پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

بهینه‌سازی مبادلات در بورس گل و گیاه با در نظر گرفتن شرکت آماد طرف سوم تحت شرایط عدم قطعیت

حسین محمدی دولت‌آبادی[۱]، مهدی غضنفری[۲*]، ابراهیم تیموری[۳]، میر سامان پیشوایی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
۲-استاد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
۲-دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
۳-استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۷ پذیرش: ۱۳۹۶/۷/۱

چکیده

در این مقاله، مسئله بورس گل و گیاه به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی در نظر گرفته می‌شود. ذی‌نفعان این مسئله عرضه‌کننده، خریدار، شرکت آماد طرف سوم، کارگزاران و سازمان بورس معاملات هستند. گل‌ها و گیاهان جزو محصولات تازه و محصولات تازه نیز به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از محصولات فسادپذیر شناخته می‌شوند. در این مقاله، دو مدل رقابتی استکلبرگ بین عرضه‌کننده محصولات و خریدار و همچنین بین خریدار و شرکت آماد طرف سوم ارائه می‌شود که در مدل اول، مقدار سفارش بهینه، قیمت عمده‌فروشی و قیمت خرده‌فروشی محصول به دست می‌آید و در مدل دوم نیز قیمت حمل بهینه توسط شرکت آماد طرف سوم محاسبه می‌شود. در پایان نیز یک مدل هماهنگ و یکپارچه ارائه می‌شود و نشان داده می‌شود که شرایط هماهنگی و یکپارچگی در مبادله گل و گیاه باعث می‌شود تا سود و مقدار سفارش بیشتر و همچنین قیمت خرده‌فروشی کمتری در کل زنجیره تأمین نسبت به حالت‌های رقابتی برای اعضای زنجیره به دست آید.

---

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: mehdi@iust.ac.ir

کلیدواژه‌ها: بورس گل و گیاه؛ بازی استکلبرگ؛ شرکت آماد طرف سوم؛ کارگزار؛ بورس معاملات.

۱- مقدمه

مبادلات محصولات تازه [1] مانند گل و گیاه، انواع میوه ها و سبزیجات در ایران همواره با محدودیت‌ها و دشواری‌های ساختاری روبرو بوده و بخش عمده‌ای از این مشکلات مربوط به عدم استفاده از ابزارهای نوین اقتصادی برای انجام مبادلات است. برخی از این محدودیت‌ها و دشواری‌ها عبارت‌اند از: ۱- فقدان یک نظام قیمت‌گذاری شفاف بر پایه تعادل میان عرضه و تقاضا و نیاز بازار؛ ۲- فقدان یک سیستم اجرایی و ناظر بر حسن انجام تعهدات طرفین معامله؛ ۳- فقدان یک سیستم جمع‌آوری، پردازش و تحلیل اطلاعات تولید.

ایران ازجمله کشورهایی است که در زمینه محصولات کشاورزی و تولیدات گیاهی ظرفیت بالقوه‌ای دارد. ایران دارای ۳۷ میلیون هکتار اراضی مستعد کشاورزی، ۹۰ میلیون هکتار مرتع، حدود ۱۲/۴ میلیون هکتار جنگل حفاظت‌شده و ۱۲ هزار نوع گونه مختلف گیاهی و حیوانی است. ایران در تولید ۱۵ محصول از ۲۵ محصول باغی جهانی رتبه اول را دارد و از نظر تنوع محصولات باغی، رتبه سوم جهان را داراست، اما از ۲۲ میلیون تن میوه تره‌بار تولیدی کشور فقط ۲ درصد آن صادر می‌شود. همچنین درحالی‌که کشورمان ازنظر تولید گل و گیاه در جایگاه ۱۷ جهان قرار دارد، در زمینه صادرات در رتبه ۱۰۷ قرارگرفته است [۱].

یکی از موارد مهم که باعث ایجاد نابسامانی در حوزه گل و گیاه شده است، نبود بورس گل و گیاه در کشور است که نقش زیادی در ساماندهی بازار داخلی و خارجی دارد. منظور از بورس گل و گیاه در این مقاله، یک بازار نظام مند [2] برای خریدوفروش گل‌ها و گیاهان زینتی است. به‌طورکلی، نظام‌مند کردن مبادلات باعث می‌شود تا معاملات سازمان‌یافته، قانونمند، قابل نظارت، شفاف، رقابتی و کم‌هزینه شود.

1. Fresh products
2. Organized market

هدف از این مقاله، مدل‌سازی مبادلات در بورس گل و گیاه به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی است. این مدل‌سازی کمک خواهد کرد تا ذی‌نفعان این مبادله شامل عرضه‌کننده، خریدار، شرکت آماد طرف سوم و کارگزار صاحب بورس، تصمیم‌گیری بهتر و دقیق‌تری نسبت به قیمت عمده‌فروشی، و خرده‌فروشی، میزان سفارش خرید و قیمت حمل‌ونقل داشته باشند. به‌طورکلی، موارد زیر را می‌توان به‌عنوان نوآوری‌های مهم این مقاله نام برد:

- مدل‌سازی مسئله بورس گل و گیاه به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی؛
- در نظر گرفتن هم‌زمان عرضه‌کننده، خریدار، شرکت آماد طرف سوم، کارگزاران و سازمان بورس معاملات در مدل‌سازی مسئله؛
- در نظر گرفتن تابع تقاضای وابسته به قیمت، تازگی محصول و همچنین فسادپذیری کیفی محصول در طول زمان.

ساختار این مقاله نیز بدین شکل است که در بخش ۲، ادبیات موجود درخصوص زنجیره تأمین رقابتی همراه با شرکت‌های آماد طرف سوم بحث می‌شود. در بخش ۳، مسئله بورس گل و گیاه تعریف شده و در بخش ۴، مدل‌سازی ریاضی همراه با ارائه مدل هماهنگ انجام می‌شود. بخش ۵ مربوط به مثال‌های عددی برای تشریح بهتر مدل است و درنهایت، نتایج و فرصت‌های مطالعاتی آتی در بخش ۶ بحث می‌شوند.

۲- پیشینه تحقیق

به‌طورکلی، مسئله مبادلات گل و گیاه در بورس، در حوزه مسائل زنجیره تأمین رقابتی قرار می‌گیرد؛ ازاین‌رو، در ادامه مقالات مرتبط با زنجیره تأمین رقابتی با در نظر گرفتن شرکت‌های آماد طرف سوم مرور می‌شوند. پژوهشگران مختلف موارد زیادی را به‌عنوان عامل رقابتی برای مشتریان در نظر گرفته‌اند. برای مثال، قیمت خرده‌فروشی محصول در تحقیق [۲] به‌عنوان عامل کلیدی در نظر گرفته‌شده است؛ مسافت نیز ازجمله موارد مهم دیگر است. زمانی که قیمت‌های خرده‌فروشی یکسان باشد، می‌توان از عامل مسافت به‌عنوان یک عامل مهم استفاده کرد [۳]. سطح سرویس نیز دیگر مشخصه رقابتی است [۴]. این سطح سرویس می‌تواند شامل تعداد مشتریانی که با کمبود کالا در یک سیستم موجودی مواجه شده‌اند یا تعداد مشتریانی که سفارش‌های آن‌ها در یک بازه زمانی تعیین‌شده و بدون تأخیر برآورده

شده است، باشد. به‌طور مرسوم، رقابت‌ها به سه دسته ایستا، پویا و رقابت با آینده‌نگری تقسیم می‌شوند [۵].

معمولاً، بازیکنانی که خود را در یک نوع بازی گرفتار می‌یابند، از طریق واکنش‌های عاطفی، آن را به نوع دیگری از بازی تبدیل می‌کنند. نظریه دراما[1] تلاش می‌کند تا نتایج احتمالی آن را پیش‌بینی کند. نظریه دراما برخلاف نظریه بازی‌ها که به دنبال پیدا کردن یک‌راه حل برای مسئله است، بر روی استخراج تناقضات و پیش‌بینی آن‌ها تأکید دارد [۶]. این نظریه تلاش می‌کند تا تشریح نماید که چگونه به یک فهم و دانش مشترک در مورد ترجیحات و راهبردها رسیده‌ایم [۷]. به‌طورکلی، نظریه بازی‌ها و مدل‌های موجود در آن مانند نش، استکلبرگ و... بر روی مدل و مسئله فیزیکی موجود تمرکز دارند اما نظریه درام بیشتر بر فرضیات و زیربنای هر اقدام تأکید می‌کند.

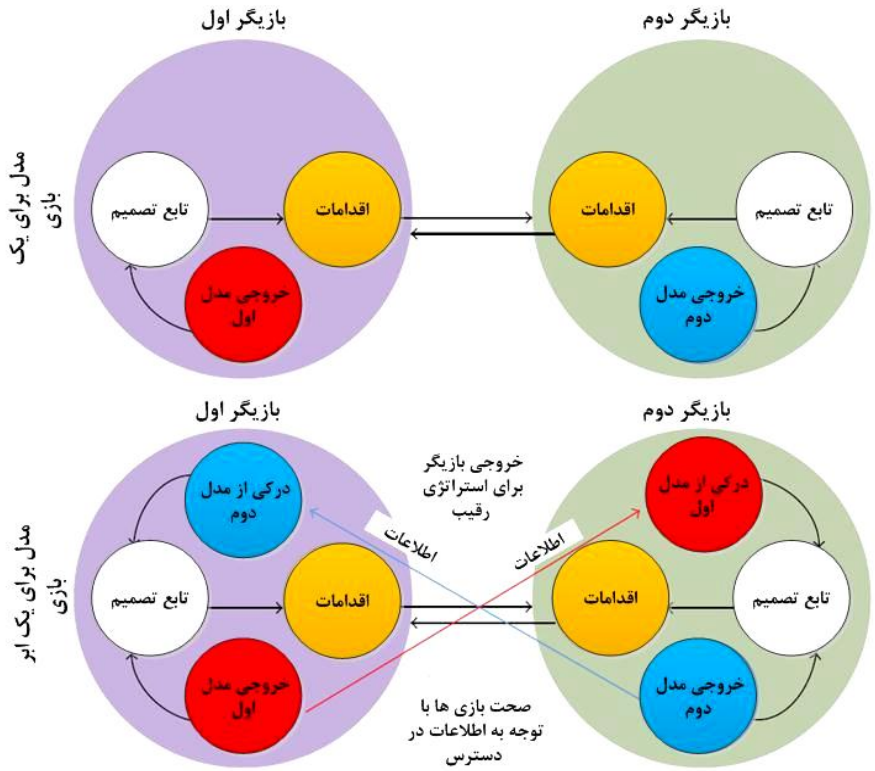
از طرف دیگر، دستیابی به راهبردهای محدود کار دشواری است و برخی بازیگرها قادر به شناسایی راهبردهای بهینه نیستند. در این هنگام، موضوع ابر بازی‌ها مطرح می‌شود. درواقع، ابر بازی‌ها حالت توسعه‌یافته‌ای از نظریه بازی‌هاست که به بازیگر اجازه می‌دهد تا ترجیحات بیشتری را از طریق حذف رقبا از فضای جواب به دست آورد [۸]. شکل ۱ مقایسه نظریه بازی‌ها و ابر بازی‌ها را نشان می‌دهد.

