طراحی مدل هماهنگی در زنجیره تأمین رقابتی با استفاده از رویکرد نظریه بازی با همکاری و بدون همکاری

علی نعیمی صدیق[۱]، سیدکمال چهارسوقی[۲*] و مجید شیخ‌محمدی[۳]

اطلاعات مقاله

واژگان کلیدی:
زنجیره تأمین رقابتی،
هماهنگی،
بازی نش،
بازی با همکاری

چکیده

زنجیره تأمین فروشنده- خریدار دارای مکانیسم قیمت عمده‌فروشی است. به‌خاطر وجود همین مکانیسم، فروشنده و خریدار اهداف متضادی دارند. به‌عنوان مثال، به‌علت پویایی تقاضا در بازار، خریدار ترجیح می‌دهد اندازه سفارش‌های متفاوتی از فروشنده داشته باشد تا هزینه نگهداری کمتری بپردازد. در این تحقیق، مدل‌های مختلف زنجیره تأمین فروشنده- خریدار بررسی شده‌است که در آن رقابت و همکاری وجود دارد. در این مقاله تقاضای هر محصول متغیر فرض شده‌است، به‌طوری که تابعی از قیمت و هزینه تبلیغات آن محصول است. مدل‌های ارائه‌شده، روابط بین خریدار و فروشنده را در دو حالت بازی بدون همکاری و بازی‌های با همکاری درنظر می‌گیرند. بازی بدون همکاری درنظر گرفته‌شده از نوع نش است که در آن خریدار و فروشنده از قدرت یکسانی برخوردارند و به‌طور همزمان تصمیم می‌گیرند. به‌علت وجود تضاد در اهداف، مدل‌های خریدار و فروشنده کارایی لازم را ندارند، از این‌رو بازی با همکاری برای خریدار و فروشنده ارائه شده‌است تا هر یک نسبت به حالت بدون همکاری سود بیشتری عائدشان گردد. در پایان تعدادی مثال نیز برای مقایسه بین مدل‌های با همکاری و بدون همکاری ارائه شده‌است.

۱- مقدمه[1]

رشد روزافزون رقابت در زنجیره تأمین و توجه به هماهنگی و همکاری در مدیریت زنجیره تأمین موجب شده‌است تا پژوهش‌های بیشتری در این زمینه انجام گیرد. در این میان مدل تک فروشنده– تک خریدار به عنوان سنگ بنای هر زنجیره تأمین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

هر زنجیره تأمین خریدار – فروشنده شامل یک تولیدکننده است که به صورت عمده محصول را به خرده‌فروش می‌فروشد و خرده‌فروش آن را به مشتری می‌فروشد [۱-۳]. در ادبیات عبارت فروشنده، تأمین‌کننده و تولیدکننده به‌جای یکدیگر به‌کار رفته‌اند؛ که منظور همان فروشنده می‌باشد و همچنین عبارت خرده‌فروش به عنوان خریدار به‌کار رفته است. در این مقاله به منظور هماهنگی از عبارات خریدار و فروشنده استفاده شده‌است.

نظریه بازی‌ها، با تحلیل شرایطی که در برگیرنده تضاد و همکاری است مرتبط می‌باشد. از طرفی یکی از

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: skch@modares.ac.ir
۱. دانشجوی دکترای تخصصی مهندسی صنایع، بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس
۲. دانشیار مهندسی صنایع، بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس
۳. استادیار مهندسی صنایع، بخش مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

جذاب‌ترین و قابل ملاحظه‌ترین عناوین رشد یافته در مدیریت زنجیره تامین، توجه به مسائل هماهنگی- همکاری و رقابت میان اعضای زنجیره می‌باشد. لذا نظریه بازی‌ها می‌تواند ابزار مفیدی در بررسی مسائل مدیریت زنجیره تامین باشد.

در یک زنجیره تامین متمرکز، یک واحد تصمیم‌گیرنده مرکزی به هماهنگ‌سازی فعالیت‌های اعضای زنجیره می‌پردازد تا در مجموع عملکرد کل زنجیره را بهینه نماید. در یک زنجیره تامین غیرمتمرکز، که هر عضو از زنجیره یک تصمیم‌گیرنده مستقل می‌باشد، دو حالت ممکن است رخ دهد:

الف- اعضای زنجیره تامین برای رشد عملکرد شخصی خود به رقابت می‌پردازند. مانند رقابت در یک سطح از زنجیره تامین برای دستیابی به سهمی از یک منبع محدود و یا بدست آوردن سهمی از بازار تقاضای یک محصول. در این حالت، مسائل مرتبط با بازی‌های رقابتی در تحلیل زنجیره‌های تامین غیرمتمرکز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ب- اعضای زنجیره تامین ممکن است متفق شوند که بوسیله هماهنگ‌سازی استراتژی‌های خود، همزمان با بهینه‌سازی عملکرد شخصی خود، عملکرد مجموعه را نیز بهینه نمایند. طبیعتا یکی از برجسته‌ترین ابزارها برای تحلیل این نوع از زنجیره‌های تامین غیرمتمرکز باهمکاری/ هماهنگ‌سازی، نظریه بازی‌های باهمکاری[1] و بدون‌همکاری[2] است که به تحلیل تصمیم‌گیری‌های همزمان[3] یا ترتیبی[4] با حضور چند بازیکن، تحت شرایط اطلاعات کامل یا غیرکامل می‌پردازد [۴].

در این مقاله، به بررسی یک زنجیره تامین شامل یک فروشنده و یک خریدار پرداخته می‌شود که در آن فروشنده محصولات خود را فقط بواسطه خریدار به مصرف‌کنندگان عرضه می‌کند و خریدار تنها به عرضه محصولات فروشنده می‌پردازد. تقاضای مصرف‌کنندگان (میزان فروش) تحت تاثیر قیمت خریدار و میزان هزینه تبلیغات صورت‌گرفته برای معرفی محصولات است. به عبارت دیگر سوال اصلی تحقیق تعیین مقدار دقیق متغیرهای خریدار و فروشنده در حالت رقابتی و با همکاری است.

حوزه تصمیم‌گیری فروشنده، محدود به ۱- قیمت عمده‌فروشی (به خریدار)، ۲- تعیین اندازه انباشته می‌باشد که از طریق مقدار چرخه تولید محصولات به‌دست آید و خریدار در مورد ۱- قیمت خرده‌فروشی (به مصرف کننده) و ۲- میزان هزینه تبلیغات، تصمیم‌گیری می‌کند.

با توجه به اینکه تعادل قدرت تصمیم‌گیری بین اعضای زنجیره به چه صورت باشد، دو مدل از دیدگاه نظریه بازی‌ها قابل بررسی است:

۱- فروشنده و خریدار دارای قدرت تصمیم‌گیری یکسان هستند و بطور مستقل، بدون‌همکاری و همزمان به بهینه‌سازی میزان سود شخصی خود می‌پردازند. در این حالت یک بازی نش[5] بین این دو انجام می‌گیرد و جواب بدست آمده در این ساختار، تعادل نش[6] نامیده می‌شود.

۲- در مدل قبل، بازی بدون‌همکاری همزمان ارائه شد. در مدل دوم، خریدار و فروشنده برای بهینه‌سازی سود کل زنجیره، در تعیین متغیرهای تصمیم با یکدیگر به همکاری می‌پردازند.

ساختار مقاله حاضر بدین صورت است که در بخش دوم مروری بر پژوهش‌های پیشین صورت می‌گیرد. در بخش سوم مدل‌های ریاضی خریدار و فروشنده ارائه می شود. سپس در بخش چهارم بازی بدون همکاری همزمان و بازی‌های با همکاری ارائه و حل می‌گردد. در بخش پنجم مثال‌های متعددی ارائه می‌گردد تا بتوان سود خریدار و فروشنده را در بازی‌های مختلف مقایسه نمود. سرانجام در بخش ششم جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای مطالعات آینده در این حوزه معرفی می‌گردند.

