رویکردیکپارچه در تنظیم سیاست نگهداری و قیمت گذاری کالا از طریق برنامه ریزی چند سطحی و چند هدفه در شرایط بدون همکاری

دکترسید غلامرضا جلالی نائینی
عضو هیات علمی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

محمود اقتصادی فرد
دانشجوی دکترای مهندسی صنایع دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

دکترکامران شهانقی
عضو هیات علمی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

دکتر ابراهیم تیموری
عضو هیات علمی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده

در این مقاله مساله برنامه ریزی چند سطحی از منظر سه بازیکن با رویکرد استاکلبرگ جهت آنالیز یک زنجیره تامین سه سطحی با رفتار بدون همکاری بررسی می شود که این زنجیره تامین از چندین تامین کننده، یک تولید کننده و چندین خرده فروش مستقل و متجانس تشکیل می شود و همگی درگیر تدارک، تولید و فروش یک نوع محصول در بازارهای مستقل و جدا از هم می باشند. این مساله ابتدا بصورت دو بازی استاکلبرگ دو سطحی و چند هدفه مدلسازی شده و سپس نتایج آنها بوسیله یک مدل یکپارچه سازی تلفیق می شود. از آنجائیکه این مدل های دو سطحی و چند هدفه جزو مدل های NP-Hard می باشند، یک الگوریتم ترکیبی متشکل از دو فاز برای بدست آوردن حل های استاکلبرگو متغیرهای تصمیم مرتبط با سیاست یکپارچه موجودی- تولید و قیمت در هر سه سطح پیشنهاد شده است. بعلاوه قابلیت اجرایی مدل پیشنهادی بوسیله یک مساله واقعی ارزیابی گردیده است. نهایتا با آنالیز حساسیت بر روی پارامترهای مهم مدل تغییرپذیری جواب، نسبت به شرایط محیط بررسی گردید.

کلید واژه:

مدیریت زنجیره تامین،برنامه ریزی چند سطحی،بازی استاکلبرگ، سیاست موجودی و بازاریابی

مقدمه

تصمیم گیرندگان متعددی در اجرا و کنترل فعالیت‌های یک زنجیره تأمین درگیر می‌باشند که چنین ساختار شبکه‌ای از تصمیمات چندسطحی به صورت ریاضی می‌تواند به عنوان یک مسأله برنامه-ریزی چند سطحی[1] در نظر گرفته شود. در این ساختار سلسله مراتبی[2] ابتدا موجودیت‌های سطح اول، توابع هدف مربوط به خود را بهینه نموده و متغیرهای تصمیم را تعیین می‌کنند. بعد از آن موجودیت‌های سطح دوم همین کار را بر پایه تصمیمات سطح قبل انجام می‌دهند و این فرآیند تا آخرین سطح از زنجیره ادامه می‌یابد. در این ساختار موجودیت‌های سطح بالاتر نقش رهبر را بازی می-کنند و موجودیت‌های سطح دوم نقش دنباله‌رو را به عهده دارند. بطور همزمان موجودیت‌های سطح دوم نقش رهبر را برای موجودیت‌های سطح بعدی ایفا می‌کنند. این ساختار مرتبط با هم در سطوح بعدی نیز ادامه می‌یابد.

در این مقاله یک زنجیرهٔ تأمین سه سطحی در حالت بدون همکاری در نظر گرفته می‌شود که از چندین تأمین کننده، یک تولیدکننده و چندین خرده فروش تشکیل می‌شود و تدارک، تولید، تحویل و فروش یک محصول را انجام می‌دهند. هر تأمین کننده در این زنجیره تأمین تنها یک نوع ماده اولیه را برای تولید کننده تأمین می‌نماید و تولید کننده نیز تنها یک

نوع ماده اولیه را از هر تأمین کننده مطابق لیست مواد اولیه محصول نهایی خریداری می‌نماید و پس از تولید محصول نهایی آن را از طریق خرده فروشان در بازارهای جدا از هم و مستقل به فروش می‌رساند. همچنین فرض می‌شود که هیچگونه رقابت و یا جابجایی کالا بین خرده فروشان وجود ندارد و نرخ تقاضا در هر بازار خرده‌فروشی تابع کاهشی و محدب از قیمت خرده فروشی در آن بازار است.

از آنجائیکه در بسیاری از موقعیت‌های واقعی، تولید کننده نقش رهبر را ایفاد می‌کند، در این مسأله سناریویی در نظر گرفته می‌شود که تولید کننده رهبر بوده و خرده فروشان و تأمین کنندگان دنباله رو هستند. بنابراین در این مسأله با دو طرح رهبر- دنباله‌رو می‌باشیم: تولید کننده – خرده فروشان و تولید کننده – تأمین کنندگان.این سناریو به عنوان یک بازی استاکلبرگ در نظر گرفته می‌شود و این رویکرد برای مدل‌سازی زنجیره تأمین به صورت یک بازی استاکلبرگ سه سطحی و چند هدفه تطبیق داده می‌شود و برای حل مدل بازی استاکلبرگ چندهدفه و سه سطحی از حل دو مسأله دو سطحی چندهدفه که تولید کننده نقش رهبر را در هر دو مسأله دارد استفاده می‌شود. همچنین در این بخش، روشی برای تلفیق جواب‌های دو مسأله دو سطحی گفته شده برای بدست آوردن جواب مسأله سه سطحی پیشنهاد می‌شود. به علاوه شرایط افزایش و یا کاهش سود خالص موجودیت‌ها با تغییر پارامترهای مسأله بررسی می‌شود.