از طرف دیگر، موضوعی که عدم قطعیت‌ها را افزایش و مدل‌سازی زنجیره تأمین را پیچیده می‌سازد، فسادپذیری محصولات تازه است؛ برای مثال، در یک زنجیره تأمین، تقاضا، سطح خدمات، قیمت و... می‌تواند به‌تازگی محصول بستگی داشته باشد [۱۰, ۱۱].

در سال‌های اخیر، تحقیقات مختلفی در زنجیره تأمین فسادپذیر انجام‌شده است. توکلی مقدم و همکاران (۱۳۹۲) نقش وفاداری مشتریان را با استفاده از برگشت محصولات دریک زنجیره تأمین فسادپذیر در نظر گرفتند [۱۲]. همچنین آذر و همکاران (۱۳۹۴) یک مدل دومرحله‌ای ارائه دادند که در مرحله اول به سنجش تأمین‌کنندگان می‌پرداخت و در مرحله دوم به تخصیص انواع کالاها با توجه به نتایج مرحله اول می‌پرداخت [۱۳]. علاوه بر این، فخرآبادی و همکاران (۱۳۹۵)، یک زنجیره

1. Drama Theory

تأمین سه سطحی تأمین کننده-تولیدکننده-چندخرده‌فروش را برای یافتن قیمت بهینه محصول و دوره جایگزینی موجودی توسعه دادند [۱۴].



شکل ۱ مقایسه نظریه بازی‌ها و ابر بازی‌ها (هایپرگیم[1]) [۹]

در حوزه زنجیره تأمین محصولات تازه، ژیاو[2] و همکاران (۲۰۰۸) یک مدل بهینه‌سازی هماهنگ را با در نظر گرفتن حمل‌ونقل در مسافت‌های طولانی ارائه کردند. آن‌ها از یک مکانیزم تسهیم هزینه برای مدل‌سازی بهره بردند [۱۵]. چن[3] و همکاران (۲۰۱۰) زنجیره تأمینی شامل یک عرضه‌کننده و یک خرده‌فروش را در دو مدل

1. Hypergame
2. Xiao
3. Chen

کششی و فشاری توسعه دادند [۱۶]. سای[1] و همکاران (۲۰۱۳) ساختاری درخصوص زنجیره تأمین را مطالعه کردند که در آن تولیدکننده یک محصول فسادپذیر (چه ازلحاظ کیفی و چه ازلحاظ کمی) را عرضه و خریدار محصول را بعد از بسته‌بندی به فروش می‌رساند [۱۷].

فعالیت هایی نیز در زمینه اختلال تقاضا در هر مرحله از زنجیره موردبررسی قرارگرفته است. به‌عنوان مثال، ژو۲ (۲۰۱۵) اختلال در تقاضا را در ساختار یک عرضه‌کننده-چند خریدار بررسی کرد [۱۸]. ماسون۳ و همکاران (۲۰۱۵) نیز نقش اطلاعات غیرمتقارن را در زنجیره تأمین کالاهای فسادپذیر بررسی کردند [۱۹]. چانگ۴ پویایی‌های کنترل موجودی در مراکز تولید و توزیع را در یک افق زمانی محدود مورد ارزیابی قرارداد [۲۰] و همچنین لی۵ یک سیاست سفارش خرده‌فروش بر مبنای قرارداد تعهدی را برای کالاهای فصلی ارائه کرد [۲۱]. علاوه بر موضوعات مطرح‌شده، حمل‌ونقل محصولات تازه به دلیل طبیعت بسیار فسادپذیر آن‌ها، موضوع مهمی است؛ ازاین‌رو، در دنیا از شرکت‌های آماد طرف سوم بدین منظور و برای حمل‌ونقل تخصصی استفاده می‌شود [۲۲]. فعالیت‌های این شرکت‌ها در دو حوزه اجرایی و مدیریتی تقسیم می‌شوند و می‌تواند شامل مدیریت موجودی، حمل‌ونقل و مدیریت آن، پیگیری و صحت‌سنجی، مونتاژهای ثانویه و نصب تولیدات و حتی مدیریت زنجیره تأمین باشند [۲۳].

موضوع مهم دیگری که در این مقاله موردبررسی قرار می‌گیرد، هماهنگی و همکاری در بین بازیگران یک زنجیره تأمین است. کرواتو[6] و همکاران (۲۰۱۶) تصریح کردند که هماهنگی در زنجیره تأمین محصولات تازه، می‌تواند در حدود ۲۵ درصد هزینه‌های حمل و در حدود ۳۰ درصد میزان فروش را افزایش دهد [۲۴]. کرزویا[7] و همکاران (۲۰۱۶) نیز نقش همکاری در کیفیت مواد غذایی و مدیریت اطمینان در زنجیره محصولات تازه را بررسی کردند [۲۵].

---

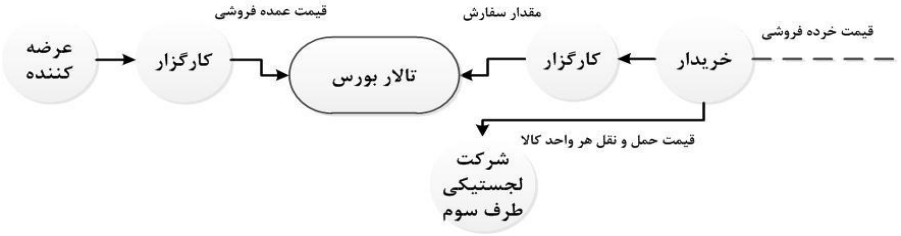
1. Cai
2. Zhou
3. Mason
4. Chung
5. Li
6. Crovato
7. Kirezieva

با مرور ادبیات انجام‌شده، این موضوع استخراج می‌شود که عمده پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه زنجیره تأمین رقابتی برای کالاهای فسادپذیر، فقط تولیدکننده‌ها و خریداران محصولات را در نظر گرفته‌اند؛ درصورتی‌که همواره در معاملات، واسطه‌ها و تسهیل‌کنندگان مبادلات نقش تأثیرگذاری در انجام یک مبادله دارند. علاوه بر این، ارائه چارچوبی که در آن هم‌زمان قیمت خرده‌فروشی، عمده‌فروشی، مقدار سفارش و قیمت حمل مشخص شوند، تاکنون موردتوجه نبوده است. موضوع مهم دیگر تأثیر تازگی محصول بر تقاضای بازار است؛ طوری که در محصولات تازه مانند گل و گیاه، تقاضای بازار به‌شدت وابسته به‌تازگی محصول و همچنین تازگی محصول به حمل توسط شرکت آماد طرف سوم بستگی دارد.

ازاین‌رو، در این مقاله، چارچوبی بر مبنای مدل استکلبرگ ارائه می‌شود که در آن علاوه بر عرضه‌کننده و خریدار محصولات تازه، نقش کارگزاران و صاحب بورس معاملات به‌عنوان تسهیل‌کنندگان مبادلات در کنار شرکت آماد طرف سوم که وظیفه حمل محصول را دارند، در مدل‌سازی در نظر گرفته می‌شوند. در این چارچوب، تقاضا به قیمت و تازگی محصولات در زمان رسیدن به بازار مصرف وابسته است. همچنین یک مدل هماهنگ بورس معاملات، به‌عنوان سیستمی یکپارچه در شرایطی که اعضای زنجیره تأمین تشویق به همکاری می‌شوند، ارائه می‌شود.

۳- بیان مسئله

مکانیزم مبادلات در بورس گل و گیاه بدین‌صورت است که نمونه‌ای از محصولات، شامل گل و گیاه زینتی، در بورس عرضه می‌شود. عرضه‌کنندگان بایستی قیمت عمده فروشی را مشخص کنند. خریداران نیز قیمت و مقدار خرید پیشنهادی خود را ثبت می‌کنند و معامله از بالاترین قیمت پیشنهادی صورت می‌گیرد. در این میان، قیمت و مقدار ثبت‌شده توسط خریدار به قیمت حمل کالا نیز که توسط شرکت آماد طرف سوم ارائه می‌شود، بستگی دارد؛ ازاین‌رو، استخراج قیمت حمل هر کالا نیز در انجام معامله بسیار تأثیرگذار است. همچنین بعد از انجام معامله نیز، به ترتیب، کارگزاران و سازمان بورس معاملات درصدی از کل ارزش معامله را به‌عنوان کمیسیون دریافت می‌کنند. مدل مفهومی مسئله در شکل ۲ قابل‌مشاهده است.