[1] Cooperative
[2] Non-Cooperative
[3] Simultaneous
[4] Sequential
[5] Nash Game
[6] Nash Equilibrium

۲- مروری بر پژوهش‌های پیشین

در این قسمت مدل‌های ارائه شده در زنجیره تأمین‌های دو رده‌ای رقابتی که بین خریدار و فروشنده وجود دارد بر مبنای مفروضاتی نظیر تعداد محصول، هزینه کمبود، نوع بازی باهمکاری و بدون‌همکاری، نوع متغیرها و نوع مدل یک فروشنده / یک خریدار، یک فروشنده / دو خریدار و یک فروشنده / n خریدار آورده شده‌است.

۲-۱- بازی نش در مدل‌های خریدار - فروشنده

هوانگ و همکاران [۵] هماهنگی بین تصمیمات قیمت‌گذاری، انتخاب مواد اولیه و موجودی را در یک زنجیره تأمین سه رده‌ای که شامل چند تأمین‌کننده، یک تولیدکننده و چند خرده‌فروش می‌باشد را مورد بررسی قراردادند. مساله را به‌صورت یک بازی بدون‌همکاری پویا مدل نمودند. روش‌های تحلیلی و محاسباتی برای یافتن نقطه تعادل نش ارائه نمودند. احمدی جاوید و حسین‌پور [۶] راه‌حلی را برای جلوگیری از منفی‌شدن تقاضا که در مدل‌های نش مورد استفاده قرار می‌گرفته‌است، ارائه دادند. هو و همکاران [۷] مدل درون سازمانی ارائه نمودند بین واحدهای تولید و فروش که قدرت یکسانی دارند و نشان دادند که نسبت به مدل‌های سنتی با کاهش زمان انتظار هزینه‌های کمتری خواهند داشت.

یو و هوانگ [۸] چگونگی روابط بین خرده‌فروشان و یک عمده‌فروش را به‌منظور بهینه‌سازی تصمیمات استراتژی‌های بازاریابی، ترکیب محصول و سیاست‌های موجودی در یک سیستم VMI زنجیره تأمین مورد بررسی قراردادند. تولیدکننده مواد اولیه خود را از چند تأمین‌کننده دریافت می‌کند تا خانواده‌ای از محصولات را به چند خرده‌فروش ارائه نماید. محصولات ارئه شده برای مشتری نهایی قابل جایگزینی است. مدل ارائه شده یک بازی نش دوگان است که دارای دو زیر بازی می‌باشد. رقابت هم بین خرده‌فروشان برقرار است و هم بین خرده‌فروشان و تولیدکننده می‌باشد. به‌منظور یافتن نقطه تعادل نش روش‌های تحلیلی، تکراری و الگوریتم ژنتیک را ترکیب کردند.

ونگ و همکاران [۹] مسئله تبلیغات مشارکتی را در یک زنجیره تامین دو رده‌ای متشکل از یک تولیدکننده و دو خرده‌فروش رقیب تحت دو سناریوی تصمیم‌گیری همزمان مورد بررسی قراردادند: ۱- هر سه عضو زنجیره به صورت مجزا و همزمان تصمیم‌گیری کنند؛ ۲- دو خرده‌فروش تشکیل یک ائتلاف دهند و همزمان با تولیدکننده تصمیمات خود را اتخاذ نمایند.

وو و همکاران [۱۰] مدلی به منظور تعیین قیمت‌ها در تعادل نش حاصل از بازی همزمان یک فروشنده و دو خریدار رقیب ارائه نمودند و نتایج را با حالت‌های مختلفی که فروشنده و خریدارها قدرت یکسانی ندارند مورد مقایسه قراردادند.

هوانگ و همکاران [۵] تصمیمات قیمت‌گذاری و مقدار تولید را در یک زنجیره تامین یک تولیدکننده-یک خرده‌فروش که در آن تولیدکننده محصولات خود را از طریق دو کانال موازی (به صورت مستقیم یا به واسطه خرده‌فروش) به بازار عرضه می‌کند، بررسی نمودند به طوری که امکان قطع تقاضا در یک افق برنامه‌ریزی دو پریودی وجود دارد. ابتدا فرض شده‌است که تولیدکننده و خرده‌فروش به صورت عمودی یکپارچه هستند و سپس نتایج با حالتی که اعضا به صورت غیرمتمرکز تصمیم‌گیری می‌کنند مقایسه شده‌است.

سیداصفهانی و همکاران [۱۱] مسئله قیمت‌گذاری و تبلیغات مشارکتی را در یک زنجیره تامین تک فروشنده-تک خریدار بررسی نمودند که در آن تقاضا تابعی غیرخطی از قیمت و هزینه تبلیغات می‌باشد. هر دو عضو زنجیره دارای قدرت یکسان هستند و به صورت همزمان تصمیم‌گیری می‌کنند.

سینها و سارماه [۱۲] به مطالعه مسئله قیمت‌گذاری در یک زنجیره تامین دو رده‌ای پرداختند که در آن دو تولیدکننده برای عرضه محصولات متمایز خود از طریق یک خرده‌فروش به رقابت می‌پردازند. تقاضا حساس به

قیمت و پویا درنظر گرفته شده و مسئله در سه حالت مختلف: ۱- رقابت کامل بین تولیدکنندگان؛ ۲- حالتی که هر تولیدکننده به طور جداگانه با خرده‌فروش تشکیل ائتلاف می‌دهند و رقابت بین دو ائتلاف اتفاق می‌افتد و ۳- حالت تمرکز کامل مورد بررسی و مقایسه قرارگرفته است. چن [۱۳] به مسئله پسر روزنامه‌فروش در یک زنجیره تامین یک فروشنده-یک خریدار پرداخته و تاثیر ترکیبی تبلیغات مشارکتی و سیاست پس‌دادن واحدهای فروش نرفته را در دو حالت تمرکز و عدم تمرکز در زنجیره مورد بررسی قرار می‌دهد.

لی و همکاران [۱۴] استراتژی‌های تامین یک خرده‌فروش و استراتژی‌های قیمت‌گذاری دو تامین‌کننده رقیب را در محیطی که امکان شکست در تامین وجود دارد مورد مطالعه قرارداده‌اند. مسئله در حالت غیرمتمرکز به طوری که تامین‌کنندگان به صورت همزمان و یا با تشکیل یک ائتلاف تصمیم‌گیری کنند، بررسی شده و نتایج با حالت تمرکز کامل مقایسه شده‌است.

۲-۲- بازی با همکاری در مدل‌های خریدار - فروشنده

با توجه به آنکه زنجیره‌های تأمین خریدار – فروشنده مکانیسمی برای تعیین قیمت عمده‌فروشی دارند. این مکانیسم به هر جهت می‌تواند منجر به تضاد در تصمیمات خریداران و فروشندگان گردد. به علت مشخص نبودن تقاضای بازار خرده‌فروشان ترجیح می‌دهند تا اندازه انباشته را به‌صورت انعطاف‌پذیر انتخاب نمایند تا نه تنها هزینه موجودی کمتری متحمل گردند بلکه بتوانند نیازهای مشتری را نیز پاسخ دهند. تولیدکنندگان از سوی دیگر ترجیح می‌دهند خرده‌فروشان به‌صورت یکجا محصولات را بخرند. بنابراین چنین تضادهایی منجر به ناکارایی زنجیره‌های تأمین می‌شود. از این‌رو ژائو و همکاران [۱۵] رویکرد نظریه بازی با همکاری را ارائه دادند تا هماهنگی بین خرده‌فروش و تولیدکننده را از طریق قردادهای اختیاری برقرار نمایند. مطاعات آن‌ها نشان داد که از این طریق سود بیشتری نصیب خریدار و فروشنده می‌گردد. همچنین سناریوهایی نیز انتخاب گردیدند که اولویت‌های ریسک و قدرت مذاکره و چانه‌زنی را در بر می‌گیرد. اسماعیلی و زیفونگسکول [۱۶] مدل بازی با همکاری که در آن خریدار و فروشنده تسهیم هزینه بازاریابی دارند را مورد مطالعه قراردادند که در آن خریدار و فروشنده نسبت به حالت بدون همکاری عائدی بیشتری دریافت می‌نمایند.