1. بررسی تحقیقات انجام شده

تحقیقات آغازین در مدل های یکپارچه از تصمیمات موجودی و سیاست های بازاریابی در زنجیره تامین به Goyal [10] برمی گردد که در آن یک زنجیره تامین ساده شامل یک فروشنده و یک خرده فروش مطالعه شده است و مدل مشترک اندازه اقتصادی سفارش[3] (JELS) برای حداقل سازی مجموع هزینه ها توسعه داده شده است. Kohliet al.[13] سیاست سفارش دهی مشترک را بعنوان روشی برای کاهش هزینه های عملیاتی بین یک فروشنده و گروهی از خرده فروشان همگن بررسی کرده اند. در مدل آنها فرض شده است که کلیه محصولات را می‌توان در یک سفارش بصورت مشترک سفارش داد.KimandDaesung[16] یک مدل هماهنگی فروشنده – خریدار را برای تسهیل تحویل های متعدد[4]و با اندازه های کوچک در زنجیره تامین تولید کننده توسعه داده است. Kelleetal.[15] مدل یکپارچه فروشنده- خریدار را در زنجیره تامین با نگاه به اصول تولید به هنگام مورد تحلیل قرارداده است و در حالتی که نرخ تقاضای سالیانه و نرخ تولید ثابت باشد، میزان بهینه سفارشات و همچنین تعداد دفعات حمل تعیین گردیده است. Chang et al [3] شرایط هماهنگی تامین کننده- خریدار از نقطه نظر هزینه ها بصورت یکپارچه در مساله ای شامل یک تامین کننده و چندین خریدار را بررسی کرده اند و نشان داده اند که تحویل های متعدد در اندازه های کوچک بیشتر از تحویل یکجا می تواند درکاهش هزینه ها موثر باشد. Esmaeili [7] یک رویکرد جدید را با در نظر گرفتن فاکتورهای موثر بازاریابی در JPLM برای افزایش سوددهی تولید کننده پیشنهاد کرده است.Chen at al. [4]یک مدل یکپارچه فروشنده – خریدار را برپایه دوره ثابت تاخیر در پرداختها بررسی کرده اند و برای تسهیم سود اضافه حاصله مابین طرفین استراتژیهای تغییر قیمتی متفاوتی را برای دستیابی به موقعیت برد- برد در نظر گرفته اند. Kotler[14] ارتباط بین مقدار اقتصادی سفارش(EOQ) و استراتژی های قیمت گذاری را روی دوره محدود زمانی مورد بحث قرارداد و

نشان داد که قیمت بر مقدار اقتصادی سفارش تاثیر مستقیم دارد.[21] .Roslowet al و[12] .Huang et al مساله انجام تبلیغات بصورت مشترک در زنجیره تامین را بررسی کردند و نشان دادند تحت این شرایط مدل موجودی- تولید دارای سودآوری بهتری می باشد. [5] .Chenetal در مقاله ای به بررسی هماهنگی فروشنده و خریدار وتوسعه مدل یکپارچه پرداخته اند و موضوع کیفیت معیوب کالا را نیز در نظرگرفته اند در این راستا درمقاله موضوع هزینه های گارانتی و ضمانت نیز برای جبران زیان های خریدار بررسی شده است.

[19] Monahan زنجیره تامین شامل یک فروشنده و یک خریدار با میزان تقاضای ثابت و تخفیف قیمتی بر پایه میزان سفارش اقتصادی را با استفاده ازساختار بازی استاکلبرگ بررسی کرده است. همچنین[17] .Lal et al یک مدل فروشنده با چندین خریدار همگن را بر پایه سیاست تخفیف کلی با استفاده از بازی استاکلبرگ توسعه دادند. در همین راستا مقالات متعددی از بازی استاکلبرگ برای بحث در مساله های مشابه استفاده نمودند [2], [20], [24], [22][،)[8]،Esmaeili et al. [9]،Yugang et al [25]،Leng and Parlar [18]). کارهای تحقیقاتی که در فوق مرور گردید در نگاه کلی در دوبخش مرتبط با هم قابل دسته بندی می باشند. بخش اول برسیستم های یکپارچه موجودی- تولید شامل یک فروشنده و یک خریدار و یا یک فروشنده و چندین خریدار تمرکز داشته و عمده مقالات، تقاضا را به شکل ثابت در نظر گرفته اند و در برخی از مقالات تقاضا به صورت احتمالی نیز دیده شده است در برخی مقالات علاوه بر این متغیرها، سطح بهینه زمان انتظار، نقطه سفارش مجدد، نیز مدنظر بوده است. علاوه بر این، برخی مقالات در این بخش به جنبه های بازاریابی و رشد بازار ازطریق اعمال استراتژیهای قیمت گذاری،تبلیغات و سیاست های پولی در مدل یکپارچه موجودی- تولید خریدار و فروشنده پرداخته اند. در بخش دوم مقالات مرتبط با تئوری بازی ها و موجودی در زنجیره تامین بطور عمده به بهبود سود (هزینه) کل زنجیره و همچنین بهبود سود (هزینه) هریک از موجودیت های یک زنجیره دو سطحی متشکل از یک فروشنده و یک خرده فروش پرداخته اند. مرور ادبیات نشان می دهد که تحلیل زنجیره تامین چند سطحی در یک ساختار سلسله مراتبی با رویکرد تئوری بازیها کمتر پرداخته شده است، بویژه زمانیکه مساله دارای ویژگی غیرخطی در محدودیت ها یا تابع هدف و یا هر دو باشد.

2. فرض‌ها، پارامترها و متغیرهای مسأله

2.1. فرض های مساله

2. 1. 1.مسأله مورد بررسی شامل یک زنجیره تأمین سه سطحی متشکل از چندین خرده فروش متجانس، یک تولید کننده و چندین تأمین کننده می‌باشد.

2. 1. 2. تأمین کنندگان، تولید کننده و خرده فروشان تدارک و تولید یک نوع محصول را با نرخ تولید ثابت انجام می‌دهند.