شکل ۲ مدل مفهومی مسئله بورس گل و گیاه

در مدل‌های ارائه‌شده برای بورس گل و گیاه، دو بار تعادل استکلبرگ شکل خواهد گرفت. قرارداد خرید نیز به نحوی است که در آن مسئولیت حمل تا مقصد بر عهده عرضه‌کننده و از طریق شرکت آماد طرف سوم انجام می‌شود. هرگونه معامله‌ای در بورس از طریق کارگزاران رسمی صورت می‌گیرد. این کارگزاران ابتدا به عرضه‌کننده گل و گیاه در بورس مشورت می‌دهد تا قیمت عمده‌فروشی واقعی‌تری را ثبت کند. از طرفی دیگر به خریدار نیز در مورد میزان سفارش کمک می‌کنند. به‌طور مرسوم نیز برای هر معامله هزینه معینی از طرفین معامله دریافت می‌کنند. صاحب بورس نیز به دلیل فراهم کردن محیطی مطمئن برای معاملات، هزینه‌ای را از طرفین پس از انجام معامله دریافت می‌کند.

۴- مدل‌سازی

فرض کنید هزینه تولید یک واحد محصول از سوی تولیدکننده، c_1 باشد و محصول در زمان بارگیری در مبدأ کاملاً تازه باشد -مدت تازه ماندن به طبیعت محصول و همچنین به نحوه انتقال آن توسط شرکت آماد طرف سوم بستگی دارد. بعد از شروع حمل، محصول شروع به فاسدشدن با سرعت معینی می‌کند. این فاسدشدن بر روی کیفیت محصول اثر دارد. به‌طور مشخص، نوع فسادپذیری بیان‌شده را با در نظر گرفتن وابستگی زمانی مدل‌سازی خواهیم کرد. در تابع $\gamma(t)$ برحسب t که در بازه [0,1] به‌عنوان شاخص تازگی محصول تعریف می‌شود: اگر محصول تازه باشد، $\gamma(t)=1$ و در غیر این صورت، $0 \le \gamma(t) < 1$. توابع زیادی برای مدل‌سازی تقاضا در ادبیات وجود دارد [۲۶, ۲۷]. در این مقاله، تقاضای بازار برای محصول که به سطح تازگی و قیمت خرده‌فروشی خریدار بستگی دارد به شکل زیر ارائه می‌شود:

$$D(p,F) = y_0 F(t,\varepsilon_1) p^{-e} \varepsilon_2, \qquad e > 1 \tag{۱}$$

به‌طوری‌که y_0 مقدار ثابت، e کشسانی قیمت، ε_1 متغیر تصادفی اثرگذار بر سطح تازگی و ε_2 متغیر تصادفی بوده و نشان‌دهنده تلاطم در تقاضای بازار است و همچنین $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \in (0,1)$ هستند. g(x) و G(x) و همچنین f(x) و F(x) به ترتیب، توابع توزیع چگالی و توزیع تجمعی برای متغیر ε_1 و ε_2 هستند. توجه داشته باشید که اگر $F(t, \varepsilon_1)=1$ باشد، به این معناست که محصول فسادپذیر نیست. در اینجا، پارامتر F را برای نشان دادن تأثیر میزان تازگی محصول در تابع تقاضا وارد کردیم. محصولات تازه نسبت به قیمت با کشش هستند؛ یعنی در محصولاتی مثل گل و گیاه، اگر قیمت یک درصد افزایش یابد، تقاضا بیشتر از یک درصد کاهش می‌یابد. T را زمان حمل در نظر می‌گیریم که فرض می‌شود متغیر تصادفی بوده و در بازه [a,b] توزیع‌شده است و همچنین دارای CDF و PDF، به ترتیب، G(t) و g(t) است. زمانی که a=b برقرار باشد، مدل تبدیل به حالت خاص بازمان حمل قطعی و ثابت می‌شود. سایر نمادها در ادامه قابل‌مشاهده است.

T	زمان حمل‌ونقل که در بازه $t \in [t^l, t^u]$ توزیع‌شده با توابع چگالی و تجمعی G(t) و g(t)
t	زمان واقعی حمل که در بازه‌ی فوق قرار دارد
$\gamma(t)$	تازگی محصول در زمان t
ε_1	متغیر تصادفی تأثیرگذار بر سطح تازگی محصول با تابع CDF و PDF و به شکل g(x),G(x)
ε_2	متغیر تصادفی نوسانات تقاضا با تابع CDF و PDF و به شکل f(x) و F(x)
c_0	هزینه پایه حمل هر واحد محصول توسط شرکت آماد طرف سوم
c_1	هزینه تولید هر واحد محصول توسط عرضه‌کننده
y_0	اندازه بالقوه بازار
e	کشش قیمتی تقاضا
c_3	کارمزد بورس برای عرضه‌کننده
c_4	کارمزد بورس برای خریدار
c_5	کارمزد کارگزار برای عرضه‌کننده و خریدار
c_2	قیمت حمل‌ونقل هر واحد محصول توسط شرکت آماد طرف سوم
q	تعداد سفارش خرید
m	قیمت عمده‌فروشی عرضه‌کننده

p قیمت خرده‌فروشی خریدار
q_i تعداد محصول حمل شده در سیستم هماهنگ
p_i قیمت خرده‌فروشی در سیستم هماهنگ
EP_b تابع سود انتظاری خریدار
EP_s تابع سود انتظاری عرضه‌کننده
EP_l تابع سود انتظاری شرکت آماد طرف سوم
EP_i سود انتظاری کل زنجیره در سیستم هماهنگ

ابتدا بایستی متغیرهای تصمیم خریدار با توجه به تقاضای محقق شده مشخص شود و سپس متغیرهای تصمیم عرضه‌کننده مشخص شود. در این قسمت، خریدار به‌عنوان یک پیرو بایستی میزان سفارش خود را با توجه به قیمت عمده‌فروشی عرضه‌کننده مشخص کند. برای خریدار تابع هدف زیر تعریف می‌شود:

$$EP_b = p\left[\min(q, D(p, F(t,\varepsilon_1))\varepsilon_2)\right] - mq - c_2 q - c_4 - c_5 \quad (۲)$$

به دست آوردن تابع بالا می‌تواند از طریق عامل انبارش که توسط پتزوری و دادا ارائه‌شده است، انجام شود [۲۸]. این عامل انبارش را به‌مانند رابطه (۳) تعریف می‌کنیم.

$$w = q/[y_0 p^{-e}\gamma(\mathrm{t})\varepsilon_1] \quad (۳)$$

همچنین می‌توان با یک عملیات ساده ریاضی، قیمت خرده‌فروش را بر اساس عامل انبارش به شکل زیر تعریف کرد:

$$p = (wy_0\gamma(\mathrm{t})\varepsilon_1/q)^{1/e} \quad (۴)$$

کافی است رابطه (۴) را در رابطه (۲) قرار دهیم. در این صورت تابع هدف خریدار به‌صورت زیر بازنویسی می‌شود:

$$EP_b = \left(wy_0\gamma(t)\varepsilon_1\right)^{\frac{1}{e}}(q)^{1-\frac{1}{e}}\left(1-\int_0^{w_0}\frac{x}{w_0}(e-1)+1\right)f(x)dx-(m+c_2)q-c_4-c_5 \quad (۵)$$

که در آن w_0 عامل بهینه انبارش است و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$(e-1)\int_0^{w_0} xf(x)dx = w_0\left[1-F(w_0)\right] \quad (۶)$$

حال رابطه (۶) را در رابطه (۴) جایگذاری می‌کنیم تا قیمت خرده‌فروشی به دست آید.

$$P^* = \left(\frac{w_0 y_0 \gamma(t)\varepsilon_1}{q}\right)^{\frac{1}{e}} \quad (۷)$$

از طرف دیگر، میزان تازگی محصول با قیمت خرده‌فروشی، رابطه مستقیم دارد؛ یعنی هرچه این محصول تازه‌تر باشد، درنتیجه، قیمت خرده‌فروشی محصول نیز با توجه به کیفیت بالای محصول در بازار نهایی افزایش می‌یابد. توجه شود که بیشترین قیمت محصول زمانی خواهد شد که محصول فسادپذیر نباشد یعنی *γ(t)=1*. فرض کنید که گل و گیاه به بازار هدف رسیده و مقدار ε_1 مشخص‌شده است، آنگاه امید ریاضی سود خریدار عبارت است از:

$$EP_b = E_{\varepsilon_1}[EP_b] = (w_0 y_0)^{\frac{1}{e}}(1-F(w_0)E\left[\varepsilon_1^{\frac{1}{e}}\right]\gamma(t)^{\frac{1}{e}}q^{1-\frac{1}{e}}\frac{e}{e-1}-(m+c_2)q-c_4-c_5 \quad (۸)$$

اگر داشته باشیم:

$$S_0 = (w_0 y_0)^{\frac{1}{e}}(1-F(w_0)E\left[\varepsilon_1^{\frac{1}{e}}\right]$$

آنگاه رابطه (۸) را می‌توان به شکل ساده‌تر رابطه (۹) بازنویسی کرد.

$$EP_b = S_0\gamma(t)^{\frac{1}{e}}q^{1-\frac{1}{e}}\frac{e}{e-1}-(m+c_2)q-c_4-c_5 \quad (۹)$$

برای اینکه مقدار سفارش بهینه را محاسبه کنیم کافی است تا مشتق اول رابطه (۸) را نسبت به مقدار سفارش به دست آوریم (توجه شود که طبق رابطه (۱۱) مشتق دوم رابطه (۹) منفی است و درنتیجه، تابع سود انتظاری خریدار مقعر است).

$$\frac{dEP_b}{dq} = \frac{e}{e-1} S_0 \gamma(t)^{\frac{1}{e}} (1 - \frac{1}{e}) q^{-\frac{1}{e}} - (m + c_2), \quad (۱۰)$$

$$\frac{d^2 EP_b}{dq^2} = -\frac{1}{e}\frac{e}{e-1} S_0 \gamma(t)^{\frac{1}{e}} (1 - \frac{1}{e}) q^{-\frac{1}{e}-1}, \quad (۱۱)$$

با قرار دادن رابطه (۱۰) برابر با صفر، می‌توان سفارش بهینه را طبق رابطه (۱۲) محاسبه کرد.

