_{g \in S} \sum_{t \in T} u_i^g d_i^{gt} - \sum_{i \in V} \sum_{g \in S} \sum_{t \in T} h_i^g I_i^{gt} - \sum_{(i,j) \in E} \sum_{k \in K} \sum_{t \in T} c_{ij} x_{ij}^{kt}, \quad (1)$$

(PIRP)

موجب      بیشینه      شدن

اساس

$$I_0^{gt} = I_0^{g-1,t-1} - \sum_{i \in \mathcal{V}'} \sum_{k \in \mathcal{K}} q_i^{gkt} \quad g \in \mathcal{S} \setminus \{0\} \quad t \in \mathcal{T} \quad (2)$$

$$I_0^{0t} = r^t \quad t \in \mathcal{T} \quad (3)$$

$$I_i^{gt} = I_i^{g-1,t-1} + \sum_{k \in \mathcal{K}} q_i^{gkt} - d_i^{gt} \quad i \in \mathcal{V}' \quad g \in \mathcal{S} \setminus \{0\} \quad t \in \mathcal{T} \quad (4)$$

$$I_i^{0t} = \sum_{k \in \mathcal{K}} q_i^{0kt} - d_i^{0t} \quad i \in \mathcal{V}' \quad t \in \mathcal{T} \quad (5)$$

$$\sum_{g \in \mathcal{S}} I_i^{gt} \leq C_i \quad i \in \mathcal{V}' \quad t \in \mathcal{T} \quad (6)$$

$$d_i^t = \sum_{g \in \mathcal{S}} d_i^{gt} \quad i \in \mathcal{V}' \quad t \in \mathcal{T} \quad (7)$$

$$\sum_{g \in \mathcal{S}} \sum_{k \in \mathcal{K}} q_i^{gkt} \leq C_i - \sum_{g \in \mathcal{S}} I_i^{g,t-1} \quad i \in \mathcal{V}' \quad t \in \mathcal{T} \quad (8)$$

$$q_i^{gkt} \leq C_i y_i^{kt} \quad i \in \mathcal{V}' \quad g \in \mathcal{S} \quad k \in \mathcal{K} \quad t \in \mathcal{T} \quad (9)$$

$$\sum_{i \in \mathcal{V}'} \sum_{g \in \mathcal{S}} q_i^{gkt} \leq Q_k y_0^{kt} \quad k \in \mathcal{K} \quad t \in \mathcal{T} \quad (10)$$

$$\sum_{j \in \mathcal{V}, i < j} x_{ij}^{kt} + \sum_{j \in \mathcal{V}, j < i} x_{ji}^{kt} = 2y_i^{kt} \quad i \in \mathcal{V} \quad k \in \mathcal{K} \quad t \in \mathcal{T} \quad (11)$$

$$\sum_{i \in \mathcal{S}} \sum_{j \in \mathcal{S}, i < j} x_{ij}^{kt} \leq \sum_{i \in \mathcal{S}} y_i^{kt} - y_m^{kt} \quad \mathcal{S} \subseteq \mathcal{V}' \quad k \in \mathcal{K} \quad t \in \mathcal{T} \quad m \in \mathcal{S} \quad (12)$$

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} y_i^{kt} \leq 1 \quad i \in \mathcal{V}' \quad t \in \mathcal{T} \quad (13)$$

$$I_i^{gt}, d_i^{gt}, q_i^{gkt} \geq 0 \quad i \in \mathcal{V}' \quad g \in \mathcal{S} \quad k \in \mathcal{K} \quad t \in \mathcal{T} \quad (14)$$

$$x_{i0}^{kt} \in \{0, 1, 2\} \quad i \in \mathcal{V}' \quad k \in \mathcal{K} \quad t \in \mathcal{T} \quad (15)$$

$$x_{ij}^{kt} \in \{0, 1\} \quad i, j \in \mathcal{V}' \quad k \in \mathcal{K} \quad t \in \mathcal{T} \quad (16)$$

$$y_i^{kt} \in \{0, 1\} \quad i \in \mathcal{V} \quad k \in \mathcal{K} \quad t \in \mathcal{T}. \quad (17)$$

می

شود.

تابع هدف 1 موجب بیشینه سازی سود کل فروش، منهای سود و هزینه مسیر یابی می شود. عوامل محدود کننده 2، شرایط حفاظت موجودی را برای عرضه کننده با سنین کالای مختلف در یک دوره نشان می دهد. معادله 3 این اطمینان را به ما می دهد که عرضه کننده معمولاً تولید و دریافت کننده کالا های تازه است. معادله 4 و 5 تعریف کننده حفاظت موجودی و سن کالا ها برای مشتریان است. معادله 6 یک ظرفیت موجودی بیشینه را در هر مشتری تحمیل می کند و معادله 7 بیان می دارد که تقاضای هر مشتری در هر دوره، مجموع مقادیر کالاهای با سنین متفاوت است. توجه کنید هر محصول یکه سن  $g$  ان بیش از سن فاسد شدگی باشد، دیگر در فهرست موجودی نمی تواند استفاده شود. معادلات 8 و 9 مقادیر تحویل داده شده به متغیر عای مسیر یابی را نشان می دهد. به خصوص این که به وسیله امکان تحویل کالا را به مشتری می دهد. معادله 10 این اطمینان را می دهد که ظرفیت برنده در نظر گرفته می شود. معادلات 11 و 12 به ترتیب معادلات عوامل محدود کننده درجه و حذف زیر تور هستند. نامساوی 13 بیان می کند که یک وسیله می تواند هر مشتری را در یک دوره ببیند. معادله 14 تا 17 شرایط یکپارچگی و غیر منفی بودن متغیر ها را نشان می دهد. این مدل را می توان با چند نامساوی تقویت کرد