2. 1. 3. خرده‌فروشان مستقل از یکدیگر بوده و در بازارهای جدا از هم فعالیت می‌کنند.

2. 1. 4. هر تأمین کننده یک نوع مواد اولیه را برای تولید کننده فراهم می‌نماید و تولید کننده یک نوع مواد اولیه را از یک تأمین کننده خریداری می‌نماید.

2. 1. 5. تقاضا رسیده به هر خرده‌فروش یک تابع کاهشی و محدب می‌باشد که با تغییرات قیمت خرده‌فروشی تغییر می‌کند.

2. 1. 6. فرض می‌شود که موجودیت‌های زنجیره در حالت سوددهی فعالیت می‌نمایند.

2.2. پارامترهای مساله

i	شاخص مربوط به خرده فروشان $i=1,2,\ldots,R$
j	شاخص مربوط به تأمین کنندگان $j=1,2,\ldots,S$
C_m	هزینه تولید هر واحد محصول (واحد کالا / واحد پولی).
C_{sj}	هزینه تدارک و تأمین مربوط به تأمین کننده j شامل هزینه‌های خرید، سفارش و حمل و نقل (واحد کالا/ واحد پولی).
C_S	هزینه خرید مواد اولیه تولید به ازای هر واحد محصول نهایی مطابق با داده های قبلی
H_{ri}	هزینه نگهداری هر واحد محصول که بوسیله خرده فروش i پرداخت می‌شود (دوره زمانی / واحد کالا/ واحد پولی).
H_m	هزینه نگهداری هر واحد مواد اولیه/محصول که بوسیله تولید کننده پرداخت می‌شود. (دوره زمانی / واحد کالا/ واحد پولی).
H_{sj}	هزینه نگهداری هر واحد مواد اولیه که بوسیله تأمین کننده j پرداخت می‌شود(دوره زمانی / واحد کالا/ واحد پولی).
α_j	ضریب مصرف ماده اولیه j که برای تولید یک واحد محصول نهایی مورد نیاز می‌باشد.
A_{ri}	متوسط هزینه سفارش دهی خرده فروش i به ازای هر واحد محصول(واحد کالا/ واحد پولی).
A_m	متوسط هزینه راه اندازی تولید کننده به ازای هر واحد محصول (واحد کالا/ واحد پولی).
A_{sj}	متوسط هزینه سفارش دهی تأمین کننده j به ازای هر واحد (واحد کالا/ واحد پولی).
A_s	متوسط هزینه سفارش دهی تولید کننده برای هر واحد مواد اولیه مطابق داده های قبلی
$D_{ri}=f(P_{ri})$	تقاضای خرده فروش i که بصورت تابعی از P_{ri}
τ_m	حداقل اندازه سفارش مجاز در هر سفارش تولید کننده
$\varphi_{ri}(\varphi'_{ri})$	مازاد (کمبود) موجودی مجاز برای خرده فروش i در پایان دوره
$\varphi_m(\varphi'_m)$	مازاد (کمبود) موجودی مجاز برای تولید کننده در پایان دوره
$\varphi_{sj}(\varphi'_{sj})$	مازاد (کمبود) موجودی مجاز برای تأمین کننده j در پایان دوره
S_{ri}	درصد پرداخت اضافه (از قیمت عمده فروشی) که توسط خرده فروش i برای تولید میزان کمبود موجودی پرداخت می‌شود.
AP_{ri}	درصد کاهش قیمت خرده فروش i برای فروش موجودی اضافه در پایان دوره.
S_m	هزینه کمبود تولید کننده به ازای هر واحد کالا (واحد کالا/ واحد پولی).
S_{sj}	هزینه کمبود تأمین کننده j به ازای هر واحد (واحد کالا/ واحد پولی).
$TP_{mh}(TP_{rL})$	سطح بالا (پایین) تلرانس قیمت عمده فروشی.
$TY_{mh}(TY_{mL})$	سطح بالا (پایین) تلرانس اندازه سفارش تولید کننده.

3.2. متغیرها

P_{ri} قیمت خرده فروشی که کالا توسط خرده فروش i به مشتری فروخته می‌شود(واحد کالا/ واحد پولی).

P_m قیمت عمده فروشی که کالا توسط تولید کننده به خرده‌فروشان فروخته می‌شود (واحد کالا/ واحد پولی).

P_{sj} قیمت ماده اولیه j که توسط تأمین کننده j به تولید کننده اعمال می‌شود(واحد کالا/ واحد پولی).

n_{ri} تعداد دفعات سفارش دهی خرده فروش i که مضرب عدد صحیح می‌باشد.

n_m تعداد دفعات سفارش دهی تولید کننده که مضرب عدد صحیح می‌باشد.

n_{sj} تعداد دفعات سفارش دهی تأمین کننده که مضرب عدد صحیح می‌باشد.

Q_{ri} اندازه سفارش محصول مربوط به خرده فروش i (واحد کالا).

Q_m اندازه سفارش تولید مربوط به تولید کننده (واحد کالا).

Q_{sj} اندازه سفارش ماده اولیه j مربوط به تأمین کننده j (واحد کالا).

Y_{ri} اندازه سفارش کل مربوط به خرده فروشی i در کل دوره (واحد کالا).

Y_m اندازه سفارش کل مربوط به تولید کننده در کل دوره (واحد کالا).

Y_{sj} اندازه سفارش تولید کل ماده اولیه j ماده مربوط به تأمین کننده j در کل دوره (واحد کالا).

T_{ri} در صورت وقوع کمبود برای خرده فروش i برابر با یک و در غیر اینصورت برابر با صفر.

T_m در صورت وقوع کمبود برای تولید کننده برابر با یک و در غیر اینصورت برابر با صفر.

T_{sj} در صورت وقوع کمبود برای تأمین کننده j برابر با یک و در غیر اینصورت برابر با صفر.