$$q^* = \gamma(t) \left[\frac{S_0}{m + c_2} \right]^e \quad (۱۲)$$

با توجه به رابطه (۱۲) می‌توان دریافت که هر چه میزان قیمت حمل افزایش یابد، مقدار کمتری سفارش صادر می‌شود. از طرف دیگر، این تحلیل که هر چه محصول فسادپذیر است بایستی بیشتر سفارش خرید صادر شود، اشتباه است؛ یعنی این فسادپذیری ($\gamma(t) \leq 1$) باعث خواهد شد تا سفارش خرید کمتری صادر شود. برای تحلیل بهتر نتایج به دنبال یافتن رابطه قیمت خرده‌فروشی و عمده‌فروشی هستیم؛ چراکه خریدار، به‌عنوان پیرو، بعد از دیدن قیمت عمده‌فروشی بایستی میزان سفارش خرید خود را اعلام و سپس قیمت خرده‌فروشی خود را تعیین کند. با جایگذاری مقدار سفارش بهینه (۱۲) در رابطه (۷) داریم:

$$P^* = \left(\frac{w_0 y_0 \gamma(t) \varepsilon_1}{q^*} \right)^{\frac{1}{e}} == \frac{m + c_2}{1 - F(w_0)} \quad (۱۳)$$

طبق این رابطه، هرچه قیمت عمده‌فروشی افزایش یابد، قیمت خرده‌فروشی نیز افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین اگر قیمت هر واحد حمل نیز افزایش یابد، به‌طور

منطقی تأثیر مستقیمی بر روی قیمت خرده‌فروشی دارد. حال بایستی تصمیمات بهینه عرضه‌کننده، به‌عنوان یک رهبر، بررسی شود. توجه شود که مقدار سفارش خریدار می‌تواند توسط عرضه‌کننده پیش‌بینی شود. درواقع، مزیتی که عرضه‌کننده به‌عنوان یک رهبر در یک بازی استکلبرگ دارد، همین موضوع است. در ادامه، تابع هدف عرضه‌کننده بدین‌صورت تعریف می‌شود:

$$EP_s = (m - c_1)q^*(m) - c_3 - c_5 \qquad (۱۴)$$

تابع هدف عرضه‌کننده تابعی از مقدار سفارش خرید است. همان‌طور که توضیح داده شد عرضه‌کننده به‌عنوان یک رهبر می‌تواند مقدار سفارش خریدار را پیش‌بینی کند. سفارش خرید خریدار نیز تابعی از قیمت عمده‌فروشی است. پس عرضه‌کننده باید تابعی را بیشینه کند که به متغیرهای خود بستگی دارد. با قرار دادن مقدار بهینه سفارش (۱۲) در رابطه (۱۴) داریم:

$$EP_s = (m - c_1)\gamma(t)\left[\frac{S_0}{(m + c_2)}\right]^e \qquad (۱۵)$$

اگر ثابت کنیم که مشتق مرتبه دوم رابطه (۱۵) منفی است، آنگاه برای به دست آوردن قیمت عمده‌فروشی بهینه کافی است از رابطه (۱۵) مشتق مرتبه اول بگیریم و برابر با صفر قرار دهیم. بدین منظور روابط (۱۶) و (۱۷) را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{dEP_s}{dm} = \gamma(t)\left[\frac{S_0^e}{(c_2 + m)^e}\right] + \gamma(t)\, S_0^e\left[\frac{-e(m + c_2)}{c_2 + m}\right](m - c_1) = 0 \qquad (۱۶)$$

$$\frac{d^2EP_s}{dm^2} = -4e(m - c_1)\gamma(t)\left[\frac{S_0}{c_2 + m}\right]^{e-2}\left[\frac{S_0}{(c_2 + m)^2}\right]^{e-3} + 2e\gamma(t)\left[\frac{S_0}{c_2 + m}\right]^{e-1}\left[-\frac{S_0}{(c_2 + m)^2}\right] \qquad (۱۷)$$

درنهایت، با حل رابطه (۱۶) نسبت به قیمت عمده‌فروشی داریم:

$$m^* = \frac{c_2 + ec_1}{e-1} \qquad (۱۸)$$

قیمت عمده‌فروشی بهینه توسط عمده‌فروش مشخص، طبق رابطه (۱۸) معین می‌شود. سپس این قیمت بهینه را در رابطه (۱۲) قرار می‌دهیم تا مقدار سفارش خرید بهینه استخراج شود.

دومین بازی استکلبرگ میان خریدار و شرکت آماد طرف سوم شکل می‌گیرد. در این قسمت نیز شرکت آماد طرف سوم نقش رهبر را بازی می‌کند؛ چراکه میزان سفارش (میزان حمل) خریدار تابعی از قیمت حمل شرکت آماد طرف سوم است. مجدد رابطه ۲ تا ۱۲ را تکرار می‌کنیم تا درنهایت به مقدار سفارش خرید خریدار برسیم. بر اساس مبانی مدل‌سازی بازی استکلبرگ، شرکت آماد طرف سوم به‌عنوان یک رهبر می‌تواند تابع هدف خود را بر اساس میزان سفارشی که از طرف خریدار با توجه به رابطه (۱۲) قابل پیش‌بینی است، مدل‌سازی کند. تابع سود انتظاری شرکت آماد طرف سوم عبارت است از:

$$EP_l = (c_2 - c_0)q^* = (c_2 - c_0)\gamma(\mathrm{t})\left[\frac{S_0}{c_2+m}\right]^e \qquad (۱۹)$$

ازاین‌رو، مشتق‌های جزئی مرتبه اول و دوم رابطه (۱۹) را طبق رابطه‌های (۲۰) و (۲۱) به دست می‌آوریم:

$$\frac{dEP_l}{dc_2} = 1 * (\gamma(\mathrm{t})(\frac{S_0^e}{(c_2+m)^e}) - \gamma(\mathrm{t})\, S_0^e (\frac{e(c_2+m)^{e-1}}{(c_2+m)^{2e}})(c_2 - c_0) = 0 \qquad (۲۰)$$

$$\frac{d^2EP_l}{dc_2^2} = -2e\gamma(\mathrm{t})\left[\frac{S_0}{c_2+m}\right]^{e-1}\left[\frac{S_0}{(c_2+m)^2}\right] - 2e(c_2-c_0)\gamma(\mathrm{t})\left[\frac{S_0}{c_2+m}\right]^{e-2}\left[\frac{S_0}{(c_2+m)^2}\right]^{e-3}, \qquad (۲۱)$$

با توجه به مثبت بودن پارامترهای e، y_0 و این‌که همواره $c_2 \succ c_0$، می‌توان گفت تابع هدف شرکت آماد طرف سوم همواره مقعر است؛ پس برای محاسبه قیمت بهینه حمل داریم:

$$c_2^* = \frac{m + ec_0}{e - 1} \qquad (۲۲)$$

قیمت حمل هر واحد محصول به قیمت عمده آن، هزینه پایه حمل و کشش قیمتی بستگی دارد. اکنون خریدار به‌عنوان یک پیرو می‌تواند مقدار بهینه سفارش خرید خود را با جایگذاری رابطه (۲۲) در رابطه (۱۲) به دست آورد.

۴-۱- توابع هدف بهینه ذی‌نفعان

تابع هدف بهینه خریدار: برای به دست آوردن تابع هدف خریدار بایستی میزان سفارش بهینه از رابطه (۱۲) در رابطه (۹) قرار داده شود؛ ازاین‌رو خواهیم داشت:

$$EP_b(q^*(m^*)) = \frac{e}{e-1} S_0 \gamma(t)^{\frac{1}{e}} q^{*1-\frac{1}{e}} - (m + c_2)q^* - c_4 - c_5 = \frac{1}{e-1} \frac{\gamma(t) S_0^{\,e}}{(m + c_2)^{e-1}} - c_4 - c_5 \qquad (۲۳)$$

تابع هدف بهینه عرضه‌کننده: کافی است قیمت عمده بهینه و مقدار سفارش بهینه را بر اساس تابعی از قیمت عمده‌فروشی، در رابطه (۱۴) جایگذاری کنیم؛ در این صورت خواهیم داشت:

$$EP_s(m^*, q^*(m^*)) = (m^* - c_1)q^*(m^*) - c_3 - c_5 = \left(\frac{c_2 + ec_1}{e-1} - c_1\right)\gamma(t)\left(\frac{S_0}{\frac{c_2 + ec_1}{e-1} + c_2}\right)^e - c_3 - c_5 = \left(\frac{e-1}{e}\right)^e \frac{S_0^{\,e}}{e-1} \frac{\gamma(t)}{(c_1 + c_2)^{e-1}} - c_3 - c_5 \qquad (۲۴)$$

تابع هدف بهینه شرکت آماد طرف سوم: کافی است مقدار قیمت حمل بهینه و مقدار سفارش بهینه را در رابطه (۱۹) جایگذاری کنیم؛ در این صورت خواهیم داشت:

$$EP_l(c_2^*, q^*(c_2^*)) = (c_2^* - c_0)q^*(c_2) = \left(\frac{e-1}{e}\right)^e \frac{S_0^{\,e}}{e-1} \frac{\gamma(t)}{(c_0 + m)^{e-1}} \qquad (۲۵)$$

۴-۲- مدل هماهنگ برای مسئله

کنترل یکپارچه زنجیره تأمین، هماهنگی زنجیره تأمین را تضمین می‌کند. در بورس گل و گیاه نیز مدل هماهنگ ارائه می‌شود تا مقایسه‌ای بین زنجیره تأمین هماهنگ و رقابتی صورت پذیرد:

$$EP_i = p_i\left[\min(q_i, D(p_i, F(t,\varepsilon_1))\varepsilon_2\right] - (c_1 - c_0)q_i - c_3 - c_4 - 2c_5. \quad (۲۶)$$

از مدل‌بالا می‌توان دریافت که متغیرهای تصمیم در سیستم هماهنگ شامل قیمت خرده‌فروشی و مقدار سفارش می باشند. رابطه (۲۶) نیز شبیه رابطه (۲) تحلیل می‌شود. با پیمودن روند یکسان خواهیم داشت:

$$P_i^* = \left(\frac{w_0 y_0 \gamma(t)\varepsilon_1}{q_i}\right)^{\frac{1}{e}} \quad (۲۷)$$