همکاری در تبلیغات بین تولیدکننده و خرده‌فروش می‌تواند منجر به سود بیشتری گردد اگر با همکاری این اتفاق بیفتد، ژی و نیرت [۱۷] مدلی ارائه دادند که در آن خرده‌فروش و تولیدکننده حتی در هزینه تبلیغات با یکدیگر همکاری می‌نماید. سیه و وو [۱۸] سیاست‌های هماهنگی را در یک زنجیره تامین متشکل از دو تولیدکننده که محصولات متمایز و در عین حال قابل جایگزینی را از طریق یک خرده‌فروش به بازار عرضه می‌کنند، مورد مطالعه قرار داده و به این منظور سه رویکرد مختلف تسهیم درآمدها، پس‌دادن محصولات فروش نرفته و ترکیب این دو را ارائه نمودند. لیو همکاران [۱۴] همکاری در یک زنجیره تامین تک فروشنده-تک خریدار را به منظور تعیین مقدار بهینه قیمت و اندازه انباشته و سهم درآمدی هر یک از اعضا مورد مطالعه قراردادند. در این مقاله فرایند چانه‌زنی نش از طریق یک قرارداد امانی با تخصیص درآمد کل با توجه به سطح ریسک‌پذیری اعضا به کار گرفته شده‌است.

همان‌طوری که در بالا مرور شد، در هیچ یک از مقالات مدل خریدار و فروشنده در حالت چند محصولی و در حالی که تقاضای هر محصول متغیر باشد و تابعی از قیمت فروش خریدار و مقدار هزینه تبلیغات هر محصول باشد و بازی همزمان داشته باشند، بررسی نشده‌است به عبارت دیگر بدین مفهوم که خریدار و فروشنده دارای قدرت یکسانی باشند و به‌طور همزمان تصمیمات خود را اتخاذ نمایند و با توجه به اینکه در دنیای واقعی و رقابتی امروز

بیش از یک محصول وجود دارد خلأ چنین مساله‌ای وجود دارد که در این مقاله مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.
در این تحقیق مدل ریاضی چند محصولی برای خریدار و فروشنده که توسط نعیمی‌صدیق و همکاران [۱۹] ارائه شده‌است، بازی نش و با همکاری آن ارائه می‌گردد. همچنین شرایط پایداری همکاری نیز برای خریدار و فروشنده به‌منظور دستیابی به سود بیشتر مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در ضمن مدل‌های ارائه‌شده در زمان معقول به‌طور دقیق قابل حل هستند که به‌طور مبسوط توضیح داده خواهد شد.

۳- فرمول‌بندی ریاضی مساله

در این قسمت مسائل مختلفی از روابط خریدار- فروشنده ارائه می‌شود. در مدل ارائه‌شده فروشنده‌ای که محصولات را تولید می‌کند به صورت عمده به خریدار می‌فروشد و در ادامه خریدار محصولات را به صورت خرده‌فروشی به مشتری ارائه می‌کند. نرخ تولید هر محصول به صورت خطی با تقاضای بازار ارتباط دارد، در حالی که تقاضای هر محصول به قیمت فروش آن به مشتری و همچنین هزینه‌ی بازاریابی آن محصول بستگی دارد. هنگامی که تقاضای هر محصول به قیمت فروش آن بستگی داشته باشد آنگاه قیمتی که فروشنده به خریدار ارائه می‌دهد بر روی تقاضای نهایی آن محصول تأثیرگذار خواهد بود.

۳-۱- متغیرهای تصمیم و پارمترهای مدل

ω_i	قیمت هر واحد از محصول iام از جانب فروشنده به خریدار
T	چرخه تولید که توسط مشتری تعیین می‌گردد.
P_i	قیمت ارائه هر واحد محصول iام توسط خریدار به مشتریان
M_i	هزینه تبلیغات هر واحد محصول iام که خریدار می‌پردازد.
k_i	ضریب ثابت برای تابع تقاضای محصول iام
u_i	ضریب ثابت تابع تولید فروشنده محصول iام $u_i \geq 1$
j	درصد هزینه نگهداری موجودی برای هر محصول در سال
α_i	ضریب الاستیته قیمت برای تابع تقاضا برای محصول iام $\alpha_i > 1$
β_i	ضریب الاستیته هزینه تبلیغات تابع تقاضا برای محصول iام $0 < \beta_i < 1 , \beta_i + 1 < \alpha_i$
A_{b_i}	هزینه سفارش‌دهی خریدار برای محصول iام
A_{s_i}	هزینه سفارش‌دهی (آماده سازی) فروشنده برای محصول iام
C_{s_i}	هزینه تولید محصولiام که شامل هزینه خرید نیز است.
r_i	نرخ تولید روزانه فروشنده برای محصول iام (روز/تعداد تولید)
D_i	تقاضای سالانه محصول iام

۳-۲- مفروضات مدل

فرض بر این است هزینه سفارش‌دهی خریدار از هزینه راه‌اندازی فروشنده بزرگتر است. همچنین تقاضای هر محصول به صورت تابعی از P_i و M_i می‌باشد و به صورت زیر می‌باشد (بر گرفته از مدل لی و کیم [۲۰] است):

$$D(P_i , M_i) = k_i \, . \, P_i^{-\alpha_i} \, . \, M_i^{\beta_i} \qquad (۱)$$

در این مدل تقاضا ثابت نمی‌باشد، در حالی که می‌توان از مدل‌های موجود استانداردی استفاده نمود که در آن تقاضا ثابت است.

باتوجه به این که مدل فروشنده چند محصولی تولیدی است، از سیاست چرخه تولید مشترک استفاده گردیده است؛ به‌طوری‌که زمان چرخه تولید کلیه محصولات مشترک بوده و یک چرخه زمانی تولید برای تولید تمامی محصولات وجود خواهد داشت. به عبارت دیگر ($T = T_i \quad \forall i$) فاصله زمانی بین دو رانش تولیدی برای تمام محصولات برابر بوده و لذا انباشته تولیدی هر محصول در هر تولید به صورت $Q_i = D_i * T$ خواهد بود. در این حالت هدف یافتن زمان بهینه چرخه مشترک تولید (T^*) است. بنابراین متغیر تصمیم فروشنده زمان چرخه (T) خواهد بود. در مدل ارائه‌شده کمبود وجود ندارد و از آنجا که نرخ تولید هر محصول r_i از نرخ تقاضای هر محصول d_i بیشتر می‌باشد، بدون کاستن از جامعیت موضوع، فرض می‌شود که بنابر مدل ذیل نرخ تقاضا و نرخ تولید دارای رابطه خطی می‌باشند:

$$r_i = u_i . d_i \quad , \quad \sum u_i^{-1} \le 1 \tag{۲}$$

۳-۳- فرمول‌سازی مدل خریدار

هدف خریدار تعیین قیمت فروش و هزینه تبلیغات است، به‌طوری‌که سود خالص خود را بیشینه نماید. قیمت فروش و هزینه تبلیغات بر روی تقاضا و در نتیجه بر روی اندازه انباشته فروشنده تأثیر می‌گذارد. در این مقاله، مدل خریداری که توسط اسماعیلی و همکاران [۲۱] و نعیمی‌صدیق و همکاران [۱۹] هزینه تبلیغات را نیز به‌عنوان متغیر تصمیم به آن افزوده‌اند، مورد بررسی قرار می‌گیرد با این تفاوت که در اینجا تعداد محصولات بیشتر از یک محصول است و میزان بودجه‌ی تخصیص داده شده برای هزینه بازاریابی، که به میزان تقاضا بستگی دارد، محدود بوده و به عنوان محدودیت برای خریدار وجود دارد. بنابراین تابع سود سالانه خریدار به صورت ذیل می‌باشد:

$$\begin{aligned}\Pi_b(P_i, M_i) &= \sum_{i=1}^{n} P_i . D_i - \sum_{i=1}^{n} \psi_i . D_i - \\ &\sum_{i=1}^{n} M_i . D_i - \sum_{i=1}^{n} \frac{A_{b_i} . D_i}{Q_i} - \sum_{i=1}^{n} 0.5\, j \psi_i . Q_i \\ &= \sum_{i=1}^{n} P_i . D_i - \sum_{i=1}^{n} \psi_i . D_i - \sum_{i=1}^{n} M_i . D_i - \\ &\frac{\sum_{i=1}^{n} A_{b_i}}{T} - 0.5\, jT \sum_{i=1}^{n} \psi_i . D_i\end{aligned} \tag{۳}$$

معادله ۳ بیانگر تابع سود خریدار است که مجموع درآمد حاصل از فروش از هزینه‌های خرید، تبلیغات، سفارش و نگهداری کم می‌گردد. خریدار تنها قادر است تا بودجه محدود و معینی برای کل هزینه بازاریابی تخصیص دهد. بنابراین مدل دارای محدودیتی به شکل ذیل خواهد بود:

$$\sum_{i=1}^{n} M_i . D_i \le B_b \Rightarrow \sum_{i=1}^{n} P_i^{-\alpha_i} M_i^{\beta_i+1} \le B_b \tag{۴}$$

۳-۴- فرمول‌سازی مدل فروشنده

هدف فروشنده تعیین میزان بهینه اندازه‌ی انباشته (Q) و مقدار بهینه قیمت فروش (ψ) به خریدار می‌باشد به‌طوری‌که سود خالص آن را بیشینه نماید. بر خلاف مدل‌های پیشنهاد شده توسط آباد و جگی [۲۲] که در آن میزان اندازه‌ی انباشته را خریدار تعیین می‌نماید، در مدل پیشنهادی، تعیین اندازه‌ی انباشته (Q) یکی از متغیرهای تصمیم فروشنده می‌باشد. در اینجا مدل به صورت چند محصولی و با محدودیت میزان تولید درنظر گرفته شده به‌طوری‌که حتی اگر تقاضای بازار کشش نیز داشته‌باشد، فروشنده نمی‌تواند از هر محصول به هر اندازه تولید نماید. به عبارت دیگر فروشنده دارای محدودیت ظرفیت تولید است. بنابراین سود سالیانه فروشنده به شکل زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned}\Pi_s(\psi_i, Q_i) &= \sum_{i=1}^{n} \psi_i . D_i - \sum_{i=1}^{n} C_{s_i} . D_i - \\ &\sum_{i=1}^{n} \frac{A_{s_i} . D_i}{Q_i} - \sum_{i=1}^{n} 0.5\, j C_{s_i} . Q_i . u_i^{-1} \\ &= \sum_{i=1}^{n} \psi_i . D_i - \sum_{i=1}^{n} C_{s_i} . D_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} A_{s_i}}{T} \\ &- 0.5\, jT \sum_{i=1}^{n} C_{s_i} . D_i . \frac{d_i}{r_i}\end{aligned} \tag{۵}$$

همچنین فروشنده دارای یک محدودیت بودجه‌ی تولید به شکل زیر می‌باشد:

$$\sum_{i=1}^{n} C_{s_i} . Q_i \le B_s \Rightarrow T . \sum_{i=1}^{n} C_{s_i} . D_i \le B_s \tag{۶}$$

همان‌گونه که در تابع هدف ملاحظه می‌شود، هزینه نگهداری تابعی از نرخ تولید است که در آن متوسط موجودی در ضریبی از هزینه نگهداری (j) ضرب می‌گردد. هنگامی که $d=r$ باشد، متوسط موجودی برابر صفر خواهد بود و در صورتی که $d<r$ باشد یا به عبارت دیگر $u>1$ باشد میزان موجودی که در انبار نگهداری می‌شود از مقدار موجودی EOQ کمتر خواهد شد.

۴- بازی نش و با همکاری

در این بخش تقابل بین خریدار و فروشنده را از نوع بازی بدون همکاری نش درنظر می‌گیریم، در جایی که هر یک از طرفین خریدار و فروشنده دارای قدرت یکسانی هستند و به‌طور همزمان تصمیمات خود را اتخاذ می‌نمایند.

همچنین همکاری بین خریدار و فروشنده را که در واقع می‌تواند منجر به سود بیشتر هر یک از آن‌ها گردد در قالب بازی‌های با همکاری ارائه می‌شود.

۴-۱- مدل نش خریدار –فروشنده

زمانی که خریدار و فروشنده از قدرت تصمیم‌گیری یکسانی برخوردار باشند، بطور همزمان و بدون‌همکاری به تصمیم‌گیری می‌پردازند. در این حالت یک بازی نش بین خریدار و فروشنده اتفاق می‌افتد و راه حل چنین ساختاری، بدست آوردن نقطه‌ی تعادل نش بازی می‌باشد. نقطه تعادل نش، یک زوج استراتژی است به طوری که استراتژی هر بازیکن نسبت به استراتژی بازیکن دیگر بهینه باشد. با توجه به حداکثر شدن سود خریدار و فروشنده در نقطه تعادل نش، هیچ یک از آن‌ها تمایل به انحراف از این استراتژی نخواهند داشت؛ زیرا منجر به کاهش سود برای آن‌ها می‌گردد.
برای مدل‌سازی بازی نش که در آن فروشنده و خریدار از قدرت یکسانی برخوردارند، فروشنده و خریدار می‌بایست استراتژی‌های خود را به صورت همزمان تعیین نمایند. به عبارت دیگر فروشنده استراتژی‌های ψ (قیمت فروش محصول به خریدار) و T (چرخه تولید) نشان خود را و خریدار استراتژی‌های P (قیمت فروش محصول به مشتری) و M (هزینه‌ی بازاریابی) خود را به‌طور همزمان تعیین می‌نمایند. بنابراین مدل مساله تعادل نش از حل همزمان مساله خریدار و فروشنده و با درنظر گرفتن محدودیت‌های آن‌ها به دست می‌آید و در معادله ۷ معادله لاگرانژ آن ارائه شده‌است که برای حل همزمان این دو مدل می‌باشد.
با توجه به معادله تقاضا $D_i(P_i, M_i) = k_i \,.\, P_i^{-\alpha_i} \,.\, M_i^{\beta_i}$ مشاهده می‌گردد که متغیرهای تصمیم خریدار بر روی فضای محدودیت‌های مساله فروشنده تاثیر می‌گذارند. بنابراین مساله تعادل نش خریدار و فروشنده از نوع تعادل نش تعمیم‌یافته خواهد بود. با نوشتن شرایط KKT برای مساله خریدار و فروشنده و در کنار هم قراردادن دستگاه معادلات حاصل از شرایط KKT آن‌ها، دستگاه معادلات KKT برای مساله تعادل نش تعمیم‌یافته بدست می‌آید. نقطه $\bar{x}$ حاصل از حل این دستگاه به همراه ضرایب لاگرانژ $\bar{\lambda}$، یک نقطه مانا[1] برای مساله تعادل نش تعمیم‌یافته می‌باشد. در صورتی که شرایط کافی KKT نیز برقرار باشد، آن‌گاه $\bar{x}$ جواب بهینه عمومی مساله تعادل نش خواهد بود [۲۳].
به منظور استفاده از شرایط بهینگی KKT، لازم است ثابت شود یکی از شرایط کیفیت محدودیت[2] مرتبه اول، در فضای مساله برقرار است [۲۴].
قضیه ۱: در یک مساله برنامه‌ریزی محدب و متعارف به شکل زیر