3. مدل سازی و الگوریتم حل مسأله

به منظور ساده‌سازی در فرمول‌سازی مدل تابع تقاضا بصورت کلی با D_{ri} نشان داده شده و بعد از توسعه مدل و روش حل، تابع تقاضا با یک تابع کوادراتیک تقاضا (که یک تابع کاهشی و محدب می‌باشد) تخمین زده می‌شود.

3.1. مدل های بازی استاکلبرگ دو سطحی و چند هدفه

در این سناریو تولید کننده- خرده فروشان و تولید کننده- تأمین کنندگان دو مجموعه رهبر – دنباله‌رو را تشکیل می‌دهند و هیچ‌گونه ارتباط مستقیمی بین خرده فروشان و تأمین کنندگان وجود ندارد. در اینجا این مدل را بنام مدل MR/MS نامگذاری می‌نماییم و از آنجائیکه در این سناریو تولید کننده نقش رهبر را برای خرده‌فروشان و تأمین کنندگان ایفا می‌کند، بنابراین حل این مسأله از طریق تفکیک آن به دو مسأله دو سطحی مجزا بررسی می‌شود. جواب نهایی سناریوی MR/MS نیز از حل یک مسأله تلفیق با در نظر گرفتن جواب‌های دو مسأله دو سطحی فوق بدست خواهد آمد.

برای ساده سازی مدل و اجتناب از حالت غیرخطی[5] در محدودیت‌ها، جایگزینی‌های $Y_{ri}=n_{ri}Q_{ri}$، $Y_m=n_mQ_m$ و $Y_{sj}=n_{sj}Q_{sj}$ را انجام می‌دهیم که با این تغییر متغیرها، همه محدودیت‌ها در هر سه سطح خطی و محدب خواهندشد.

2.3. مدل دو سطحی MR

در این مدل تولید کننده نقش رهبر را ایفا می کند و خرده فروشان بعنوان سطح دوم نقش دنباله رو را دارند. مدل دو سطحی MR بصورت زیر می باشد:

1.2.3. اولین سطح مدل MR [1st level]

$$Max \quad NP_m = \left[\left(\sum_{i=1}^{R} y_{ri}\, p_m\right)(1-T_m) + (y_m\, p_m)T_m\right]$$
$$-[C_S\, y_m + A_M\, y_m + A_S\, y_m \sum_{j=1}^{s}(\alpha_j) + C_m\, y_m + \left(\frac{H_m}{2}\right)y_m + S_m T_m\left(\sum_{i=1}^{R} y_{ri} - y_m\right)] \qquad (1)$$

Subject To:

$$P_M - C_S \geq H_m + A_M + A_S \sum_{j=1}^{S}(\alpha_j) + S_m T_m \qquad (2)$$

$$y_m - \sum_{i=1}^{R} y_{ri} \leq \varphi_m \qquad (3)$$

$$y_m - \sum_{i=1}^{R} y_{ri} \geq -\varphi'_m \qquad (4)$$

$$y_m - \sum_{i=1}^{R} y_{ri} \geq -MT_m \qquad (5)$$

$$y_m - \sum_{i=1}^{R} y_{ri} \leq M(1-T_m) \qquad (6)$$

Variables: $p_m \geq 0$, $y_m \geq 0$ and $T_m \in \{0,1\}$.

2.2.3. دومین سطح مدل MR [2nd level]

$$Max\ NP_{ri} = [(D_{ri}\, p_{ri}) + (y_{ri} - D_{ri})(1 - AP_{ri})P_{ri}](1 - T_{ri})$$
$$+[(y_{ri}\, p_{ri}) + (D_{ri} - y_{ri})\, p_{ri}]T_{ri} - [y_{ri}\, p_m + A_{ri} y_{ri} + \frac{H_{ri}}{2} y_{ri} + ((1+S_{ri})(D_{ri} - y_{ri})\, p_m)T_{ri}] \qquad (7)$$

SubjectTo:

$$p_{ri} + p_{ri}\ Ap_{ri}(1-T_{ri}) \geq p_m + H_{ri} + A_{ri} + p_m S_{ri} T_{ri} \qquad (8)$$

$$y_{ri} - D_{ri} \leq \varphi_{ri} \qquad (9)$$

$$y_{ri} - D_{ri} \geq -\varphi'_{ri} \qquad (10)$$

$$y_{ri} - D_{ri} \geq -MT_{ri} \qquad (11)$$

$$y_{ri} - D_{ri} \leq M(1-T_{ri}) \qquad (12)$$

$$D_{ri} \leq f(p_{ri}) \quad i = 1,...,R \qquad (13)$$

Variables: $p_{ri} \geq 0$, $y_{ir} \geq 0$,and $T_{ri} \in \{0,1\}$ $i = 1,...,R$

نکته: مقادیر بهینه متغیرهای خرده فروش i در مدل فوق را با $p^{1*}{}_{ri}$ و $y^{1*}{}_{ri}$ نشان دهید.

3.3. مدل دوسطحی MS

در این مدل تولید کننده نقش رهبر را ایفا می کند و تامین کنندگان بعنوان سطح دوم نقش دنباله رو را دارند. مدل دو سطحی MS بصورت زیر می باشد:

3.3.1. اولین سطح مدل MS [1st level]

$$Max \quad NP_m = \left[\left(\sum_{i=1}^{R} y_{ri} p_m\right)(1-T_m) + (y_m p_m)T_m\right]$$
$$-[y_m\left(\sum_{j=1}^{S}\alpha_j p_{sj}\right) + A_m y_m + \sum_{j=1}^{s}(A_{si}\alpha_j y_{sj}) + C_m y_m + \left(\frac{H_m}{2}\right)y_m + S_m T_m\left(\sum_{i=1}^{R} y_{ri} - y_m\right)] \qquad (14)$$