همچنین برای سفارش بهینه بمانند فرآیند طی شده در رابطه (۹)، خواهیم داشت:

$$q_i^* = \gamma(t)\left[\frac{S_0}{(c_0 + c_1)}\right]^e \quad (۲۸)$$

برای تحلیل بهتر نتایج به دنبال یافتن رابطه قیمت خرده‌فروشی و عمده‌فروشی در حالت هماهنگ هستیم. ازاین‌رو کافی است رابطه (۲۸) را در رابطه (۲۷) جایگذاری کنیم. آنگاه خواهیم داشت:

$$P^* = \left(\frac{w_0 y_0 \gamma(t)\varepsilon_1}{q^*}\right)^{\frac{1}{e}} == \frac{c_0 + c_1}{1 - F(w_0)} \quad (۲۹)$$

با رجوع به رابطه (۲۷) درمی‌یابیم که $p_i \le p$. همان‌طور که در رابطه (۲۸) مشاهده می‌شود، $(c_0 + c_1)$ جایگزین $(m + c_2)$ می‌شود. واضح است که رابطه $(m + c_2) \ge (c_0 + c_1)$ برقراراست. پس همواره $q_i \ge q$ برقرار است؛ یعنی در حالت یکپارچه، سفارش بیشتری را خواهیم داشت. برای به دست آوردن تابع هدف بهینه در حالت یکپارچه نیز بایستی مقادیر بهینه را در تابع هدف آن قرار دهیم؛ ازاین‌رو، مانند رابطه (۲۳) خواهیم داشت:

$$EP_i = \frac{S_0^{\,e}}{e-1}\frac{\gamma(t)}{(c_0 + c_1)^{e-1}} - c_3 - c_4 - 2c_5 \quad (۳۰)$$

۴-۳- مقایسه مدل هماهنگ و رقابتی

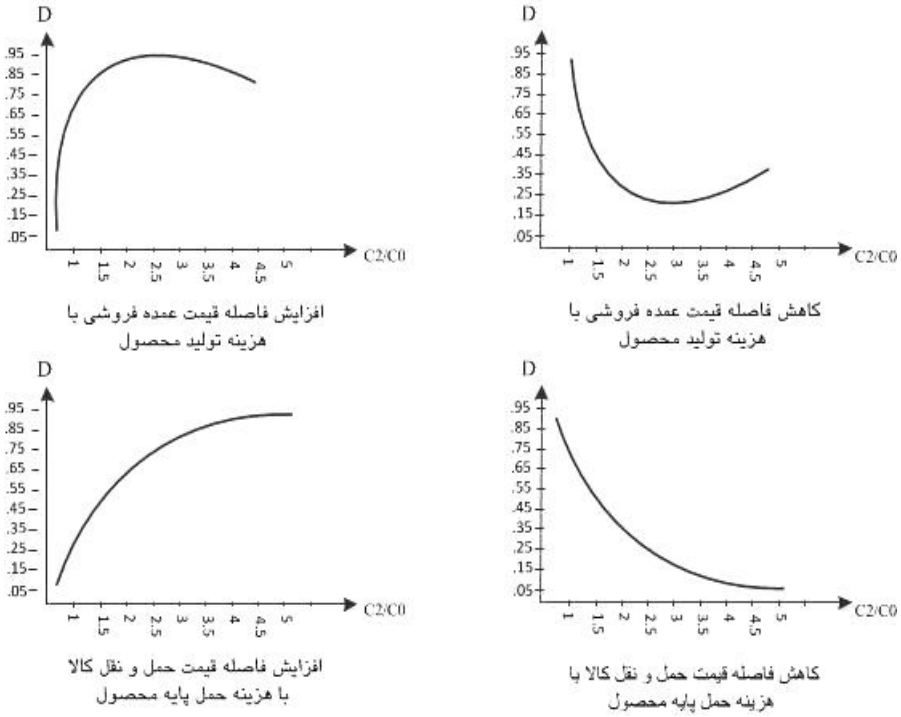
در این قسمت، متغیری به‌عنوان ضرر نسبی (D) تعریف می‌کنیم. برای سادگی تحلیل‌ها از هزینه‌های ثابت مانند هزینه‌های بورس، کارگزاری و... صرف‌نظر می‌کنیم. در این صورت، میزان ضرر نسبی برابر است با:

$$D = 1 - \frac{EP_b^* + EP_s^* + EP_l^*}{EP_i^*} = 1 - \left(\frac{EP_b^*}{EP_i^*}\right) - \left(\frac{EP_s^*}{EP_i^*}\right) - \left(\frac{EP_l^*}{EP_i^*}\right)$$
$$= 1 - \frac{\frac{1}{e-1}\frac{\gamma(t)S_0^{\,e}}{(m_1+c_2)^{e-1}}}{\frac{S_0^{\,e}}{e-1}\frac{\gamma(t)}{(c_0+c_1)^{e-1}}} - \frac{\left(\frac{e-1}{e}\right)^e \frac{S_0^{\,e}}{e-1}\frac{\gamma(t)}{(c_1+c_2)^{e-1}}}{\frac{S_0^{\,e}}{e-1}\frac{\gamma(t)}{(c_0+c_1)^{e-1}}} - \frac{\left(\frac{e-1}{e}\right)^e \frac{S_0^{\,e}}{e-1}\frac{\gamma(t)}{(c_0+m_1)^{e-1}}}{\frac{S_0^{\,e}}{e-1}\frac{\gamma(t)}{(c_0+c_1)^{e-1}}}. \qquad (۳۱)$$

در مقدار ثابتی برای e، هر چه رقابت در زنجیره تأمین شدت بگیرد، فاصله قیمت حمل شرکت آماد طرف سوم از مقدار هزینه پایه حمل بیشتر خواهد شد؛ یعنی مقدار ضرر نسبی به سمت یک میل خواهد کرد. از طرف دیگر، هرچه میزان هماهنگی بیشتر شود، فاصله قیمت حمل شرکت آماد طرف سوم از مقدار هزینه پایه محصول کمتر خواهد شد؛ یعنی مقدار ضرر نسبی به سمت صفر میل خواهد کرد. در مورد قیمت عمده‌فروشی و هزینه تولید محصول نیز ضرر نسبی ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد و بالعکس؛ یعنی هرچه فاصله بین قیمت عمده‌فروشی و هزینه تولید محصول افزایش می‌یابد، ابتدا ضرر نسبی صعودی و سپس نزولی می‌شود. شکل ۳ ضرر نسبی بین زنجیره تأمین هماهنگ و رقابتی را نشان می‌دهد.

به‌طورکلی در یک زنجیره رقابتی، اعضای زنجیره تصمیمات حوزه خود را بدون در نظر گرفتن تأثیرشان بر عملکرد سایر اعضای زنجیره بهینه می‌نمایند؛ بنابراین، یک مکانیزم هماهنگی برای انگیزه بخشیدن به اعضای زنجیره جهت ایجاد هماهنگی در کل زنجیره موردنیاز و ضروری است. در دهه حاضر، تلاش‌های بسیاری برای هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین‌های غیرمتمرکز و غیریکپارچه با استفاده از قراردادها صورت گرفته است. بکارگیری قراردادها در زنجیره تأمین، یک روش رایج برای هماهنگی هستند. در طراحی مکانیزم هماهنگی، تقسیم ریسک و تقسیم درآمد را خواهیم داشت. بنابراین، بسیار واضح است که در یک زنجیره تأمین رقابتی، ریسک عرضه محصول و عدم قطعیت در تقاضای

بازار باعث فساد محصولات خواهند شد [۲۹]؛ پس لازم است قراردادی تهیه شود که خرده‌فروش سفارش بیشتری را صادر کند و تضمین تأمین محصول در زمان مناسب توسط شرکت آماد طرف سوم انجام شود.



شکل۳ تحلیل پارامتری ضرر نسبی در حالت هماهنگ و رقابتی

۵- مثال‌های عددی

برای توصیف بهتر مدل از داده‌های بورس گل گیاه مازندران استفاده‌شده است. زمان حمل‌ونقل متغیر تصادفی یکنواخت را بین ۵ تا ۱۰ ساعت تعریف می‌کنیم و متغیر اثرگذار بر سطح تازگی محصول را به‌صورت یکنواخت بین ۰ تا ۱ تعریف می‌کنیم. کشش قیمتی تقاضا را ۳ در نظر گرفته و متغیر تصادفی تقاضا را نیز به‌صورت یکنواخت بین ۰ تا ۱ تعریف می‌کنیم. اندازه بازار نیز برابر با ۵۰۰۰۰۰ در نظر گرفته می‌شود [۳۰]. هزینه پایه حمل‌ونقل توسط شرکت آماد طرف سوم، هزینه تولید هر

واحد، قیمت حمل هر محصول و قیمت عمده‌فروشی در مدل‌های مرتبط آورده شده است. کارمزد معاملات در جدول ۱ قابل‌مشاهده است.

جدول ۱ کارمزد کالاهای گروه کشاورزی

عنوان	سهم خریدار	سهم فروشنده
سازمان بورس	۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۰۰۴۸
کارگزار	۰/۰۰۲۲۵	۰/۰۰۲۲۵

در مدل اول، متغیرهای تصمیم شامل قیمت عمده‌فروشی، قیمت خرده‌فروشی و مقدار سفارش توسط خریدار در جدول ۲ محاسبه شده‌اند. دومین بازی استکلبرگ میان خریدار و شرکت آماد شکل می‌گیرد. نتایج دومین مدل نیز در جدول ۳ قابل‌مشاهده است. همچنین محاسبات برای حالتی که هماهنگی بین بازیگران زنجیره وجود دارد، در جدول ۴ ارائه‌شده است.