$$\min_x f(x) \qquad subject\ \ to\ \ g(x) \le 0,\ h(x) = 0, \tag{۷}$$

شرط کیفیت محدودیت اسلتر[3] برقرار است، اگر یک نقطه مانند $\bar{x}$ وجود داشته باشد به‌طوری‌که:

$$h(\bar{x}) = 0, \quad g(\bar{x}) < 0$$

اثبات:
با قراردادن $T = \varepsilon$ محدودیت فروشنده ارضا می‌گردد و همچنین اگر هزینه بازاریابی هر محصول برابر صفر شود ($M_i = 0$) آن‌گاه تقاضای هر محصول برابر صفر می‌گردد که در آن صورت محدودیت خریدار نیز ارضا می‌شود بنابراین فضای حاصل از محدودیت‌های خریدار و فروشنده ناتهی می‌باشد و شرط کیفیت محدودیت اسلتر، در کل فضای مساله تعادل نش، برقرار است.
بنابراین می‌توان از شرایط لازم مرتبه اول KKT برای بدست آوردن نقاط مانا در مساله تعادل نش خریدار و فروشنده استفاده نمود. معادله لاگرانژ و مجموعه شرایط مکمل KKT مساله خریدار و فروشنده به‌صورت زیر خواهد بود:

[1] Stationary point
[2] Constraint qualification
[3] Slater

$$L(P_i,M_i,u)=\Pi_b(P_i,M_i)-\lambda_1.g(P_i,M_i)$$
$$\nabla L(P_i,M_i,\lambda_1)=0 \Rightarrow \nabla\Pi_b(P_i,M_i)-\lambda_1.\nabla g_1(P_i,M_i)=0$$
$$\lambda_1.g_1(P_i,M_i)=0$$

$$\begin{bmatrix}\frac{\partial\Pi_b(P_i,M_i)}{\partial P_i}\\ \frac{\partial\Pi_b(P_i,M_i)}{\partial M_i}\end{bmatrix}-\lambda_1.\begin{bmatrix}\frac{\partial g_1(P_i,M_i)}{\partial P_i}\\ \frac{\partial g_1(P_i,M_i)}{\partial M_i}\end{bmatrix}=0$$
$$k_iP_i^{-\alpha_i-1}M_i^{\beta_i}$$
$$((1-\alpha_i)P_i+\alpha_i\psi_i+\alpha_i(1+\lambda_1)M_i+\alpha_i0.5jT\psi_i)=0$$
$$k_iP_i^{-\alpha_i}M_i^{\beta_i-1}$$
$$(\beta_i(P_i-\psi_i-0.5jT\psi_i)-(1+\beta_i)(1+\lambda_1)M_i)=0$$
$$\lambda_1.(\sum_{i=1}^{n}M_i.D_i-B_b)=0$$
$$\lambda_1\geq 0$$
$$\nabla L(\psi_i,T,\lambda_2)=0 \Rightarrow \nabla\Pi_s(\psi_i,T)-\lambda_2.\nabla g_2(T)=0$$
$$\lambda_2.g_2(T)=0$$

(۸)

$$\begin{bmatrix}\frac{\partial\Pi_s(\psi_i,T)}{\partial\psi_i}\\ \frac{\partial\Pi_s(\psi_i,T)}{\partial T}\end{bmatrix}-\lambda_2.\begin{bmatrix}\frac{\partial g_2(T)}{\partial\psi_i}\\ \frac{\partial g_2(T)}{\partial T}\end{bmatrix}=0$$

$$D_i=0$$
$$\frac{\sum A_{s_i}}{T^2}-0.5j\sum C_{s_i}D_iu_i^{-1}-\lambda_2\sum C_{s_i}D_i=0$$
$$\lambda_2.(T.\sum_{i=1}^{n}C_{s_i}.D_i-B_s)=0$$
$$\lambda_2\geq 0$$

از آنجا که میزان قیمت فروش به خریدار (ψ_i) را نمی‌توان تعیین نمود، با حل معادله $\Pi_s(\psi_i)=0$ و به دست آوردن میزان بهینه چرخه تولید (T) از طریق حل معادله ۸ میزان ψ_i در حالی که میزان سود صفر می‌شود، به دست می‌آید. بنابراین خواهیم داشت:

$$\psi_i^0=C_{s_i}+\frac{A_{s_i}}{TD_i}+0.5jTC_{s_i}u_i^{-1} \qquad (۹)$$

معادله ۹ یک تابع خطی افزایشی می‌باشد، بنابراین مقدار بهینه قیمت فروش بیشترین مقدار آن می‌باشد که آن را به صورت زیر می‌توان نوشت:

$$\psi_i^*=R_i\psi_i^0=R_i(C_{s_i}+\frac{A_{s_i}}{TD_i}+0.5jTC_{s_i}u_i^{-1})$$

(۱۰)

فروشنده می‌تواند میزان ($R_i>1$) برای هر محصول را بطور جداگانه تعیین نماید (به عبارت دیگر میزان سود مورد انتظار خود برای هر محصول را مشخص نماید).

از طرف دیگر مجموعه معادلات KKT را می‌توان به صورت یک مساله مکمل غیرخطی[1](NCP) نوشت.

تعریف ۱: یک مساله مکمل غیرخطی مساله‌ای به فرم زیر می‌باشد:

$$X.F(X)=0; \quad X\geq 0, \quad F(X)\geq 0$$

و اغلب آن را با نماد $0\leq X\perp F(X)\geq 0$ نمایش می‌دهند.

بنابراین می‌توان دستگاه معادلات فوق را به شکل یک مساله مکمل غیرخطی به صورت زیر نوشت:

$$0\leq\begin{pmatrix}P_i\\ M_i\\ \psi_i\\ T\\ \lambda_1\\ \lambda_2\end{pmatrix}=X^v\perp F_v(X)=$$
$$\begin{pmatrix}k_iP_i^{-\alpha_i-1}M_i^{\beta_i}((1-\alpha_i)P_i+\alpha_i\psi_i+\alpha_i(1+\lambda_1)M_i+\alpha_i0.5jT\psi_i)\\ k_iP_i^{-\alpha_i}M_i^{\beta_i-1}(\beta_i(P_i-\psi_i-0.5jT\psi_i)-(1+\beta_i)(1+\lambda_1)M_i)\\ \psi_i-R_i(C_{s_i}+\frac{A_{s_i}}{TD_i}+0.5jTC_{s_i}u_i^{-1})\\ \frac{\sum A_{s_i}}{T^2}-0.5j\sum C_{s_i}D_iu_i^{-1}-v\sum C_{s_i}D_i\\ B_b-\sum_{i=1}^{n}M_i.D_i\\ B_S-T.\sum_{i=1}^{n}C_{s_i}.D_i\end{pmatrix}\geq 0,$$

(۱۱)

از حل توامان مساله مکمل غیرخطی خریدار و فروشنده، نقاط کاندید جواب برای مساله تعادل نش بدست می‌آید. در صورتی که شرایط کافی مرتبه اول KKT نیز برقرار باشند، جواب حاصل، جواب بهینه عمومی مساله تعادل نش است.