Subject To:

$$Pm - \sum_{j=1}^{S}\alpha_j p_{sj} \geq H_m + A_m + \sum_{j=1}^{S}(\alpha_j A_{sj}) + S_m T_m \qquad (15)$$

$$y_m - \sum_{i=1}^{R} y_{ri} \leq \varphi_m \qquad (16)$$

$$y_m - \sum_{i=1}^{R} y_{ri} \geq -\varphi'_m \qquad (17)$$

$$y_m - \sum_{i=1}^{R} y_{ri} \geq -MT_m \qquad (18)$$

$$y_m - \sum_{i=1}^{R} y_{ri} \leq M(1-T_m) \qquad (19)$$

$$p_{ri} = p^{1*}{}_{ri} \qquad (20)$$

$$y_{ri} = y^{1*}{}_{ri} \qquad (21)$$

Variables: $p_m \geq 0$, $y_m \geq 0$ and $T_m \in \{0,1\}$.

3.3.2. دومین سطح مدل MS [2nd level]

$$Max\ NP_{sj} = [(\alpha_j y_m p_{sj})(1-T_{sj}) + (\alpha_j y_{sj} p_{sj})T_{sj}] - \left[C_{sj} y_{sj} + \left(\frac{H_{sj}}{2}\right)y_{sj} + S_{sj}T_{sj}(\alpha_j y_m - \alpha_j y_{sj})\right] \qquad (22)$$

Subject To:

$$p_{sj} \geq H_{sj} + C_{sj} + S_{sj}T_{sj} \qquad (23)$$

$$y_{sj} - \alpha_j y_m \leq \varphi_{sj} \qquad (24)$$

$$y_{sj} - \alpha_j y_m \geq -\varphi'_{sj} \qquad (25)$$

$$y_{sj} - \alpha_j y_m \geq -MT_{sj} \qquad (26)$$

$$y_{sj} - \alpha_j y_m \leq M(1-T_{sj}) \quad j = 1,\ldots,S \qquad (27)$$

Variables: $p_{sj} \geq 0$, $y_{sj} \geq 0$ and $T_{sj} \in \{0,1\}$ $j = 1,\ldots,S$

4.3. مدل یکپارچه سازی

از آنجائیکه هیچ ارتباط مستقیمی بین خرده فروشان و تامین کنندگان وجود ندارد، نتایج بدست آمده از مدل های MR و MS با تعریف یک مساله دو سطحی دیگر و در نظر گرفتن محدودیت [28] یکپارچه می گردد:

$$NP_m \geq Min\{NP_m^{1*}, NP_m^{2*}\} \qquad (28)$$

نکته: NP_m^{1*} و NP_m^{2*} به ترتیب جواب های بهینه مدل های MR و MSبرای تابع هدف تولید کننده می باشند.

نکته: در الگوریتم Osman[۲۱] حد پایین تابع هدف تولید کننده را با $Min\{NP_m^{1*}, NP_m^{2*}\}$ جایگزین می کنیم. لذا لحاظ محدودیت [28] بصورت مستقیم در مساله یکپارچه سازی ضرورت ندارد.

نکته: از آنجائیکه در مدل یکپارچه سازی همه موجودیت ها در یک مدل یکپارچه سازی کلی در نظر گرفته می شوند، لذا C_S و هزینه سفارش دهی تولید با عبارت های زیر جایگزین می شوند:

($C_S = \left(\sum_{j=1}^{S} \alpha_j p_{sj}\right)$, manufacturer's ordering cost= $A_m n_m Q_m + \sum_{j=1}^{S}(A_{sj} n_{sj} Q_{sj})$)

[1st level]

$$Max \quad NP_m \qquad (29)$$

[2nd level]

$$Max \quad NP_{ri} \quad i = 1,..., m \qquad (30)$$
$$Max \quad NP_{sj} \quad j = 1,...,n \qquad (31)$$

Subject to:

All constraints

5.3. حل مدل

برای حل مدل فوق از یک الگوریتم ترکیبی دو سطحی استفاده شده است. در فاز اول الگوریتم، برای بدست آوردن حل بهینه استاکلبرگ مسائل دو سطحی و چندهدفه از الگوریتم توسعه داده شده توسط Osman[21] استفاده می‌شود و سپس در فاز دوم یک الگوریتم جستجوی ابتکاری برای پیدا کردن مناسب ترین مقادیر اندازه سفارش و تعداد دفعات سفارش دهی بر پایه حل استاکلبرگ بدست آمده در فاز قبل، توسعه داده می‌شود. در فاز دوم بر پایه مقادیر بدست آمده در

فاز 1 برای اندازه سفارش کل، تعداد سیکل‌های سفارش‌دهی و اندازه سفارش برای هر موجودیت درهر سه سطح مطابق با قدم‌های زیر بدست می‌آید:

قدم1: با توجه به τ_m دامنه تغییرات n_m را مشخص نمایید. ($Min(n_m)=1$ و $Max(n_m) = \left[\frac{y_m}{\tau_m}\right]$)

قدم 2: به ازای مقادیر n_mاز دامنه فوق مقادیر Q_mرا محاسبه نمایید. ($Q_m = \frac{Y_m}{n_m}$)

قدم 3: مقادیر (Q_m و n_m) بدست آمده در قدم‌های 1 و 2 را به تولید کننده به عنوان رهبر ارائه نمایید تا مناسب‌ترین مقادیر را از بین آنها انتخاب نماید. این مقادیر را با n_m^* و اندازه سفارش مرتبط با آن را با Q_m^* نشان دهید. (لازم به ذکر است که به ازای هر مقدار Q_m و n_m تابع سود خالص تولید کننده یکسان است.)

قدم 4: n_{ri} را برابر n_m^* قرار دهید و Q_{ri} را بدست آورید. ($Q_{ri} = \frac{Y_{ri}}{n_{ri}}$). این مقادیر را با n_{ri}^* و Q_{ri}^* نشان دهید.