$$x_{i0}^{kt} \leq 2y_i^{kt} \quad i \in \mathcal{V} \quad k \in \mathcal{K} \quad t \in \mathcal{T} \quad (18)$$

$$x_{ij}^{kt} \leq y_i^{kt} \quad i, j \in \mathcal{V} \quad k \in \mathcal{K} \quad t \in \mathcal{T} \quad (19)$$

$$y_i^{kt} \leq y_0^{kt} \quad i \in \mathcal{V}' \quad k \in \mathcal{K} \quad t \in \mathcal{T} \quad (20)$$

$$y_0^{kt} \leq y_0^{k-1,t} \quad k \in \mathcal{K} \setminus \{1\} \quad t \in \mathcal{T} \quad (21)$$

$$y_i^{kt} \leq \sum_{j < i} y_j^{k-1,t} \quad i \in \mathcal{V} \quad k \in \mathcal{K} \setminus \{1\} \quad t \in \mathcal{T}. \quad (22)$$

توابع 18 و 19، تضمین کننده این شرایط هستند که اگر عرضه کننده، قبل از مشتری در مسیر برنده  $k$  در دوره  $t$  قرار گیرد،  $i$  باید توسط یک وسیله باز بینی شود. دلیل مشابه را می توان به مشتری  $j$  در نامساوی 19 تعمیم داد. معادله 20 نشان می دهد که اگر هر مشتری  $i$  توسط  $k$  در دوره  $t$  بازدید شود، عرضه کننده بازدید می شود.

وقتی که برنده به صورت همگن عمل کند می توان برهی از تقارن های برنده را با معادله 21 تجزیه کرد که این اطمینان را به ما می دهد که برنده  $k$  قادر به ترک نیست به خصوص زمانی که  $k-1$  برنده استفاده نشود. این نقض قانون تقارن را می توان به رئیس مشتری توسط معادلات 22 اعمال کرد که بیان می دارد در صورتی که مشتری  $i$  به برنده  $k$  در دوره  $t$  نسبت داده شود برنده  $k-1$  یک شاخص کوچک تر از  $i$  را به مشتری در یک دوره می دهد.

ما یک سری کاهش ها را برای تقویت این فرمول ارایه کرده ایم. در صورتی که مجموع تقاضا ها در  $[t_1, t_2]$  حداقل برابر ماکزیمم موجودی حفظ شده باشد حداقل یک نفر باید این مشتری را در فاصله  $[t_1, t_2]$  ویزیت کند. این عامل با در نظر گرفتن این که گر مقدار برای رفع تقاضای آینده مورد نیاز باشد تقویت خواهد شد و از این روی چندین ویزیت نیاز خواهد بود. چون ماکزیمم اندازه تحویل، حداقل بین ظرفیت دارایی و ماکزیمم ظرفیت برنده است، می توان سمت راست معادله 23 را گرد کرد. به این ترتیب در حضور متغیر  $I_i^{t_1}$  در سمت راست داریم

$$\sum_{k \in K} \sum_{t'=t_1}^{t_2} y_i^{kt'} \geq \left[ \frac{\sum_{t'=t_1}^{t_2} d_i^{t'} - C_i}{\min\{\max_k\{Q_k\}, C_i\}} \right] \quad i \in V' \quad t_1, t_2 \in T, t_2 \geq t_1 \quad (23)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{t'=t_1}^{t_2} y_i^{kt'} \geq \frac{\sum_{t'=t_1}^{t_2} d_i^{t'} - I_i^{t_1}}{\min\{\max_k\{Q_k\}, C_i\}} \quad i \in V' \quad t_1, t_2 \in T, t_2 \geq t_1. \quad (24)$$

نسخه متفاوتی از نامساوی ها را می توان به شکل زیر نوشت. این مربوط به این است که آیا موجودی حفظ شده در یک دوره برای رفع تقاضای آینده کافی است/ به خصوص این که اگر موجودی در دوره  $t_1$  توسط مشتری  $i$  برای رفع تقاضا کافی نباشد، بازدید از این مشتری باید در بازه  $[t_1, t_2]$  رخ دهد. این وضعیت با مجموع نامساوی های زیر تبیین می شود

$$\sum_{k \in \mathcal{K}} \sum_{t'=t_1}^{t_2} y_i^{kt'} \geq \frac{\sum_{t'=t_1}^{t_2} d_i^{t'} - I_i^{t_1}}{\sum_{t'=t_1}^{t_2} d_i^{t'}} \quad i \in \mathcal{V}' \quad t_1, t_2 \in \mathcal{T}, t_2 \geq t_1. \quad (25)$$

حتی اگر نامساوی ها برای مدل افزونه باشن، در کمک به cplex باری ایجاد برش های جدید مفید خواهد بود. این مدل قادر به تفکیک کالا های با سنین مختلف از طریق استفاده از شاخص  $g$  است. متغیر ها دارای مفهوم مشابه با IRP چند محصولی می باشند. در رابطه با محصول فاسد شدنی، مدل طوری کار می کند که گویی محصولات با سنین مختلف متفاوت از هم می باشند و سود های متفاوتی دارند. خصوصیت دیگر مدل این است که در هر دوره، یک کالا به کالای دیگر تبدیل می شود. مسئله چند محصولی بودن یک مشکل مهم است ولی از نظر ساختاری متفاوت نیست.