[1]Nonlinear Complementarity Problem

شبه مقعر بودن تابع هدف خریدار و محدب بودن محدودیت آن و مقعر بودن تابع هدف فروشنده و محدب بودن محدودیت‌های آن در مقالات نعیمی‌صدیق و همکاران [۲۵] و اسماعیلی و همکاران [۲۱]، اثبات شده‌است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شرایط کافی مرتبه اول KKT برقرار است و جواب حاصل از حل مساله مکمل غیر خطی خریدار – فروشنده، جواب بهینه عمومی مساله تعادل نش است.

سیستم معادلات توام مساله مکمل غیرخطی خریدار و فروشنده در نرم‌افزار GAMS مدل‌سازی شده و با استفاده از الگوریتم PATH توسط فریس و مونسون [۲۶] که بر اساس روش نیوتن[1] برای حل مسائل مکمل غیرخطی عمل می‌کند، حل شده‌است. الگوریتم‌های نیوتن از جمله مشهورترین رویکردهای حل برای سیستم‌های معادلات غیرخطی هستند. ایده اصلی این روش ایجاد یک تقریب محلی از معادلات غیرخطی در اطراف یک نقطه مشخص x^k، حل مدل تخمینی برای یافتن نقطه نیوتن، x^N، به‌روزآوری تکرار $x^{k+1}=x^N$ و تکرار این رویه تا هنگامی است که جواب سیستم معادلات غیرخطی حاصل گردد. این روش می‌تواند جواب مساله مکمل غیرخطی را با تقریب مناسبی بیابد. برای تضمین بهبود جواب در هر مرحله یک خط جستجو بین x^k و x^N استفاده می‌شود و به منظور وادار کردن فرایند به ایجاد بهبود در هر تکرار از یک تابع شایستگی مناسب، که معمولا به شکل $\frac{1}{2}\|F(X)\|$ است، استفاده می‌شود [۲۷].

الگوریتم PATH برای حل مساله مکمل غیرخطی توام نیاز به یک نقطه اولیه شدنی و مناسب دارد. در اینجا به منظور بدست آوردن یک نقطه اولیه، از الگوریتم تجزیه گوس–سایدل استفاده نمودیم. گام‌های الگوریتم گوس–سایدل به شرح زیر می‌باشد:

گام ۱– یک جواب اولیه مانند $x^0=(P_i^0,M_i^0,\psi_i^0,T^0)$ که در فضای محدودیت‌های مساله هر دو بازیکن (خریدار و فروشنده) شدنی باشد، انتخاب کنید. شمارنده تکرار را برابر $k:=0$ قرار دهید و پارامتر τ^k را برابر یک عدد نامنفی قراردهید.

گام ۲– در زیرمساله خریدار، متغیرهای تصمیم فروشنده را ثابت فرض نموده و مقدار آن را برابر ψ_i^k,T^k قراردهید، سپس مقدار بهینه استراتژی‌های خریدار $x^{k+1,b^*}=(P_i^{k+1^*},M_i^{k+1^*})$ را از حل زیرمساله خریدار بدست‌آورید:

$$\max \Pi_b(P_i,M_i,\psi_i^k,T^k)-\tau^k\left\|P_i-P_i^k\right\|^2-\tau^k\left\|M_i-M_i^k\right\|^2$$
$$s.t.\quad (P_i,M_i)\in X_b(P_i,M_i,\psi_i^k,T^k)$$

گام ۳– در زیر مساله فروشنده، متغیرهای تصمیم خریدار را ثابت فرض نموده و مقدار آن را برابر P_i^{k+1},M_i^{k+1} قراردهید، سپس مقدار بهینه استراتژی‌های بازیکن دوم $x^{k+1,s^*}=(\psi_i^{k+1^*},T^{k+1^*})$ را از حل زیرمساله فروشنده بدست آورید:

$$\max \Pi_s(\psi_i,T,P_i^{k+1},M_i^{k+1})-\tau^k\left\|\psi_i-\psi_i^k\right\|^2-\tau^k\left\|T-T^k\right\|^2$$
$$s.t.\quad (\psi_i,T)\in X_s(\psi_i,T,P_i^{k+1},M_i^{k+1})$$

گام ۴– اگر $\left|P_i^{k+1}-P_i^k\right|\le\varepsilon,\ \left|M_i^{k+1}-M_i^k\right|\le\varepsilon$ و $\left|\psi_i^{k+1}-\psi_i^k\right|\le\varepsilon,\left|T^{k+1}-T^k\right|\le\varepsilon$ توقف کنید. در غیر این صورت $k\leftarrow k+1$ قراردهید و به گام ۲ بروید.

فریتس و مونسون [۲۶] نشان‌داده‌اند که الگوریتم گوس–سایدل در صورت همگرایی به جواب تعادل نش بازی همگرا خواهد شد. الگوریتم فوق توسط نرم‌افزار GAMS مدل‌سازی شده و برای حل زیر مسئله هر یک از دو بازیکن از حل‌کننده MINOS که ابزاری برای حل مسائل برنامه‌ریزی غیرخطی است بهره گرفته شده‌است. با توجه به ویژگی شبه تقعر در توابع هدف، جواب حاصل از زیرمسئله هر بازیکن در هر تکرار جواب بهینه عمومی می‌باشد. جواب حاصل از الگوریتم تجزیه پس از ۱۰۰ تکرار متوالی به عنوان جواب اولیه الگوریتم PATH مورد

[1] Newton

استفاده قرارگرفته و جواب بهینه مسئله تعادل نش از حل مسئله مکمل غیرخطی بدست آمده‌است. در فصل بعد نتایج حاصل از حل مدل خریدار-فروشنده بدون‌همکاری برای چندین مسئله نمونه گزارش می‌شود.

۴-۲- بازی با همکاری

مدل همکاری در یک زنجیره‌ی تأمین خریدار و فروشنده براساس نعیمی‌صدیق و همکاران [۲۵] به شکل ذیل می‌باشد:

$$Max \ \ Z= \lambda\Pi_s(\psi_i,T)+(1-\lambda)\Pi_b(P_i,M_i)$$

$$0<\lambda<1$$

S.t. (۱۲)

$$g_1(P_i,M_i):\ \sum_{i=1}^{n} M_i D_i \le B_b$$

$$g_2(\psi_i,T):\ \ T\sum_{i=1}^{n} C_{s_i}\cdot D_i \le B_s$$

در این بخش، رویکرد بازی‌های باهمکاری را در یک مساله زنجیره تأمین خریدار و فروشنده از این منظر که آیا این امکان وجود دارد که اگر دو رده‌ی موجود با هم همکاری کنند سود بیشتری را کسب می‌کنند یا خیر، درنظر گرفته‌ایم. با استفاده از این رویکرد، خریدار و فروشنده برای تعیین استراتژی‌ها به منظور بیشینه نمودن سود خود با یکدیگر همکاری می‌نمایند.

برای حل این مساله جواب کارآی پارتو را که به صورت میزان سودی که در آن جواب دیگری را نمی‌توان یافت که سود هم خریدار و هم فروشنده از حالت بدون‌همکاری همزمان بیشتر گردد، تعریف می‌شود. به عبارت دیگر به ازای مقادیری از λ که در آن سود فروشنده و سود خریدار از حالت بدون‌همکاری بیشتر گردد. بنابراین λای معتبر است که در آن فروشنده و خریدار از حالت بدون‌همکاریشان بیشتر سود کنند تا حاضر به همکاری گردند.

این‌چنین همکاری از طریق بهینه‌سازی توأم مجموع وزنی توابع سود خریدار و فروشنده انجام می‌گیرد، به عبارت دیگر مجموعه‌ی جواب کارآی پارتو را می‌توان از طریق بیشینه‌سازی مدل فوق به دست آورد.

برای حل مدل، از نرم‌افزار تحقیق در عملیات GAMS استفاده شده‌است که در قسمت بعد نتایج محاسباتی آن برای مقایسه با مدل بدون‌همکاری آورده شده‌است.