قدم 5: n_{sj} را برابر n_m^* قرار دهید و Q_{sj} را بدست آورید. ($Q_{sj} = \frac{Y_{sj}}{n_{sj}}$). این مقادیر را با n_{sj}^* و Q_{sj}^* نشان دهید.

4. مطالعه موردی

مطالعه موردی شامل یک زنجیره تأمین متشکل از دو تأمین کننده، یک تولید کننده و دو خرده فروش می‌باشند. تولید کننده دو نوع ماده اولیه را از دو تأمین کننده خریداری نموده و سپس تولید کننده با بکارگیری مواد اولیه یک نوع محصول را تولید و از طریق دو خرده فروش در بازار توزیع می‌نماید. پارامترهای ورودی مدل بر پایه مطالعه موردی به صورت زیر خواهند بود:

$$C_m = 120, C_{s1} = 450, C_{s2} = 900, C_S = 1350\ ,\ H_{r1} = 6.5\ ,\ H_{r2} = 6.2\ ,\ H_m = 4.5, H_{S1} = 3.7\ ,\ H_{S2} = 3.2\ ,\ \alpha_1 = 1\ ,$$
$$\alpha_2 = 1\ ,\ A_{ri} = 13.5\ ,\ A_m = 32\ ,\ A_{sj} = 40\ ,\ A_S = 40,\ \tau_m = 1500\ ,\varphi_{r1} = 30,\ \varphi'_{r1} = 30\ ,\varphi_{r2} = 60\ ,\varphi'_{r2} = 60\ ,\varphi_m = 30\ ,$$
$$\varphi'_m = 30\ ,\varphi_{s1} = 20\ ,\varphi'_{s1} = 20\ ,\varphi_{s2} = 15,\varphi'_{s2} = 15,\quad S_{r1} = 0.1\ ,\ S_{r2} = 0.1\ ,\ S_m = 37\ ,\ S_{s1} = 42\ ,\ S_{s2} = 53\ ,\ AP_{r1} = 0.3\ ,$$
$$AP_{r2} = 0.3\ ,TP_{mh} = 50\ ,TP_{m1} = 20\ ,\ TY_{mh} = 1000\ ,\ TY_{m1} = 1000$$

مطابق مفروضات مدل، تقاضای محصول رسیده به هر خرده فروش یک تابع کاهشی و محدب بوده که با توجه به مقادیر خرده فروشی تغییر می‌نماید. بنابراین ارتباط بین تقاضا و قیمت خره فروشی در 44 دوره گذشته برای هر یک از خرده فروشان بررسی شده و یک تابع تقاضای کوادراتیک بر مبنای آن تخمین زده شده است:

$$D_{r1} = -0{,}004264\ P_{r1}^2 + 4{,}370426\ P_{r1} + 30666{,}55$$

$$D_{r2} = -0{,}005244\ P_{r2}^2 + 8{,}201877\ P_{r1} + 28198{,}725$$

کلیه واحدهای پولی برحسب دلار می‌باشند.

5. حل مساله و آنالیز حساسیت

5.1. فاز اول

نتایج مربوط به مدل یکپارچه در جدول 1 نشان داده شده است. از آنجائیکه در این مسأله تولید کننده نقش رهبر را به عهده دارد، سود خالص تولید کننده (NP_m) از سود خالص سایر موجودیت‌های مسأله بزرگتر می‌باشد: 57/32% از سود خالص کل زنجیره[6] (TNP) متعلق به تولید کننده می‌باشد (جدول 2 را ملاحظه نمایید). همچنین با مطالعه نتایج به دست آمده در جدول 1 ملاحظه می‌گردد خرده فروشان و تأمین کنندگان در حالت مازاد قرار دارند که نشان می‌دهد تولید کننده به عنوان رهبر برروی استراتژی انتخاب شده در مدل چند سطحی توسط خرده فروشان و تأمین کنندگان تأثیر می‌گذارد. زیرا تولید کننده بسته به مقدار پارامترهای AP_{r1} و AP_{r2} تمایل دارد میزان تولید محصول نهایی که تولید و به مشتریان عرضه می‌شود، افزایش یابد. بنابراین تولید کننده از موجودیت‌های دنباله‌رو می‌خواهد که حالت مازاد را حفظ کنند.

پارامترهای مرتبط با بازار تأثیر معنی‌داری برروی سودخالص ودیگر متغیرهای مرتبط با خرده فروشان، تولید کننده و تأمین کنندگان در هر سه سطح مدل پیشنهاد شده دارند. به همین دلیل مقدار این پارامترها در مدل چندسطحی بر استراتژی انتخاب شده توسط تولید کننده (به عنوان رهبر) تأثیر دارند. جدول 3 نتایج مدل را به ازای مقادیر مختلف AP_{r1} و AP_{r2} نشان می‌دهد.