جدول ۲ محاسبات مربوط به حالت رقابتی مدل ۱ (بین خریدار و عرضه‌کننده)

محصولات	c_1	c_2	m^*	p^*	q^*	EP_b	EP_s	EP_I	$EP_b+EP_s+EP_I$
نوع ۱	۱۲۳۹/۷	۵۴۳/۷	۱۶۹۰/۹	۳۳۵۸/۵	۴۷۱۸/۸	۶۰۹۵۶۸۸	۲۴۲۲۲۱۶	۲۱۷۰۶۱۹	۱۰۶۸۸۵۲۳
نوع ۲	۹۷۸/۷	۲۸۲/۷	۱۲۹۸/۳	۲۳۷۶/۵	۲۶۵۹۶/۷	۲۴۳۲۰۱۶۱	۹۶۶۰۸۱۶	۵۸۵۱۲۶۲	۳۹۸۳۲۲۴۰
نوع ۳	۱۰۴۴	۳۴۸	۱۳۹۶/۴	۲۶۲۲	۱۶۲۶۹	۱۶۴۱۱۵۸۸	۶۵۱۹۹۴۲	۴۵۵۵۳۵۵	۲۷۴۸۶۸۸۵
نوع ۴	۱۰۶۵/۷	۳۶۹/۷	۱۴۲۹/۱	۲۷۰۳/۹	۱۳۹۵۲/۱	۱۴۵۱۲۷۹۴	۵۷۶۵۷۷۳	۴۱۸۵۵۵۲	۲۴۴۶۴۱۱۹
نوع ۵	۱۲۶۱/۵	۵۶۵/۵	۱۷۲۳/۶	۳۴۴۰/۴	۴۱۸۳/۸	۵۵۳۵۹۹۳	۲۱۹۹۸۵۴	۲۰۰۸۱۳۶	۹۷۴۳۹۸۳
نوع ۶	۱۱۷۴/۵	۴۷۸/۵	۱۵۹۲/۷	۳۱۱۳/۱	۶۸۹۶/۴	۸۲۵۸۶۵۵	۳۲۸۱۴۹۹	۲۷۵۸۷۳۵	۱۴۲۹۸۸۸۹
نوع ۷	۱۰۸۷/۵	۳۹۱/۵	۱۴۶۱/۹	۲۷۸۵/۷	۱۲۰۱۹/۹	۱۲۸۸۰۸۳۷	۵۱۱۷۵۶۳	۳۸۴۶۲۵۹	۲۱۸۴۴۶۵۹
نوع ۸	۱۲۱۸	۵۲۲	۱۶۵۸/۲	۳۲۷۶/۷	۵۳۳۸/۳	۶۷۲۷۹۳۸	۲۶۷۳۳۹۷	۲۳۴۸۷۷۶	۱۱۷۵۰۱۱۱
نوع ۹	۱۰۲۲/۲	۳۲۶/۲	۱۳۶۳/۷	۲۵۴۰/۲	۱۹۰۶۴/۳۱	۱۸۶۳۱۳۲۹	۷۴۰۱۵۵۰	۴۹۵۶۶۲۸	۳۰۹۸۹۵۰۷
نوع ۱۰	۱۱۵۲/۷	۴۵۶/۷	۱۵۶۰	۳۰۳۱/۲	۷۸۷۹/۵	۹۱۸۷۴۴۱	۳۶۵۰۴۵۸	۲۹۹۴۱۷۷	۱۵۸۳۲۰۷۷
نوع ۱۱	۱۱۳۱	۴۳۵	۱۵۲۷/۳	۲۹۴۹/۳	۹۰۳۴/۹	۱۰۲۵۰۵۴۲	۴۰۷۲۷۶۲	۳۲۵۲۵۴۶	۱۷۵۷۵۸۵۱
نوع ۱۲	۱۱۹۶/۲	۵۰۰/۲	۱۶۲۵/۵	۳۱۹۴/۹	۶۰۵۷/۸	۷۴۴۴۳۲۶	۲۹۵۷۹۹۸	۲۵۴۴۲۲۹	۱۲۹۴۶۵۵۳
نوع ۱۳	۱۰۰۰/۵	۳۰۴/۵	۱۳۳۱	۲۴۵۸/۴	۲۲۴۵۵/۵	۲۱۲۳۹۳۷۴	۸۴۳۷۳۳۶	۵۳۸۹۲۴۰	۳۵۰۶۵۹۵۰
نوع ۱۴	۹۵۷	۲۶۱	۱۲۶۵/۵	۲۲۹۴/۷	۳۱۶۸۹/۷	۲۷۹۸۰۳۵۰	۱۱۲۴۰۱۷۴	۶۳۳۷۸۷۲	۴۵۵۵۸۳۹۷
نوع ۱۵	۱۱۰۹/۲	۴۱۳/۲	۱۴۹۴/۶	۲۸۶۷/۶	۱۰۳۹۹/۹	۱۱۴۷۱۹۵۷	۴۵۵۷۹۳۹	۳۵۳۵۸۹۳	۱۹۵۶۵۷۸۹

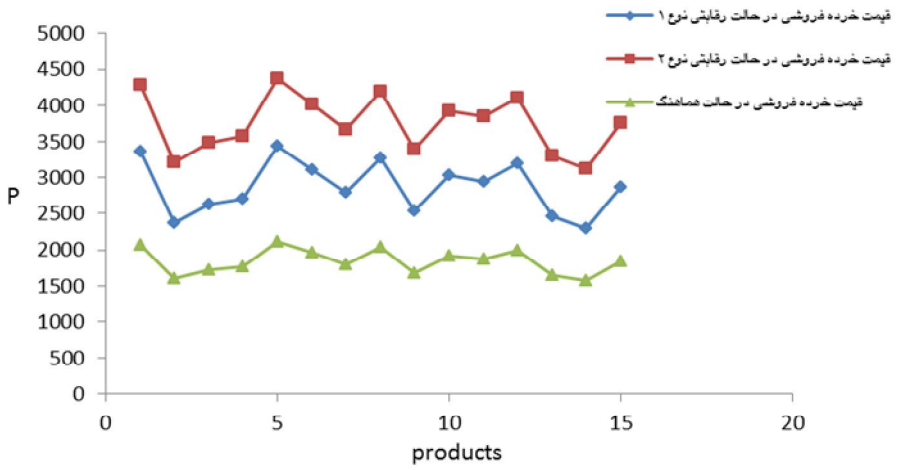
جدول ۳ محاسبات مربوط به حالت رقابتی مدل ۲ (بین خریدار و شرکت آماد طرف سوم)

محصولات	c_0	c_2^*	m	p^*	q^*	EP_b	EP_s	EP_l	$EP_b+EP_s+EP_l$
نوع ۱	۱۴۳/۵	۷۱۵/۶	۲۱۳۹/۳	۴۲۹۰/۶	۲۰۷۵/۸	۳۴۲۵۳۹۴	۵۱۰۴۰۴۱	۵۰۹۰۱۰۷	۱۳۶۱۹۵۴۴
نوع ۲	۹۱/۳	۵۱۹/۱	۱۶۱۵/۵	۳۲۰۸/۲	۸۸۸۰/۹	۱۰۹۵۹۳۹۱	۱۶۴۹۲۳۰۲	۱۶۴۴۷۲۷۹	۴۳۸۹۸۹۷۳
نوع ۳	۱۰۴/۴	۵۶۸/۲	۱۷۴۶/۵	۳۴۷۸/۸	۵۹۲۳/۸	۷۹۲۶۸۲۱	۱۱۸۹۲۵۵۹	۱۱۸۶۰۰۹۳	۳۱۶۷۹۴۷۴
نوع ۴	۱۰۸/۷	۵۸۴/۶	۱۷۹۰/۱	۳۵۶۹/۱	۵۲۱۲/۱	۷۱۵۴۸۳۴	۱۰۷۲۴۵۸۳	۱۰۶۹۵۳۰۴	۲۸۵۷۴۷۲۲
نوع ۵	۱۴۷/۹	۷۳۲	۲۱۸۳	۴۳۸۰/۹	۱۸۷۰/۵	۳۱۵۱۶۹۶	۴۶۹۳۳۷۳	۴۶۸۰۵۶۰	۱۲۵۲۵۶۲۹
نوع ۶	۱۳۰/۵	۶۶۶/۵	۲۰۰۸/۳	۴۰۲۰	۲۸۷۴/۴	۴۴۴۵۱۶۹	۶۶۳۶۶۹۰	۶۶۱۸۵۷۲	۱۷۷۰۰۴۳۳
نوع ۷	۱۱۳/۱	۶۰۰/۹	۱۸۳۳/۷	۳۶۵۹/۲	۴۶۰۱/۴	۶۴۷۵۷۳۷	۹۶۹۸۲۳۲	۹۶۷۱۷۵۵	۲۵۸۴۵۷۲۶
نوع ۸	۱۳۹/۲	۶۹۹/۲	۲۰۹۵/۶	۴۲۰۰/۴	۲۳۰۸/۱	۳۷۲۹۴۵۸	۵۵۶۰۶۲۳	۵۵۴۵۴۴۲	۱۴۸۳۵۵۲۴
نوع ۹	۱۰۰	۵۵۱/۸	۱۷۰۲/۸	۳۳۸۸/۶	۶۷۵۶/۴	۸۸۰۵۷۹۲	۱۳۲۲۳۹۴۰	۱۳۱۸۷۸۳۹	۳۵۲۱۷۵۷۱
نوع ۱۰	۱۲۶/۱	۶۵۰/۱	۱۹۶۴/۷	۳۹۲۹/۸	۳۲۲۰/۷	۴۸۶۷۸۶۴	۷۲۷۳۰۰۲	۷۲۵۳۱۴۷	۱۹۳۹۴۰۱۳
نوع ۱۱	۱۲۱/۸	۶۳۳/۷	۱۹۲۱	۳۸۳۹/۷	۳۶۱۶/۵	۵۳۴۱۱۰۷	۷۹۸۶۰۹۰	۷۹۶۴۲۸۸	۲۱۲۹۱۴۸۵
نوع ۱۲	۱۳۴/۸	۶۸۲/۸	۲۰۵۲	۴۱۱۰/۴	۲۵۷۲/۵	۴۰۶۷۳۷۵	۶۰۶۸۴۶۶	۶۰۵۱۸۹۹	۱۶۱۸۷۷۴۲
نوع ۱۳	۹۵/۷	۵۳۵/۴	۱۶۵۹/۲	۳۲۹۸/۵	۷۷۳۰/۸	۹۸۰۸۰۹۸	۱۴۷۴۴۰۵۶	۱۴۷۰۳۸۰۵،۲۷	۳۹۲۵۵۹۶۰
نوع ۱۴	۸۷	۵۰۲/۷	۱۵۷۱/۹	۳۱۱۸/۰۸	۱۰۲۴۳/۳	۱۲۲۸۴۶۷۷	۱۸۵۰۷۴۹۲	۴۸۹۴۸۴۵	۳۵۶۸۷۰۱۵
نوع ۱۵	۱۱۷/۴	۶۱۷/۳	۱۸۷۷/۴	۳۷۴۹/۵	۴۰۷۳/۳	۵۸۷۴۳۰۸	۸۷۹۰۲۵۶	۸۷۶۶۲۵۹	۲۳۴۳۰۸۲۴