### 3-1 مدل سازی سیاست FF

اکنون نشان می دهیم که چگونه می توان فرمول را برای حل مسئله تحت سیاست FF توصیف کرد که بر این اساس، خرده فروش ابتدا این کالا ها را می فروشد. ما متغیر های اضافی را به فرمول PRIP برای محدود کردن انتخاب کالا های با سنین مختلف برای فروش اضافه کردیم.

این ایده به شکل زیر توصیف می شود. در ابتدا متغیر دو دویی  $L_i^{gt}$  معرفی می شود که اگر کالا های با سن  $g$  را بتوان برای رفع تقاضای مشتری استفاده کرد برابر 1 است. اولین مجموعه از این توابع محدود کننده استفاده

از متغیر های  $d_i^{gt}$  می باشند یعنی استفاده از کالا های با عمر  $g$  برای رفع تقاضای مشتری  $i$  در دوره  $t$

نسبت به محصولات مجاز توسط متغیر های گیرنده  $L_i^{gt}$  یعنی

$$d_i^{gt} \leq U_i L_i^{gt} \quad i \in \mathcal{V}' \quad g \in \mathcal{S} \quad t \in \mathcal{T}. \quad (26)$$

ما متغیر های جدید را به صورت سن افزایشی هر شاخص رتبه بندی می کنیم. مجموعه زیر از فاکتور ها در صورتی امکان فروش کالای با سن  $g+1$  را می دهد که کالا های با سن  $g$  برای رفع تقاضای مشتری  $i$  در دوره  $t$  استفاده شده باشد.

$$L_i^{gt} \geq L_i^{g+1,t} \quad i \in \mathcal{V}' \quad g \in \mathcal{S} \setminus \{s\} \quad t \in \mathcal{T}. \quad (27)$$

سپس توابع زیر برای عدم استفاده از کالاهای قدیمی تر تحمیل می شود در صورتی که موجودی کافی از محصولات تازه تر وجود داشته باشد. استفاده از کالاهای با سن  $g+1$  در صورتی مجاز است که موجودی کل کالا های  $g-1, g$  و  $0$ ، برای برآورده کردن تقاضای مشتری  $i$  در دوره  $t$  ناکافی باشد.

از طریق محدودیت های زیر می توان این موضوع را اثبات کرد

$$U_i(1 - L_i^{g+1,t}) \geq \sum_{j=0}^g I_i^{jt} + \sum_{j=0}^g \sum_{k \in \mathcal{K}} q_i^{jkt} - d_i^t + 1 \quad i \in \mathcal{V}' \quad g \in \mathcal{S} \setminus \{s\} \quad t \in \mathcal{T}. \quad (28)$$

### 2-3 مدل سازی سیاست of

مدل سازی این روش از محدودیت های مثال FF ساده است. این روش را می توان با در نظر گرفتن متغیر های

و سه مجموعه زیر از عوامل محدود کننده تقویت کرد  $L_i^{gt}$

$$d_i^{gt} \leq U_i L_i^{gt} \quad i \in \mathcal{V}' \quad g \in \mathcal{S} \quad t \in \mathcal{T}. \quad (29)$$

عوامل بررسی شده در معادله 29 امکان استفاده از موجودی با سن  $g$  را برای رفع تقاضا در صورتی می

دهد که متغیر  $L_i^{gt}$  برابر با 1 باشد. سپس ما متغیر های  $L_i^{gt}$  را به صورت افزایشی یا صعودی رتبه بندی

می کنیم. مجموعه زیر امکان فروش کالاهای با سن  $g-1$  را در صورتی می دهند که کالاهای با سن  $g$  برای رفع تقاضای مشتری  $i$  در دوره  $t$  استفاده شود.

$$L_i^{g-1,t} \leq L_i^{g,t} \quad i \in \mathcal{V}' \quad g \in \mathcal{S} \setminus \{0\} \quad t \in \mathcal{T}. \quad (30)$$

در نهایت ما متغیر های  $a$  را با افزودن عوامل محدود کننده به مدل برابر صفر قرار می دهیم. در صورتی

که موجودی کل با عمر  $\{g, g + 1, \dots, s\}$  برای رفع تقاضا کافی باشد، سمت راست نامساوی 31

مثبت است و این تضمین کننده این است که  $L_i^{g-1,t}$  برابر با صفر است

$$U_i(1 - L_i^{g-1,t}) \geq \sum_{j=g}^s I_i^{jt} + \sum_{j=g}^s \sum_{k \in K} q_i^{jkt} - d_i^t + 1 \quad i \in \mathcal{V}' \quad g \in \mathcal{S} \setminus \{0\} \quad t \in \mathcal{T}. \quad (31)$$

### الگوریتم شاخه و برش

برای اندازه نمونه های بسیار کوچک، مدل ارایه شده در بخش 3 به طور کامل توصیف شده و همه متغیر ها ایجاد شدند. با تغذیه مستقیم آن به یک برنامه نویسی خطی می توان آن را حل کرد. با این حال برای موارد با اندازع واقعی، تعداد فاکتور های حذف بزرگ است و از این روی باید در سرتاسر فرایند جست و جو ایجاد شوند. الگوریتم دقیق یک طرح برش و شاخه کلاسیک است که در آن عوامل محدود کننده حذف تولید شده و در برنامه قرار داده می شود. این به شکل زیر است. گره اصلی درخت جست و جوگر، که یک برنامه خطی حاوی زیر مجموعه ای از محدودیت های حذف در آن حل می شود، جست و جوی نامساوی صورت گرفته و برخی به برنامه فعلی افزوده می شود.