5.2. فاز دوم

مطابق با الگوریتم فاز دوم ارائه شد و با فرض مقدار τ_m=۱۵۰۰، ابتدا تولید کننده یک عدد صحیح برای n_m بین [1و20] انتخاب می‌کند. در این مثال موردی، تولیدکننده $n_m^* = 8$ را انتخاب کردهاست. با در نظر گرفتن مقادیر n_{ri}^* و n_{sj}^* برابر با n_m^*، مقادیر Q_{ri}^* و Q_{sj}^* مربوط به آنها محاسبه می‌شود. جدول 4 آنالیز حساسیت مقادیر اندازه سفارش و تعداد سیکل-های سفارش‌دهی را در سه سطح زنجیره تأمین با توجه به سایر مقادیر n_m نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در این بخش رفتار یک زنجیره تأمین سه سطحی متشکل از چندین تأمین کننده، یک تولید کننده و چندین خرده فروش متجانس و مستقل مطالعه شده است و سود خالص موجودیت‌های زنجیره تأمین با سناریوی رهبر- دنباله‌رو برای تولید کننده- خرده فروشان و تولید کننده – تأمین کنندگان بدون وجود ارتباط مستقیم بین خرده فروشان و تأمین کنندگان حداکثر شده است. این نظریه ابتدائاً به صورت دو بازی استاکلبرگ دو سطحی چندهدفه (مدل‌های MR و MS) مدلسازی شده و سپس نتایج مدلهای MR و MS از طریق یک مدل دو سطحی دیگر یکپارچه شده است. از آنجائیکه این مدلهای دو سطحی و چندهدفه جزو مسائل NP سخت[7] می‌باشند، حل‌های استاکلبرگ با استفاده از یک الگوریتم ترکیبی مشتمل بر دو فاز بدست می‌آید. با استفاده از الگوریتم ترکیبی پیشنهاد شده در این بخش، سیاست‌های موجودی، تولید و

قیمت‌گذاری محصول به صورت همزمان تعیین شده است و آنالیز حساسیت جواب‌های مسأله نیز با استفاده از یک مطالعه موردی انجام گردیده است.

چندین زمینه برای توسعه تحقیقات در این حوزه می‌تواند پیشنهاد شود. مطالعه بیشتری می‌تواند برروی مدل یکپارچه‌سازی نسبت به روش پیشنهاد شده در این بخش انجام شده و نتایج آن با نتایج بدست آمده در این بخش مقایسه شود. در صورتی که حداکثر سود خالص بدست آمده (در کل زنجیره تأمین و موجودیت‌های آن) کمتر از روشهای جدید پیشنهاد شده بود، بهبود در طراحی و واقعی شدن مدل اتفاق افتاده است. به علاوه حالتهای همکاری و نیمه همکاری می‌تواند در محاسبه سود خالص و تسهیم هزینه‌ها استفاده شود. همچنین توسعه مدل می‌تواند در حالتی که اطلاعات ناکامل بوده و چانه‌زنی وجود دارد مطالعه شود. نهایتاً مطالعه مدل می‌تواند با در نظر گرفتن سیاست‌های بازاریابی مانند هزینه‌های بازاریابی و تبلیغات در مدل بازی استاکلبرگ توسعه یابد.

جدول 1- نتایج حل مدل INP با داده های مثال مبنا

NP_m	15,819,621.39
NP_{r1}	620,540.71
NP_{r2}	662,112.48
NP_{s1}	6,145,135.70
NP_{s2}	4,350,858.50
P_{r1}	2521.7
P_{r2}	2522.455
P_m	2461.412
P_{s1}	655.4171
P_{s2}	1045.623
y_{r1}	14600.37
y_{r2}	15579.1
y_m	30209.47
y_{s1}	30219.47
y_{s2}	30209.47
D_{r1}	14570.37
D_{r2}	15519.1

جدول3- آنالیز حساسیت مدل استاکلبرگ سه سطحی و چند هدفه با توجه به مقادیرAP_{r1} و AP_{r2}

AP_{r1}	0.30	0.4	0.6
AP_{r2}	0.30	0.4	0.6
NP_m	16,242,001.54	15,829,254.09	15,676,294.86
NP_{r1}	619,893.19	620,284.95	620,041.28
NP_{r2}	661,083.18	661,332.83	661,073.20
NP_{s1}	4,291,999.77	1,444,659.83	1,333,128.46
NP_{s2}	5,764,401.92	9,006,928.99	9,270,388.41
P_{r1}	2,521.9	2,521.6	2,521.9
P_{r2}	2,523.1	2,521.4	2,521.7
P_m	2,461.2	2,462.3	2,462.6
P_{s1}	594.0	499.9	496.2
P_{s2}	1,092.5	1,200.4	1,209.5
y_{r1}	14596.37	14572.31	14567.27
y_{r2}	15566.47	15537.74	15532.37
y_m	30192.84	30140.04	30129.64
y_{s1}	30192.84	30150.04	30109.64
y_{s2}	30192.84	30140.04	30114.64
D_{r1}	14566.37	14572.31	14567.27
D_{r2}	15506.47	15537.74	15532.37

جدول 4- آنالیز حساسیت اندازه سفارش و تعداد دفعات سفارش دهی در سه سطح با توجه به مقادیر $AP_{r1}=0.2$ $\tau_m=1500$ و $AP_{r2}=0.2$

n_m	1	2	...	7	8	9	10	...	19	20
Q_m	30209.5	15104.7		4315.6	3776.2	3356.6	3020.9		1590.0	1510.5
n_{r1}	1	2	...	7	8	9	10	...	19	20
n_{r2}	1	2	...	7	8	9	10	...	19	20
Q_{r1}	14600.4	7300.2		2085.8	1825.0	1622.3	1460.0		768.4	730.0
Q_{r2}	15579.1	7789.6		2225.6	1947.4	1731.0	1557.9		820.0	779.0
n_{s1}	1	2	...	7	8	9	10	...	19	20
n_{s2}	1	2	...	7	8	9	10	...	19	20
Q_{s1}	30219.5	15109.7		4317.1	3777.4	3357.7	3021.9		1590.5	1511.0
Q_{s2}	30209.5	15104.7		4315.6	3776.2	3356.6	3020.9		1590.0	1510.5

جدول2-مقادیرNPm, TNPr, TNPو TNPs مربوط به مدل INPبا داده های مثال مبنا

TNP	27,598,268.78
TNP_m	15,819,621.39
TNP_r	1,282,653.19
TNP_s	10,495,994.20

منابع

[۱] Abad, Prakash L., Jaggi, C.K., ۲۰۰۳. Joint approach for setting unit price and the length of the credit period for a seller when end demand is price sensitive. International Journal of Production Economics ۸۳, ۱۱۵–۱۲۲.