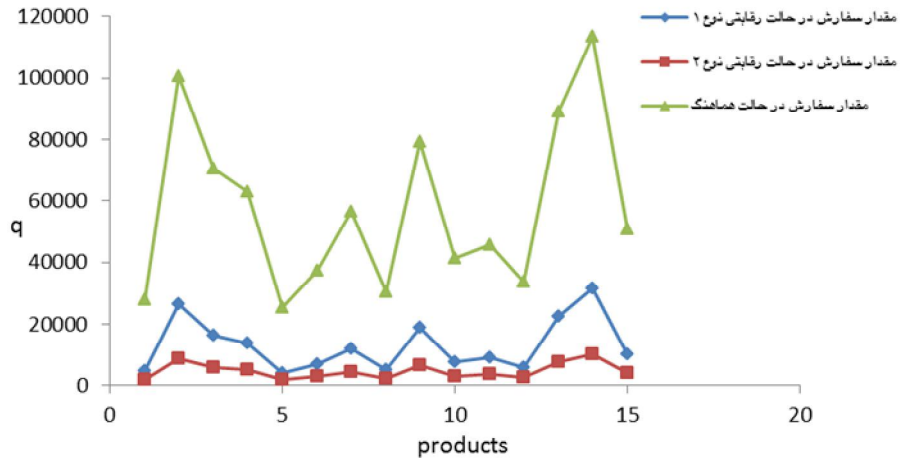
جدول ۴ محاسبات مربوط به حالت هماهنگ

محصولات	c0	c1	p*	q*	EPi
نوع ۱	۱۴۳/۵۵	۱۲۳۹/۷۵	۲۰۷۴/۹۵	۲۷۸۶۳/۴۹	۲۲۱۵۱۹۹۲
نوع ۲	۹۱/۳۵	۹۷۸/۷۵	۱۶۰۵/۱۵	۱۰۰۵۷۸/۹۶	۶۱۸۵۵۸۵۹
نوع ۳	۱۰۴/۴	۱۰۴۴	۱۷۲۲/۶	۷۰۶۵۷/۹۲	۴۶۶۳۴۳۱۱
نوع ۴	۱۰۸/۷۵	۱۰۶۵/۷۵	۱۷۶۱/۷۵	۶۳۱۴۸/۰۸	۴۲۶۲۵۱۷۸
نوع ۵	۱۴۷/۹	۱۲۶۱/۵	۲۱۱۴/۱	۲۵۳۷۷/۹	۲۰۵۵۶۱۲۴
نوع ۶	۱۳۰/۵	۱۱۷۴/۵	۱۹۵۷/۵	۳۷۲۸۸/۲	۲۷۹۶۶۳۷۹
نوع ۷	۱۱۳/۱	۱۰۸۷/۵	۱۸۰۰/۹	۵۶۵۷۶/۱	۳۹۰۳۷۷۶۴
نوع ۸	۱۳۹/۲	۱۲۱۸	۲۰۳۵/۸	۳۰۶۴۸/۳۶	۲۳۹۰۵۷۷۸
نوع ۹	۱۰۰/۰۵	۱۰۲۲/۲۵	۱۶۸۳/۴۵	۷۹۲۶۴/۸۳	۵۱۱۲۶۰۷۴
نوع ۱۰	۱۲۶/۱۵	۱۱۵۲/۷۵	۱۹۱۸/۳۵	۴۱۲۵۱/۹۲	۳۰۳۲۰۱۹۲
نوع ۱۱	۱۲۱/۸	۱۱۳۱	۱۸۷۹/۲	۴۵۷۳۱/۵۵	۳۲۹۲۶۹۳۶
نوع ۱۲	۱۳۴/۸۵	۱۱۹۶/۲۵	۱۹۹۶/۶۵	۳۳۷۷۲/۵۳	۲۵۸۳۶۶۱۲
نوع ۱۳	۹۵/۷	۱۰۰۰/۵	۱۶۴۴/۳	۸۹۱۶۱/۹۵	۵۶۱۷۱۸۹۹
نوع ۱۴	۸۷	۹۵۷	۱۵۶۶	۱۱۳۷۹۵/۱۳	۶۸۲۷۷۲۹۴
نوع ۱۵	۱۱۷/۴۵	۱۱۰۹/۲۵	۱۸۴۰/۰۵	۵۰۸۰۸/۴۳۵	۳۵۸۱۹۹۳۸

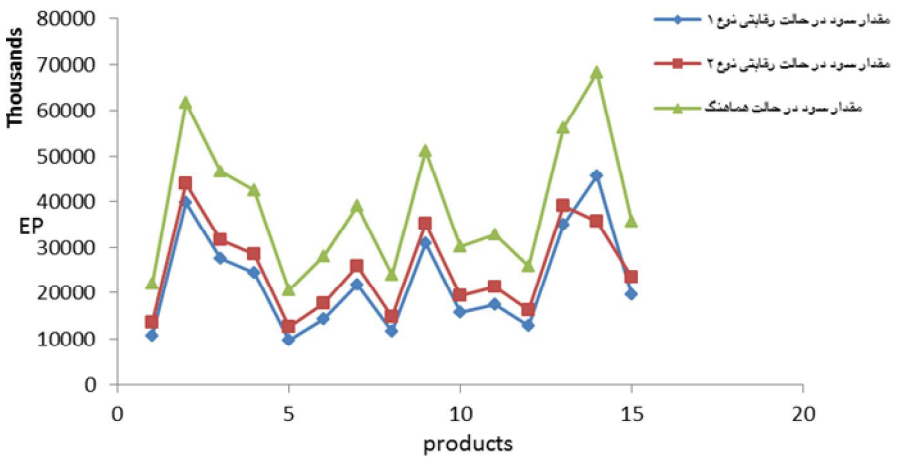
مقایسه بین زنجیره تأمین رقابتی و هماهنگ(جداول۲،۳،۴) نشان می‌دهد که در حالت هماهنگ، مقادیر بیشتری از سود را در محصول انتظار داریم؛ از طرف دیگر، علاوه برافزایش سود در حالت هماهنگ، مقدار بیشتری از سفارش با قیمت خرده‌فروشی کمتری مشاهده می‌شود (شکل ۴، ۵ و ۶).



شکل ۴ مقایسه قیمت خرده‌فروشی در حالات رقابتی و هماهنگ



شکل ۵ مقایسه مقدار سفارش در حالات رقابتی و هماهنگ



شکل ۶ مقایسه سود در حالات رقابتی و هماهنگ

کارمزد انتظاری کارگزار و صاحب بورس نیز برای هر معامله می‌تواند محاسبه شود. برای مثال در محصول نوع ۸ در حالت رقابتی اول، داریم $\mu=1658/22$ و $\theta=5338/22$ و کارمزد مورد انتظار دریافتی کارگزار از خریدار یا عرضه‌کننده برابر است با:

$$(0.00225)\times(1658/22\times5338/22)=19916$$

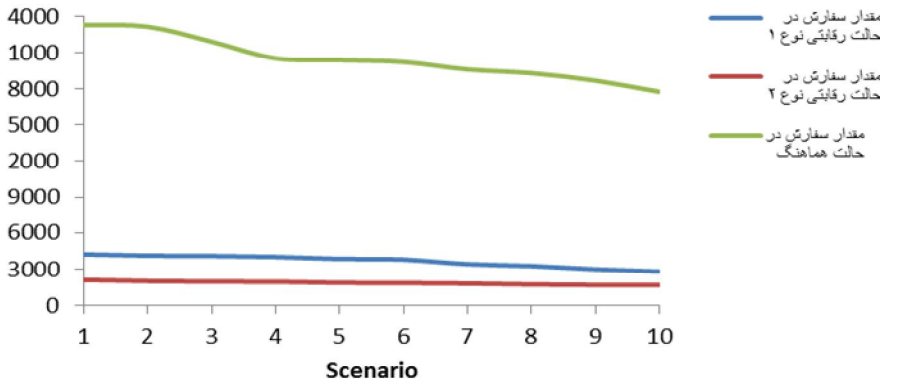
به‌طور مشابه، برای صاحب بورس نیز سود مورد انتظار که از خریدار و فروشنده دریافت می‌کند، برابر است با:

$$(0.00048+0.00032)\times(1658/22\times5338/22)=7081$$

همچنین در این قسمت، آنالیز حساسیتی در مورد تأثیر کارمزد کارگزاران و بورس معاملات بر مقدار سفارش انجام می‌شود. ده سناریوی افزایشی برای کارمزدها طبق جدول ۵ در نظر گرفته شده است. شکل ۷ مقدار سفارش در سه حالت رقابتی نوع ۱، نوع ۲ و هماهنگ را در برابر افزایش مقدار کارمزدها نشان می‌دهد.