### 5- آزمایشات محاسباتی

به منظور ارزیابی الگوریتم پیشنهادی، ما آن را در ++C کد گذاری کرده و از فناوری کنسرت IBM و 12.5 CPLEX به طور موازی استفاده کردیم. همه محاسبات در یک شبکه پردازنده های اینتکل اکسون در 2.66 گیگاهرتز با بیش از 24 گیگ رم نصب شده در هر نود با سیستم عامل لینوکس علمی 6.1 اجرا شدند.

#### 5.1 تولید نمونه

ما به طور تصادفی نمونه هایی را برای ارزیابی عملکرد الگوریتم در طیف وسیعی از شرایط ایجاد کردیم. مجموع 60 نمونه مختلف متغیر از نظر تعداد مشتری، برنده و ماکزیمم عمر کالا ایجاد شدند. بستر آزمایشی متشکل از موارد تولید شده با پارامتر های زیر است

تعداد مشتریان  $n=10.20.30.40.50$

تعداد دوره های  $h$ : سه برای بیش از  $n=50$ ، 6 برای بیش از  $n=40$  و 10 برای بیش از  $n=30$

الگوریتم 1: الگوریتم شاخه و برش

- در گره ریشه درخت، همه نا مساوی های معتبر در برنامه قرار می گیرند
  - حل نیمه مسئله، استراحت گره فعلی LP را حل کنید
  - کنترل پایانه
  - در صورتی که گره بیشتری برای ارزیابی نباشد، آن گاه
  - توقف کنید
  - در غیر این صورت
  - یک گره از درخت را انتخاب کنید
  - در صورتی که..... به عملیات پایان دهید
  - در صورتی که حل مدل LP حاوی زیر تور هایی باشد
  - مولفه های مرتبط را به صورت پاد برگ و رینالدی شناسایی کنید
  - تعیین کنید که آیا مولفه حاوی عرضه کننده به طور ضعیفی تشریح شده است
  - همه عوامل محدود کننده حذف زیر تور را بیفزایید
  - حل مسئله. استراحت LP از گره فعلی را حل کنید
  - هنگامی که..... به عملیات پایان دهید
  - در صورتی که حل LP صحیح باشد آنگاه
  - در غیر این صورت
  - شاخه بندی: شاخه بر روی یکی از متغیر های فراکتال
  - به کنترل پایانه وارد شوید
  - در صورتی که..... به عملیات پایان دهید
- تعداد برنده های  $K:1$  به ازای  $n=10$ ، 2 به ازای  $n=20$  و  $30:3$  به ازای  $n=40$  و 50
- ماکزیمم سن کالای  $S$ : 2 برای  $H=3$ ، 3 برای  $H=6$  و 5 برای  $H=10$



$d_i^t$ :

➤ تقاضای . به طور تصادفی از بازه (210-30) انتخاب شده

➤ موقعیت (X-Y) عرضه کننده و مشتری که به طور تصادفی از (0-1000) انتخاب می شود

➤ ظرفیت موجودی مشتریان  $C_i$ :  $R \times \max_t \{d_i^t\}$  که R به طور تصادفی از مجموعه (2.3) انتخاب میشود.

➤ موجودی اولیه  $I_i^0$  از کالا های تازه برابر با  $C_i - d_i^1$

➤ سود  $u_i^g$ : برابر با  $R_1 - (R_1 - R_2) g/s$  که RI و R2 به طور تصادفی از بازه های (20-10) و (7و4) انتخاب می شود.

➤ هزینه دارایی موجودی  $h_i^g$ : برابر با  $(R_1 + gR_2 / (1 + g)) / 100$ . که RI و R2 به طور تصادفی از بازه های 100-0 و 70-0 انتخاب می شود

➤ ظرفیت های برنده QK: برابر با  $[1.25 \sum_{i \in V} \sum_{t \in T} d_i^t / (HK)]$

برای هر مجموعه از پارامتر های فوق، 5 نمونه ایجاد می شود که جمعا 60 نمونه را تولید می کند

در زیر، اماره های میانگین برای 5 نمونه در هر ترکیب ارائه شده است. نتایج در پیوست الف نشان داده شده

است. نتایج فوق با موارد موجود در سایت <http://www.leandro-coelho.com> هم خوانی دارد.

## 2-5 راه حل هایی برای روش OP

در جدول 1، نتایج محاسباتی متوسط برای این نمونه ها با روش OP نشان داده شده است. الگوریتم برای

ماکزیمم دو ساعت مجاز است. وقتی به آستانه زمانی رسید، بهترین کران بالا و پایین محاسبه شده و فاصله

بهینگی تخمین شده می شود. اندازه های نمونه به صورت  $(n-s-K-H)$  گزارش می شوند که n تعداد

مشتریان، s ماکزیمم عمر کالا، k تعداد برنده ها و h طول افق برنامه ریزی است. ستون بعدی، بهترین مقدار راه

حل را گزارش می کند.