[۲] Cachon, G., Netessine, S., ۲۰۰٤. Game theory in supply chain analysis. In: Simchi-Levi, D., Wu, S.D., Shen, M. (Eds.), Handbook of Supply Chain Analysis in the E-Business Era. Kluwer Academic Publishers, USA.

[۳] Ching-Ter Chang, Chei-Chang Chiou, Yi-Shin Liao, Shu-Chin Chang, ۲۰۰۸. An exact policy for enhancing buyer–supplier linkage in supply chain system. Int. J. Production Economics ۱۱۳, ٤۷۰–٤۷۹.

[٤] Chen L.H., Fu-SenKang, ۲۰۰۹. Coordination between vendor and buyer considering trade credit and items of imperfect quality.Int.J. of Production Economics.

[٥] Chen L.H., Fu-Sen Kang, ۲۰۱۰. Integrated inventory models considering permissible delay in payment and variant pricing strategy. Applied Mathematical Modeling ۳٤, ۳٦–٤٦.

[٦] Chu H. W. J., ChingChyi Lee (۲۰۰٦) Strategic information sharing in a supply chain. European Journal of Operational Research ۱۷٤ ۱٥٦۷–۱٥۷۹

[۷] Esmaeili M. (۲۰۰۹). Optimal selling price, marketing expenditureand lot size under general demand function. Int. J. Advanced Manufacturing Technology. ٤٥:۱۹۱–۱۹۸.

[۸] Esmaeili, M., Aryanezhad, M.B., Zeephongsekul, P., ۲۰۰۹. A game theory approach in seller–buyer supply chain. European Journal of Operational Research ۱۹٥, ٤٤۲–٤٤۸.

[۹] Esmaeili, M., Zeephongsekul, P., ۲۰۰۹. Seller–buyer models of supply chain management with an asymmetric information structure. Int. J. Production Economics .

[۱۰] Goyal S.K. , ۱۹۷۷. An integrated inventory model for a single supplier-single customer problem. International Journal of Production Research ۱٥ (۱), ۱۰۷–۱۱۱.

[۱۱] Hsiao J.M., Lin C. (۲۰۰٥). A buyer-vendor EOQ model with changeable lead-time in supply chain. Int. J. Advanced Manufacturing Technology ۲٦: ۹۱۷–۹۲۱.

[۱۲] Huang, Z. M., & Li, S. X. (۲۰۰۱). Co-op advertising models in manufacturer–retailer supply chains: A game theory approach. European Journal of Operational Research, ۱۳٥(۳), ٥۲۷–٥٤٤.

[۱۳] Kohli, R., Park, H., ۱۹۹٤. Coordinating buyer–seller transactions across multiple products. Management Science ٤۰ (۹), ٤٥–٥۰.

[۱٤] Kotler, P. (۱۹۷۱). In market decision making: A model building approach. New York: Holt RinchartWinstion.

[۱٥] Kelle P., Pamela A. Miller, Asli Y. Akbulut, ۲۰۰۷. Coordinating ordering/shipment policy for buyer and supplier: Numerical and empirical analysis of influencing factors. Int. J. Production Economics ۱۰۸, ۱۰۰–۱۱۰.

[۱٦] Kim S.L., Daesung Ha, ۲۰۰۳. A JIT lot-splitting model for supply chain management: Enhancing buyer–supplier linkage. Int. J. Production Economics ۸٦, ۱–۱۰

[۱۷] Lal R., Staelin R., ۱۹۸٤. An approach for developing an optimal discount pricing policy. Management Science, ۳۰, ۱٥۲٤–۱٥۳۹.

[۱۸] MingmingLeng, MahmutParlar, ۲۰۰۹. Lead-time reduction in a two-level supply chain: Non-cooperative equilibria vs. coordination with a profit-sharing contract. Int. J. Production Economics ۱۱۸, ٥۲۱–٥٤٤.

[۱۹] Monahan J. P., ۱۹۸٤. A quantity discount pricing model to increase vendor profits. Management Science, ۳۰(٦), ۷۲۰–۷۲٦.

[۲۰] Munson, C.L., Rosenblatt, M.J., ۲۰۰۱. Coordinating a three-level supply chain with quantity discounts. IIE Transactions ۳۳ (٥), ۳۷۱–۳۸٤.

[۲۱] Osman M.S., M.A. Abo-Sinna, A.H. Amer, O.E. Emam, ۲۰۰٤. A multi-level non-linear multi-objective decision-making under fuzziness. Applied Mathematics and Computation ۱٥۳, ۲۳۹–۲٥۲.

[۲۲] Rosenblatt M. J., Lee H. L., ۱۹۸٥. Improving profitability with quantity discounts under fixed demand. IIE Transactions, ۱۷, ۳۸۸–۳۹٥.

[۲۳] Wang H. , Min Guo , Janet Efstathiou (۲۰۰٤) A game-theoretical cooperative mechanism design for a two-echelon decentralized supply chain. European Journal of Operational Research ۱٥۷, ۳۷۲–۳۸۸

[۲٤] Weng, Z. K., ۱۹۹٥. Channel coordination and quantity discounts. Management Science, ٤۱(۹), ۱٥۰۹–۱٥۲۲

[۲٥] Yugang Yu, George Q. Huang, Liang Liang, ۲۰۰۹. Stackelberg game-theoretic model for optimizing advertising, pricing and inventory policies in vendor managed inventory (VMI) production supply chains Computers & Industrial Engineering ٥۷, ۳٦۸–۳۸۲

پی نوشت ها:

[۱] Multi-Level Programming

[۲] Hierarchal Structure

[۳]Joint Economic lot size (JELS)

[٤]Frequent Deliveries

[٥] Non-Linear

[٦] Total Net Profit

[۷] NP hard