۵- نتایج محاسباتی

در این قسمت ابتدا نتایج حاصل از حل مدل بدون‌همکاری نش در مسائل نمونه، بررسی شده‌است. در قسمت نهایی، نتایج حاصل از حل دقیق مدل باهمکاری در نرم‌افزار GAMS 29.9.2 آورده‌شده و با مقایسه نتایج بدست آمده حاصل از حل مدل بدون‌همکاری در ازای مقادیر مختلف وزنی بازه پایداری همکاری برای خریدار و فروشنده تعیین می‌شود. مشخصات ده نمونه مساله از مقاله نعیمی‌صدیق و همکاران [۱۹] اخذ شده‌است.

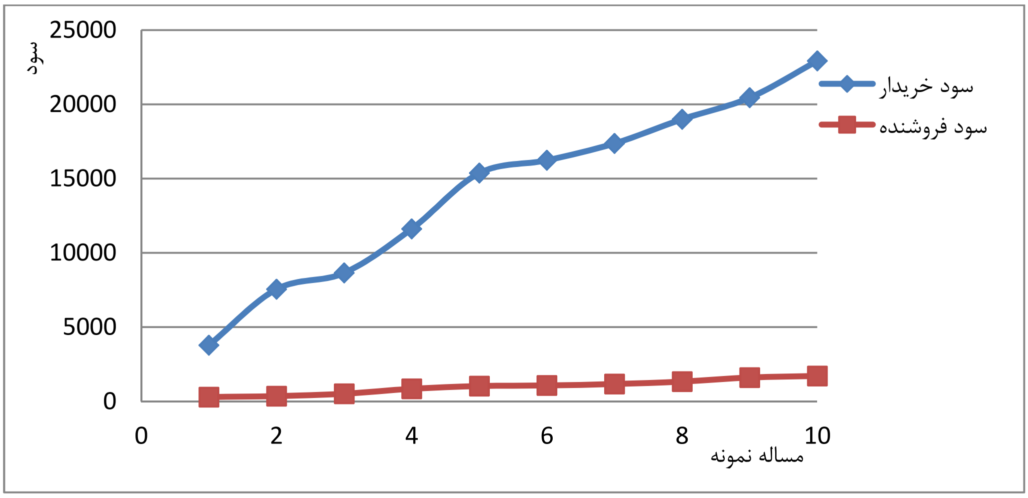
مقدار تابع هدف خریدار و فروشنده در مدل بدون‌همکاری همزمان (بازی نش) در جدول ۱ مشخص شده‌است. شایان ذکر است برای حل مدل نش با استفاده از الگوریتم تجزیه که در بخش قبل به‌طور کامل توضیح داده شد، یک نقطه اولیه مناسب برای حل معادلات KKT به صورت مساله مکمل غیرخطی حاصل شده و با استفاده از الگوریتم PATH جواب دقیق مساله بدست آورده شده‌است.

جدول ۱- مقایسه سود خریدار و فروشنده در بازی نش

تعداد محصول	بازی نش	
	سود خریدار	سود فروشنده
۱	۳۷۸۵٫۸	۲۹۶٫۴
۲	۷۵۵۲٫۴	۳۵۷٫۳
۳	۸۶۴۸٫۷	۵۱۳٫۶
۴	۱۱۶۱۵٫۵	۸۵۰٫۰
۵	۱۵۳۶۷٫۶	۱۰۳۳٫۱
۶	۱۶۲۳۰٫۲	۱۰۷۴٫۳
۷	۱۷۳۶۷٫۷	۱۱۷۰٫۴
۸	۱۸۹۹۴٫۳	۱۳۳۵٫۰
۹	۲۰۴۴۷٫۵	۱۶۰۷٫۳
۱۰	۲۲۹۱۹٫۱	۱۷۱۵٫۵

شکل ۱ میزان عائدی خریدار وفروشنده را در مدل بدون‌همکاری همزمان نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان عائدی خریدار از فروشنده بیشتر می‌باشد که این می‌تواند به‌دلیل تبلیغات محصولات باشد که بر عهده خریدار است، چرا که با افزایش هزینه تبلیغات میزان تقاضا افزایش می‌یابد.

در بازی با همکاری هدف تعیین سهم سود هر یک از اعضای شرکت کننده در همکاری است در صورتی که همکاری شرایط پایداری داشته باشد، همکاری بین خریدار و فروشنده ادامه خواهد یافت، در غیر این صورت ائتلاف شکل نخواهد گرفت و طرفین ترجیح می‌دهند که به صورت فردی به فعالیت خود در بازار ادامه دهند. به عنوان مثال نمونه مساله شماره یک را درنظر بگیرید، فرض می‌گردد سود تضمین شده برای خریدار و فروشنده در حالت بدون‌همکاری همزمان (نش) به ترتیب برابر با ۳۷۸۵/۸ و ۲۹۶/۴ واحد سود باشد. در این حالت هنگامی خریدار و فروشنده توافق به همکاری می‌نمایند که سود دریافتی هریک از آن‌ها حداقل به همین میزان باشد، درغیراین‌صورت همکاری آن‌ها ناپایدار خواهد بود. به عبارت دیگر اگر (۰/۷۰۰ و ۰/۳۶۴) $\lambda \in$ خریدار و فروشنده عائدی بیشتری نسبت به مدل نش خواهند داشت و همکاری آن‌ها پایدار خواهد بود. جدول ۲ نتایج حاصل از حل مدل همکاری برای ده نمونه مسئله در ازای مقادیر وزن‌های مختلف برای خریدار و فروشنده و همچنین حداقل و حداکثر میزان سود در حالت همکاری را نسبت به حالت بدون‌همکاری همزمان (بازی نش) نشان می‌دهد.



شکل ۱- مقایسه سود خریدار و فروشنده در بازی نش

جدول ۲- بررسی پایداری همکاری خریدار و فروشنده در بازی نش

تعداد محصول	مقادیر λ	مقدار تابع هدف خریدار		مقدار تابع هدف فروشنده	
		حداقل سود	حداکثر سود	حداقل سود	حداکثر سود
۱	(٪۷۰ و ٪۳۶/۴)	۳۷۸۹/۶	۴۳۸۲/۳	۲۹۶/۷	۶۶۷
۲	(٪۶۵/۳ و ٪۳۳/۵)	۷۵۵۸/۵	۸۱۳۲/۲	۳۵۷/۴	۷۹۹/۴
۳	(٪۶۲/۴ و ٪۴۶/۸)	۸۶۵۳/۹	۹۲۱۰/۶	۵۱۴	۹۴۴/۵
۴	(٪۶۲/۳ و ٪۴۶/۴)	۱۱۶۲۵	۱۲۴۷۹	۸۵۰/۷	۱۵۱۲
۵	(٪۶۲/۴ و ٪۴۵/۳)	۱۵۳۷۹	۱۶۴۰۸	۱۰۳۴/۴	۱۸۳۸/۱
۶	(٪۶۲/۳ و ٪۴۴/۸)	۱۶۲۴۱	۱۰۷۵	۱۰۷۵/۶	۱۹۷۵/۴
۷	(٪۶۲/۹ و ٪۴۶/۱)	۱۷۳۷۰	۱۸۶۹۳	۱۱۷۰/۵	۲۱۶۴/۵
۸	(٪۶۳/۱ و ٪۴۷/۵)	۱۹۰۰۶	۲۰۲۴۵	۱۳۳۶/۴	۲۲۶۴/۵
۹	(٪۶۲/۲ و ٪۴۵/۳)	۲۰۴۴۸	۲۱۷۸۰	۱۶۰۸	۲۶۵۵/۴
۱۰	(٪۶۴/۱ و٪۵۱/۲)	۲۲۹۲۴	۲۴۲۹۹	۱۷۱۸/۶	۲۶۶۲/۳

۶- نتیجه‌گیری

در این تحقیق مدل بدون‌همکاری همزمان فروشنده و خریدار توسعه داده شده‌است که در آن‌ها فروشنده و خریدار دارای قدرت یکسانی در زنجیره هستند و همزمان تصمیمات خود را اتخاذ می‌نمایند. همچنین مدل باهمکاری مورد بررسی قرارگرفته‌است که در آن اعضای زنجیره خریدار و فروشنده برای به دست آوردن سود بیشتر با یکدیگر همکاری می‌کنند. به عبارت دیگر شرایط پایداری همکاری بررسی گردید که به‌دست آوردن سود بیشتر نسبت به حالت بدون همکاری است. در مورد مدل بدون‌همکاری همزمان فروشنده و خریدار با توجه به ویژگی‌های مساله حل مدل به صورت دقیق صورت گرفت. در انتها، مدل باهمکاری که در آن خریدار و فروشنده به منظور سود بیشتر با یکدیگر همکاری می‌کنند، مورد بررسی قرارگرفته‌است و برای محاسبه‌ی تابع هدف و مقدار سود هریک از اعضای زنجیره از نرم‌افزار GAMS استفاده شده‌است.