Instance size ( $n-s-K-H$ )	Best known solution value	Best known upper bound	Gap (%)	# solved	Time (s)
PIRP-10-2-1-3	31529.90	31529.90	0.00	5/5	0.4
PIRP-10-3-1-6	61684.44	61684.44	0.00	5/5	2.4
PIRP-10-5-1-10	81094.96	81094.96	0.00	5/5	210.2
PIRP-20-2-2-3	62936.24	62936.24	0.00	5/5	27.8
PIRP-20-3-2-6	126736.20	128894.4 0	1.75	0/5	7200.6
PIRP-20-5-2-10	180919.00	186553.20	3.30	0/5	7201.4
PIRP-30-2-2-3	97580.90	97580.90	0.00	5/5	322.0
PIRP-30-3-2-6	192817.80	196322.20	1.79	0/5	7201.0
PIRP-30-5-2-10	294582.2 0	300742.00	2.17	0/5	7201.4
PIRP-40-2-3-3	127961.6 0	129832.00	1.45	0/5	7201.4
PIRP-40-3-3-6	250435.8 0	258103.4 0	3.10	0/5	7201.2
PIRP-50-2-3-3	177157.4 0	179724.40	1.46	0/5	7201.8

جدول 1: خلاصه ای از نتایج محاسباتی برای prlp تحت روش op

نتایج نشان می دهند که عملکرد الگوریتم ارتباط مستقیمی با تعداد  $n$  مشتری و طول افق برنامه ریزی دارد. برای موارد با افق های زمانی کوتاه تر، الگوریتم قادر به یافتن راه حل های بهینه در چند ثانیه است. این مسئله حتی زمانی صادق است که تعداد مشتریان و برنده ها افزایش یابد. نمونه های بزرگ تر با بیش از 40 و 50 مشتری نیز با فاصله کم تر از 1.50 درصد به طور متوسط حل شدند.

### 3-5 راه حل هایی برای روش ff و OF

ما اقدام به محاسبه هزینه حل روش بهینه با توجه به سن محصولات فروخته شده با هزینه سیاست های FF و OF پرداختیم. در ابتدا روش FF در نظر گرفته شد که با فروش محصولات تازه تر سود را بیشینه می کند. این سیاست از سوی دیگر موجب افزایش فاسد شدم می شود این نیاز مند افزایش تعداد تحویل و افزایش هزینه توزیع است. نتایج در جدول 2 به صورت درصد نشان دهنده کاهش سود روش ff نسبت به روش OP است. فاصله بهینگی، تعداد موارد حل شده بهینه و زمان بر حسب ثانیه نشان داده شده است. در نهایت ما به مقایسه این روش با OF پرداخته ایم. خلاصه ای از نتایج در جدول 3 نشان داده شده است.

Instance size ( <i>n-s-K-H</i> )	% decrease	Opt gap (%)	# solved	Time (s)
PIRP-10-2-1-3	0.00	0.00	5/5	0.6
PIRP-10-3-1-6	0.17	0.00	5/5	3.2
PIRP-10-5-1-10	0.51	0.64	3/5	3251.0
PIRP-20-2-2-3	0.01	0.00	5/5	50.6
PIRP-20-3-2-6	0.14	1.97	0/5	7200.4
PIRP-20-5-2-10	0.10	3.42	0/5	7202.4
PIRP-30-2-2-3	0.12	0.33	4/5	1526.0
PIRP-30-3-2-6	-0.01	1.83	0/5	7201.2
PIRP-30-5-2-10	0.35	2.45	0/5	7202.6
PIRP-40-2-3-3	0.14	1.62	0/5	7201.0
PIRP-40-3-3-6	0.25	3.38	0/5	7202.8
PIRP-50-2-3-3	0.35	1.89	0/5	7202.6

جدول 2: خلاصه ای از نتایج محاسباتی برای FIRP تحت روش FF

Instance size ( <i>n-s-K-H</i> )	% decrease	Opt gap (%)	# solved	Time (s)
PIRP-10-2-1-3	13.91	0.00	5/5	0.2
PIRP-10-3-1-6	14.99	0.00	5/5	35.8
PIRP-10-5-1-10	10.43	0.85	3/5	3638.6
PIRP-20-2-2-3	18.84	0.00	5/5	6.0
PIRP-20-3-2-6	11.94	2.10	1/5	6622.0
PIRP-20-5-2-10	8.64	4.91	0/5	7201.6
PIRP-30-2-2-3	18.09	0.00	5/5	40.4
PIRP-30-3-2-6	9.97	1.76	0/5	7201.6
PIRP-30-5-2-10	7.95	3.22	0/5	7202.0
PIRP-40-2-3-3	16.09	0.60	2/5	6249.4
PIRP-40-3-3-6	9.56	3.36	0/5	7202.0
PIRP-50-2-3-3	16.53	1.38	0/5	7202.8

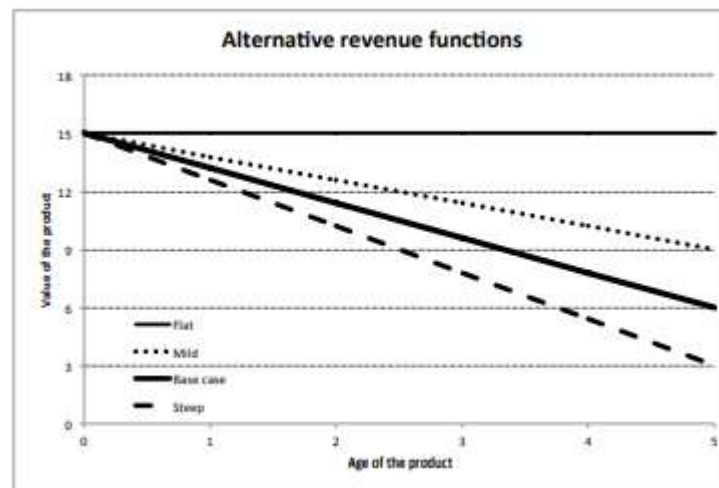
جدول 3: خلاصه ای از نتایج محاسباتی برای FIRP تحت روش OF

همانند روش FF، مشکل بودن راه حل های بهینگی و نیمه بهینگی تحت تاثیر استفاده از متغیر های دو دویی جدید و عوامل محدود کننده است. با این حال، برخلاف روش قبلی، اثر آن بر روی فروش نخست ایتام های قدیمی تر، اثر اصلی بر سود کل مشاهده شده دارد که در همه موارد کاهش معنی داری را نشان می دهد.