جدول ۵ سناریوهای طراحی‌شده برای مقادیر کارمزد کارگزاران و بورس معاملات

سناریو	مقدار کارمزد(C5و C4و C3)	سناریو	مقدار کارمزد (C5و C4و C3)
۱	(۰/۰۰۰۳و۰/۰۰۴و۰/۰۰۰۳)	۶	(۰/۰۰۱۳و۰/۰۰۸و۰/۰۰۱۳)
۲	(۰/۰۰۰۵و۰/۰۰۵و۰/۰۰۰۵)	۷	(۰/۰۰۱۵و۰/۰۰۹و۰/۰۰۱۵)
۳	(۰/۰۰۰۷و۰/۰۰۵و۰/۰۰۰۷)	۸	(۰/۰۰۱۷و۰/۰۱و۰/۰۰۱۷)
۴	(۰/۰۰۰۹و۰/۰۰۶و۰/۰۰۰۹)	۹	(۰/۰۰۱۹و۰/۰۲و۰/۰۰۱۹)
۵	(۰/۰۰۱۱و۰/۰۰۷و۰/۰۰۱۱)	۱۰	(۰/۰۰۲۱و۰/۰۳و۰/۰۰۲۱)



شکل ۷ حساسیت مقدار سفارش در برابر افزایش کارمزد کارگزاران و بورس معاملات

همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار کارمزدها مقدار سفارش‌ها در هر سه حالت کاهشی می‌شوند. این کاهش سفارش، روندی منطقی و مورد انتظار است که هر سه مدل این روند را نشان می‌دهند (آنالیز حدی).

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

همان‌طور که مشاهده شد، برای اولین بار مسئله بورس گل و گیاه به‌عنوان مکانی برای خریدوفروش محصولات مدل‌سازی شد. در این مسئله، دو مدل رقابتی استکلبرگ بین عرضه‌کننده محصولات و خریدار و همچنین بین خریدار و شرکت آماد طرف سوم ارائه شد. در مدل اول، خریدار به‌عنوان یک پیرو و عرضه‌کننده به‌عنوان یک رهبر در نظر گرفته شد؛ به این دلیل که خریدار با دیدن قیمت عمده‌فروشی در بورس میزان سفارش و قیمت خرده‌فروشی خود را مشخص می‌کند.

در مدل دوم نیز خریدار به‌عنوان یک پیرو و شرکت آماد طرف سوم به‌عنوان یک رهبر در نظر گرفته شد؛ چراکه خریدار بایستی میزان سفارش خود را با توجه به قیمت حمل هر واحد کالا پیش‌بینی و اعلام کند. در پی آن نیز شرکت آماد طرف سوم قیمت حمل بهینه هر واحد کالا و بعدازآن هزینه کل حمل‌ونقل را محاسبه کند. برای انجام تحلیل بهتر از داده‌های ۱۵ نوع گل استفاده و نتایجش گزارش شد. در پایان نیز مدل هماهنگ و یکپارچه بورس گل و گیاه ارائه شد که نشان داد در حالت هماهنگ، قیمت خرده‌فروشی کمتر، میزان سفارش و میزان سود بیشتری نسبت به حالت رقابتی خواهیم داشت.

ازنظر کاربردی، نتایج حاصل از این تحقیق علاوه بر واحدها و زنجیره‌های تأمین گل و گیاه، سایر زنجیره‌های محصولات تازه از قبیل میوه ها و سبزی‌ها را نیز می‌تواند شامل شود. همچنین ارائه طرح‌های انگیزشی مانند تخفیف، تأخیر در پرداخت وجه معامله و... و در نظر گرفتن آن‌ها در مدل‌سازی ریاضی، می‌تواند مشوق خوبی برای مشارکت اعضای زنجیره تأمین در مدل هماهنگ ارائه‌شده در این مقاله باشد. علاوه بر این، در این مقاله یک عرضه‌کننده، یک خریدار و یک شرکت آماد طرف سوم برای ایجاد یک مدل پایه در نظر گرفته شد اما این امکان وجود دارد که چند خریدار برای خرید یک کالا اقدام کنند؛ ازاین‌رو، در نظر رفتن چند خریدار و مدل‌سازی رقابت بین آن‌ها می‌تواند توسعه‌ای از این مقاله باشد.

علاوه بر این، از منظر نظری، در نظر گرفتن مکانیزم تأخیر برای شرکت حمل کننده کالا، به‌طوری‌که به ازای هر تأخیر نسبت به زمان استاندارد هزینه اضافی بپردازد، می‌تواند در تحقیقات آتی موردبحث قرار گیرد. همچنین توابع تقاضا، علاوه بر قیمت و کیفیت کالا، می‌تواند به عواملی چون سطح خدمات شرکت آماد و میزان تلاش بازاریابی محصول حساس باشند.

۷- منابع

[1] Fallah, A.A., Y. Makhtumi, and K. Pirali-Kheirabadi, Seasonal study of parasitic contamination in fresh salad vegetables marketed in Shahrekord, Iran. Food Control, 2016. 60: p. 538-542.

[2] Anderson, E.J. and Y. Bao, Price competition with integrated and decentralized supply chains. European Journal of Operational Research, 2010. 200(1): p. 227-234.

[3] Plastria, F. and L. Vanhaverbeke, Discrete models for competitive location with foresight. Computers & Operations Research, 2008. 35(3): p. 683-700.

[4] Bernstein, F. and A. Federgruen, Dynamic inventory and pricing models for competing retailers. Naval Research Logistics (NRL), 2004. 51(2): p. 258-274.

[5] Farahani, R.Z., et al., Competitive supply chain network design: An overview of classifications, models, solution techniques and applications. Omega, 2014. 45: p. 92-118.

[6] Howard, N., Drama Theory and Metagame Analysis. Encyclopedia of Life Support Systems.

[7] Azar, A., F. Khosravani, and R. Jalali, Drama theory: A problem structuring method in soft OR (A practical application: Nuclear negotiations analysis between Islamic Republic of Iran and the 5+ 1 group). The International Journal of Humanities, 2014. 19(4): p. 1-14.

[8] Kovach, N.S., A.S. Gibson, and G.B. Lamont, Hypergame Theory: A Model for Conflict, Misperception, and Deception. Game Theory, 2015. 2015.

[9] Kopp, C., Shannon, hypergames and information warfare. Journal of Information Warfare, 2003. 2(2): p. 108-118.

[10] Xu, X., X. Cheng, and Y. Sun, Coordination contracts for outsourcing supply chain with financial constraint. International Journal of Production Economics, 2015. 162: p. 134-142.

[11] Giri, B. and B.R. Sarker, Coordinating a two-echelon supply chain under production disruption when retailers compete with price and service level . Operational Research, 2016. 16(1): p. 71-88.

[12] Reza Tavakkoli-Moghaddam, M.O.-R., Ali Ghodratnama, Mathematical Modeling for the Forward and Reverse Logistics Network Design. Management Researches in Iran. 17(4): p. 43-63.

[13] Maryam Kolyaei, A.A., MohammadReza Amini, Ali Rajabzadeh Gatari Design of integrated mathematical model for closed-loop supply chain. Management Researches in Iran. 20(1): p. 1-32.

[14] Akbarfakhrabadi, J., HasanGhodsypour Competition modeling in coordinating a three level supply chain. modern researches in decision making. 1(3): p. 1-22.

[15] XIAO, Y.-b., C. Jian, and X.-l. XU, Fresh product supply chain coordination under CIF business model with long distance transportation. Systems Engineering-Theory & Practice, 2008. 28(2): p. 1.۳۴-۹

[16] Cai, X., et al., Optimization and coordination of fresh product supply chains with freshness-keeping effort. Production and Operations Management, 2010. 19(3): p. 261-278.

[17] Cai, X., et al., Fresh-product supply chain management with logistics outsourcing. Omega, 2013. 41(4): p. 752-765.

[18] Cao, E., X. Zhou, and K. Lü, Coordinating a supply chain under demand and cost disruptions. International Journal of Production Research, 2015. 53(12): p. 3735-3752.

[19] Mason, A.N. and J.R. Villalobos, Coordination of perishable crop production using auction mechanisms. Agricultural Systems, 2015. 138: p. 18-30.

[20] Chung, S.H. and C. Kwon, Integrated supply chain management for perishable products: Dynamics and oligopolistic competition perspectives with application to pharmaceuticals. International Journal of Production Economics, 2016. 179: p. 117-129.

[21] Li, J.-c., Y.-w. Zhou, and W. Huang, Production and procurement strategies for seasonal product supply chain under yield uncertainty with commitment-option

contracts. International Journal of Production Economics, 2017. 183: p. 208-222.

[22] Unnevehr, L.J., Food safety issues and fresh food product exports from LDCs. Agricultural Economics, 2000. 23(3): p. 231-240.

[23] Berglund, M., et al., Third-party logistics: is there a future? The International Journal of Logistics Management, 1999. 10(1): p. 59-70.

[24] Crovato, S., et al., Food safety and young consumers: Testing a serious game as a risk communication tool. Food Control, 2016. 62: p. 134-141.

[25] Kirezieva, K., et al., The role of cooperatives in food safety management of fresh produce chains: case studies in four strawberry cooperatives. Food Control, 2016. 62: p. 299-308.

[26] Raafat, F., Survey of literature on continuously deteriorating inventory models. Journal of the Operational Research society, 1991. 42(1): p. 27-37.

[27] Chiu, C.H., T.M. Choi, and C.S. Tang, Price, Rebate, and Returns Supply Contracts for Coordinating Supply Chains with Price-Dependent Demands. Production and Operations Management, 2011. 20(1): p. 81-91.

[28] Petruzzi, N.C. and M. Dada, Pricing and the newsvendor problem: A review with extensions. Operations Research, 1999. 47(2): p. 183-194.

[29] Bernstein, F. and A. Federgruen, Decentralized supply chains with competing retailers under demand uncertainty. Management Science, 2005. 51(1): p. 18-29.

[30] Su, J., J. Wu, and C. Liu, Research on coordination of fresh produce supply chain in big market sales environment. The Scientific World Journal, 2014. 2014.