در انتها، پایداری همکاری و میزان حداقل و حداکثر سود فروشنده و خریدار در حالت همکاری نسبت به حالت بدون همکاری در تمامی مسائل نمونه مورد بررسی قرارگرفته‌است.

به‌منظور پیشنهاد برای مطالعات آتی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

در این مقاله به منظور جلوگیری از کمبود فرض شده‌است که نرخ تولید بزرگتر مساوی نرخ تقاضا می‌باشد که می‌توان در مدل فرشنده، هزینه‌ی کمبود را به دو صورت پس‌افت و فروش از دست رفته را لحاظ نمود.

هزینه تبلیغات را می‌توان در قالب این‌که، فروشنده نیز مقداری از هزینه تبلیغات را بر عهده بگیرد، بررسی نمود که در این صورت می‌توان تأثیر بازی‌های باهمکاری و بدون همکاری را بر روی مقداری از تبلیغات را که شریک می شوند و یا سهم خریدار و فروشنده از هزینه تبلیغات را بررسی نمود.

۷- مراجع

[1] Yang, S.L., Zhou, Y.W. (2006). "Two-echelon supply chain models: Considering duopolistic retailers different competitive behaviors". International Journal of Production Economics, Vol. 103, pp. 104-116.

[2] Chen, M.S., Chang, H.J., Huang, C.W., Liao, C.N. (2006). "Channel coordination and transaction cost: A game-theoretic analysis". Industrial Marketing Management, Vol. 35, pp. 178-190.

[3] Dai, Y., Chao, X., Fang, S.C., Nuttle, H.L. (2005). "Pricing in revenue management for multiple firms competing for customers". European Journal of Operational Research, Vol. 98, pp. 1-16.

[4] Leng, M., Parlar, M. (2005). "Game Theoretic Applications in Supply Chain Management: a Review". INFOR, Vol. 43, No. 3, pp. 187-220.

[5] Huang, S., Yang, C., Zhang, X. (2012). "Pricing and production decisions in dual-channel supply chains with demand disruptions". Computers & Industrial Engineering, Vol. 62, pp. 70-83.

[6] Ahmadi-Javid, A., Hoseinpour, P. (2012). "On a cooperative advertising model for a supply chain with one manufacturer and one retailer". European Journal of Operational Research, Vol. 219, No. 2, pp. 458-466.

[7] Hu, Y., Guan, Y., Liu, T. (2011). "Lead-time hedging and coordination between manufacturing and sales departments using Nash and Stackelberg games". European Journal of Operational Research, Vol. 210, pp. 231-240.

[8] Yu, Y., Huang, G.Q. (2010). “Nash game model for optimizing market strategies, configuration of platform products in a Vendor Managed Inventory (VMI) supply chain for a product family”. European Journal of Operational Research, Vol. 206, pp. 361–373.

[9] Wang, S.D., Zhou, Y.W., Min, J., Zhong, Y.G. (2011). “Coordination of cooperative advertising in a one-manufacturer two-retailer supply chain system”. Computers & Industrial Engineering, Vol. 61, pp. 1053-1071.

[10] Wu, C.H., Chen, C.W., Hsieh, C.C. (2012). “Competitive pricing decisions in a two-echelon supply chain with horizontal and vertical competition”. International Journal of Production Economics, Vol. 135, pp. 265-274.

[11] SeyedEsfahani, M.M., Biazaran, M., Gharakhani, M. (2011). “A game theoretic approach to coordinate pricing and vertical co-op advertising in manufacturer–retailer supply chains”. European Journal of Operational Research, Vol. 211, pp. 263–273.

[12] Sinha, S., Sarmah, S.P. (2010). “Coordination and price competition in a duoply common retailer supply chain”. Computers & Industrial Engineering, Vol. 59, pp. 280-295.

[13] Chen, T.H. (2011). “Coordinating the ordering and advertising policies for a single-period commodity in a two-level supply chain”. Computers & Industrial Engineering, Vol. 61, pp. 1268-1274.

[14] Li, J., Wang, S., Cheng, T.C.E. (2010). “Competition and cooperation in a single-retailer two-supplier supply chain with supply disruption”. International Journal of Production Economics, Vol. 124, pp. 137-150.

[15] Zhao, Y., Wang, S., Cheng, T.C.E., Yang, X., Huang, X. (2010). “Coordination of supply chains by option contracts: A cooperative game theory approach”. European Journal of Operational Research, Vol. 207, pp. 668-675.

[16] Esmaeili, M., Zeephongsekul, P. (2010). “Seller-buyer models of supply chain management with an asymmetric information structure”. International Journal of Production Economics, Vol. 123, pp. 146-154.

[17] Xie, J., Neyret, A. (2009). “Co-op advertising and pricing models in manufacturer-retailer supply chains”. Computers & Industrial Engineering, Vol. 56, pp. 1375-1385.

[18] Hsieh, C.C., Liu, Y.T. (2010). “Quality investment and inspection policy in a supplier-manufacturer supply chain”. European Journal of Operational Research, Vol. 202, pp. 717-729.

[19] Naimi Sadigh, A., Mozafari, M., Karimi, B. (2012). “Manufacturer-retailer supply chain coordination: A bi-level programming approach”. Advances in Engineering Software, Vol. 45, pp. 144-152.

[20] Lee, W.J., Kim, D. (1993). “Optimal and heuristic decision strategies for integrated product and marketing planning”. Decision Sciences, Vol. 24, No. 6, pp. 1203– 1213.

[21] Esmaeili, M., Aryanezhad, M.B., Zeephongsekul, P. (2009). “A game theory approach in seller-buyer supply chain”. European Journal of Operational Research, Vol. 195, pp. 442-448.

[22] Abad, P.L., Jaggi, C.K. (2003). “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, Vol. 83, pp. 115-122.

[23] Facchinei, F., Kanzow, C. (2007). “Generalized Nash equilibrium problems”, 4OR, Vol. 5, pp. 173–210.

[24] Kuhn, M. (2006). “The Karush-Kuhn-Tucker Theorem”. Mannheim, Germany, CDSEM Uni Mannheim.

[25] Naimi Sadigh, A., Krimi, B., Zanjirani Farhani, R. (2011). “A game theoretic approach for two echelon supply chains with continuous depletion”. International Journal of Management Science and Engineering Management, Vol. 6, No. 6, pp. 408-412.

[26] Ferris, M.C., Munson, T.S. (2000). “Complementarity problems in GAMS and the PATH solver”. Journal of Economic Dynamics and Control, Vol. 24, pp. 165-188.

[27] Ferris, M.C., Munson, T.S. (2008). “PATH 4.6 User manual”. Available at: www.gams.com.