#### 4-5 راه حل هایی برای توابع سود جایگزین

به منظور ارزیابی رابطه بین سیاست های OP-FF-OF، ما اقدام به تغییر شکل سود کالا به صورت تابعی از عمر کالا کردیم. سپس سه تغییر حادث شدند. در سناریوی کم شیب، تفاوت در هزینه بین محصولات تازه و قدیمی

کاهش یافت. در دومین سناریوی پرشیب، تفاوت افزایش یافت. در نهایت یک سناریوی صاف، ایجاد شد که در آن سود کالا به صورت تابعی از سن بود. این سه سناریو در شکل 1 نشان داده شده اند. شیب توابع خطی به طور افزایشی برابر 2.4- و 1.8- و 1.2- است.



شکل 1: چهار تابع سود

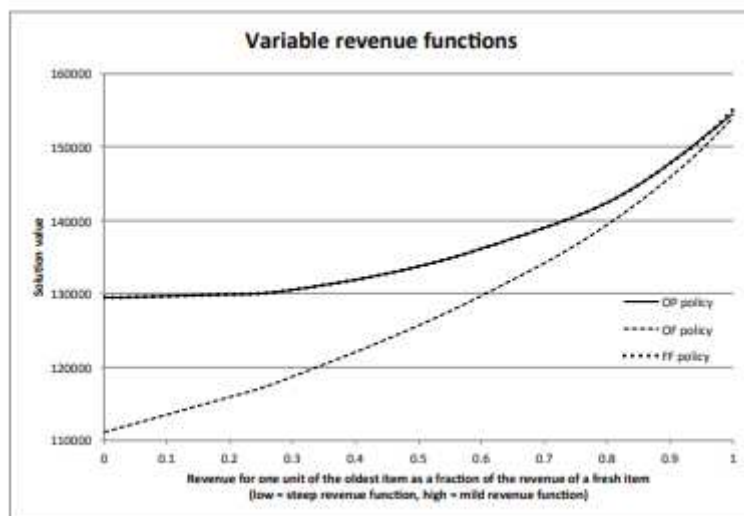
آزمایشات زیر برای ارزیابی اثر این تغییرات در تعادل بین سیاست های مختلف در نظر گرفته شد. ما همه سی سناریوی حاوی 10 و 20 مشتری را در نظر گرفتیم. هر یک از نمونه ها تحت سه سیاست و سه تابع درآمدی حل شد. در جدول 4، کاهش درصد سود با توجه به سیاست بهینه برای هر تابع سود ارائه شده است.

Instance size ( $n-s-K-H$ )	FF policy				OF policy			
	Base case	Mild	Steep	Flat	Base case	Mild	Steep	Flat
PIRP-10-2-1-3	0.00	0.00	0.00	0.00	13.91	21.37	10.76	0.01
PIRP-10-3-1-6	0.17	0.00	0.00	0.02	14.99	19.69	10.52	0.46
PIRP-10-5-1-10	0.51	0.00	0.00	0.35	10.43	16.27	9.19	1.59
PIRP-20-2-2-3	0.01	0.00	0.00	0.00	18.84	25.02	14.01	0.11
PIRP-20-3-2-6	0.14	-0.01	-0.11	0.12	11.94	15.83	8.59	0.80
PIRP-20-5-2-10	0.10	0.05	-0.03	0.40	8.64	11.22	7.44	1.58

جدول 4- کاهش درصد سود با استفاده از توابع سود جایگزین

در نهایت، برای درک بهتر اثر سود های مختلف بر تعادل بین هر یک از سه سیاست، ما آزمایش زیر را انجام دادیم. یک نمونه PIRP-10-5-10-1 انتخاب شده و با استفاده از سه روش برای شیب های توابع سود حل شد. سود کالای تازه به 20 تعیین شده و سود کالای قدیمی از 0 تا 20 متغیر بود. نمودار مقادیر توابع هدف در شکل 2 نشان داده شده است.

این مجموعه های جدید از آزمایشات نشان می دهند که در مجموعه داده ما، روش FF مقادیر حلی را ارایه می کند که مشابه باروش OP است. به خط ممتد روش OP که باریک تر از خط چین روش FF است نگاه کنید. در این جا روش بهینه به طرف فروش محصولات تازه تر است. روش OF از سوی دیگر، راه حل هایی را ارایه می کند که هزینه آن تحت تاثیر ارزش سود کالاهای قدیمی قرار دارد. تفاوت بین روش ها زمانی حداکثر است که این کالا ها بسیار کم ارزش گذاری شوند. وقتی سود کالا های قدیمی تر افزایش می یابد، سود استفاده از روش OF نیز افزایش یافته و تفاوت این روش و دو روش دیگر از بین می رود.



شکل 2: توابع سود متغیر. محور افقی نشان دهنده سود یک واحد از قدیمی ترین کالا به صورت تابعی از سود یک کالای تازه است. مقادیر کم محور افقی نشان دهنده تابع سود پر شیب با توجه به سن کالا است. مقادیر زیاد در محور افقی نشان دهنده تابع سود معتدل با توجه به سن کالا است.

### نتیجه گیری

بازپر سازی مشترک و کنترل موجودی کالا های فاسد شدنی بررسی شد. ما مسئله را با فرضیات کلی به صورت MILP مدل سازی کرده و آن را دقیقاً با روش شاخه و برش حل کردیم. الگوریتم ما قادر به محاسبه روش های بهینه برای تعداد مشتریان بیش از 30 نفر، سه دوره و ماکزیمم عمر دو دوره برای محصولات فاسد شدنی می باشیم. برای موارد حل نشده، شکاف بهینگی معمولاً کم تر از 1.5 درصد به طور میانگین برای موارد بیش از 50 مشتری است. ما اقدام به اجرا و مقایسه دو سیاست فروش نیمه بهینه با یک سیاست بهینه کردیم: معمولاً قدیمی ترین کالا ها برای اجتناب از فساد فروخته شده و تازه ترین کالا ها برای افزایش در آمد فروخته می

شوند. نشان داده شد که در شرایط آزمایشی ما، سود با استفاده از روش OF به شدت کاهش می یابد ولی این کاهش تحت روش FF، خفیف است. آزمایشات گسترده به طور تصادفی، نمونه هایی ایجاد کرد که این نتایج را تایید می کنند.

Instance size (n × k × l)	OF policy				FF policy				OF policy			
	Best known solution value	Best known upper bound	Gap (%)	Time (s)	Best known solution value	Best known upper bound	Gap (%)	Time (s)	Best known solution value	Best known upper bound	Gap (%)	Time (s)
PRIIP-10-2-1-3-1	23863.4	23863.4	0.00	1	23863.4	23863.4	0.00	1	23221.0	23221.0	0.00	1
PRIIP-10-2-1-3-2	34306.0	34306.0	0.00	1	34306.0	34306.0	0.00	1	29637.7	29637.7	0.00	0
PRIIP-10-2-1-3-3	27895.7	27895.7	0.00	0	27895.7	27895.7	0.00	1	23062.5	23062.5	0.00	0
PRIIP-10-2-1-3-4	33666.1	33666.1	0.00	0	33666.1	33666.1	0.00	0	30923.3	30923.3	0.00	0
PRIIP-10-2-1-3-5	32834.3	32834.3	0.00	0	32834.3	32834.3	0.00	0	25874.1	25874.1	0.00	0
PRIIP-10-3-1-6-1	67352.8	67352.8	0.00	1	67342.2	67342.2	0.00	1	60857.5	60857.5	0.00	5
PRIIP-10-3-1-6-2	53367.7	53367.7	0.00	1	53330.5	53330.5	0.00	2	43119.6	43119.6	0.00	1
PRIIP-10-3-1-6-3	67946.0	67946.0	0.00	1	67906.3	67906.3	0.00	4	50064.9	50064.9	0.00	7
PRIIP-10-3-1-6-4	65375.6	65375.6	0.00	2	64918.2	64918.2	0.00	5	55291.2	55291.2	0.00	8
PRIIP-10-3-1-6-5	54380.1	54380.1	0.00	5	54276.5	54276.5	0.00	4	44525.6	44525.6	0.00	158
PRIIP-10-5-1-10-1	80471.9	80471.9	0.00	30	79740.7	79740.7	0.00	643	69734.9	69734.9	0.00	2890
PRIIP-10-5-1-10-2	72194.8	72194.8	0.00	205	72149.4	72149.4	0.00	1018	64680.6	67739.8	1.57	7201
PRIIP-10-5-1-10-3	101043.0	101043.0	0.00	427	100598.0	102792.0	2.27	7200	90325.7	90325.7	0.00	687
PRIIP-10-5-1-10-4	82829.4	82829.4	0.00	28	82336.3	82336.3	0.00	196	73296.0	73296.0	0.00	1104
PRIIP-10-5-1-10-5	69935.7	69935.7	0.00	361	69657.0	69301.6	0.03	7200	57411.6	59356.7	2.68	7201
PRIIP-20-2-2-3-1	61780.2	61780.2	0.00	24	61780.2	61780.2	0.00	136	50548.4	50548.4	0.00	10
PRIIP-20-2-2-3-2	75757.3	75757.3	0.00	1	75753.0	75753.0	0.00	2	64271.8	64271.8	0.00	2
PRIIP-20-2-2-3-3	72546.5	72546.5	0.00	97	72546.5	72546.5	0.00	70	62056.7	62056.7	0.00	7
PRIIP-20-2-2-3-4	72859.8	72859.8	0.00	14	72842.2	72842.2	0.00	38	42008.2	42008.2	0.00	4
PRIIP-20-2-2-3-5	51746.4	51746.4	0.00	3	51746.4	51746.4	0.00	3	33995.6	33995.6	0.00	1
PRIIP-20-3-2-6-1	110437.0	113317.0	1.88	7200	110343.0	112340.0	1.81	7200	87267.3	90277.8	3.42	7200
PRIIP-20-3-2-6-2	133377.0	136302.0	2.25	7200	133326.0	136980.0	2.88	7201	117342.0	120708.0	2.91	7200
PRIIP-20-3-2-6-3	106120.0	109611.0	2.38	7202	106073.0	108705.0	2.54	7200	91104.1	94204.4	3.40	7202
PRIIP-20-3-2-6-4	135267.0	137209.0	1.43	7200	134850.0	137236.0	1.77	7201	123770.0	127770.0	0.00	6306
PRIIP-20-3-2-6-5	148480.0	148732.0	0.83	7201	148395.0	149662.0	0.85	7200	130922.0	140133.0	0.79	7202
PRIIP-20-5-2-10-1	207090.0	209033.0	2.62	7202	209040.0	209321.0	2.88	7201	183235.0	191178.0	4.33	7202
PRIIP-20-5-2-10-2	152951.0	162040.0	5.28	7201	153008.0	160225.0	4.91	7201	132874.0	141900.0	6.83	7202
PRIIP-20-5-2-10-3	182730.0	188456.0	2.88	7200	182683.0	188459.0	3.18	7202	172490.0	179249.0	3.91	7201
PRIIP-20-5-2-10-4	146880.0	153093.0	4.15	7202	146310.0	153354.0	4.67	7204	130995.0	141996.0	6.08	7201
PRIIP-20-5-2-10-5	221338.0	224424.0	1.47	7202	221003.0	224387.0	1.52	7204	200067.0	210425.0	2.81	7202
PRIIP-30-2-2-3-1	95251.9	95251.9	0.00	1011	84740.0	86178.2	1.00	7202	71288.4	71288.4	0.00	137
PRIIP-30-2-2-3-2	94711.4	94711.4	0.00	114	94633.2	94633.2	0.00	118	75580.2	75580.2	0.00	13
PRIIP-30-2-2-3-3	99017.0	99017.0	0.00	46	99017.0	99017.0	0.00	41	77017.0	77017.0	0.00	24
PRIIP-30-2-2-3-4	113737.0	113737.0	0.00	12	113737.0	113737.0	0.00	80	91090.1	91090.1	0.00	13
PRIIP-30-2-2-3-5	95167.2	95167.2	0.00	317	95140.5	95140.5	0.00	185	84826.6	84826.6	0.00	15
PRIIP-30-3-2-6-1	108068.0	108068.0	2.84	7201	108798.0	108529.0	3.01	7201	176531.0	181188.0	2.64	7202
PRIIP-30-3-2-6-2	193358.0	196505.0	0.63	7200	193318.0	196563.0	0.63	7201	177796.0	179130.0	0.75	7201
PRIIP-30-3-2-6-3	185597.0	188220.0	1.46	7200	185333.0	188396.0	1.70	7201	109860.0	109598.0	1.62	7202
PRIIP-30-3-2-6-4	174064.0	176545.0	1.42	7201	174029.0	176540.0	1.44	7202	147141.0	149054.0	1.70	7201
PRIIP-30-3-2-6-5	218494.0	221199.0	2.61	7201	218991.0	221186.0	2.27	7201	199631.0	203840.0	2.11	7202
PRIIP-30-5-2-10-1	232299.0	238098.0	2.50	7201	238659.0	237852.0	3.11	7202	210625.0	219618.0	4.26	7201
PRIIP-30-5-2-10-2	257961.0	263149.0	2.38	7201	256029.0	262717.0	2.61	7204	237866.0	245671.0	3.62	7202
PRIIP-30-5-2-10-3	321138.0	328353.0	1.48	7202	320433.0	328010.0	1.74	7203	294469.0	300721.0	2.12	7202
PRIIP-30-5-2-10-4	372882.0	377520.0	1.20	7201	372123.0	377642.0	1.48	7202	340823.0	354108.0	2.97	7203
PRIIP-30-5-2-10-5	289763.0	290299.0	1.29	7202	288474.0	289817.0	1.20	7202	266116.0	277415.0	4.05	7202
PRIIP-40-2-2-3-1	134602.0	136980.0	1.54	7200	133955.0	136662.0	1.90	7202	113171.0	113830.0	0.58	7200
PRIIP-40-2-2-3-2	129437.0	132007.0	2.01	7203	129618.0	132069.0	1.81	7203	109140.0	109140.0	0.00	3373
PRIIP-40-2-2-3-3	127505.0	129425.0	1.50	7202	127438.0	129524.0	1.63	7201	116936.0	118489.0	0.92	7201
PRIIP-40-2-2-3-4	126444.0	128573.0	1.25	7200	126255.0	128191.0	1.28	7201	101223.0	101223.0	0.00	8292
PRIIP-40-2-2-3-5	127760.0	128995.0	0.96	7200	127801.0	129128.0	1.10	7201	102356.0	103990.0	1.50	7201
PRIIP-40-3-2-6-1	234408.0	244405.0	4.26	7201	233405.0	244450.0	4.73	7204	208077.0	216239.0	4.92	7202
PRIIP-40-3-2-6-2	216410.0	223326.0	3.29	7200	215816.0	223805.0	3.69	7203	194088.0	201572.0	3.41	7202
PRIIP-40-3-2-6-3	202439.0	208494.0	2.80	7201	200420.0	208184.0	3.92	7203	189126.0	198911.0	2.93	7201
PRIIP-40-3-2-6-4	257099.0	265333.0	3.52	7202	257796.0	265814.0	2.98	7201	230336.0	237699.0	3.14	7203
PRIIP-40-3-2-6-5	282224.0	290399.0	2.47	7202	281599.0	290187.0	2.69	7203	261346.0	268376.0	2.68	7202
PRIIP-50-2-2-3-1	173373.0	174979.0	1.57	7201	170394.0	174429.0	2.36	7201	140191.0	142851.0	1.61	7203
PRIIP-50-2-2-3-2	180828.0	188720.0	0.87	7202	185799.0	189718.0	0.91	7203	169553.0	162994.0	0.95	7202
PRIIP-50-2-2-3-3	182648.0	184651.0	1.10	7202	182079.0	184624.0	1.30	7204	156807.0	158018.0	0.77	7202
PRIIP-50-2-2-3-4	166406.0	170039.0	2.18	7202	166458.0	170129.0	2.20	7203	134064.0	137487.0	1.96	7204
PRIIP-50-2-2-3-5	172338.0	180343.0	1.58	7202	175681.0	180269.0	2.57	7202	146842.0	149333.0	1.09	7203

جدول 5- نتایج دقیق از آزمایشات مقایسه ای برای priip



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی