مدیریت تولید و عملیات، دوره ششم، شماره (۱)، پیاپی(۱۰)، بهار و تابستان ۱۳۹٤
دریافت: ۹۲/۳/۱ پذیرش: ۹۳/۳/۲۷
صص:۱-۲۰

طراحی مدل رهبری در زنجیره‌های تأمین سه سطحی نامحدود: نظریه بازی‌های غیرهمکارانه پویا

حنان عموزاد مهدیرجی[۱*]، احمدجعفرنژاد[۲]، علی محقر[۳]، محمد مدرس یزدی[٤]
۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان، کاشان
۲- استاد دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران
۳- دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران
٤- استاد دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی شریف، تهران

چکیده

هدف از مدیریت زنجیره تأمین، بهبود فعالیت‌های مختلف اجزا و سطوح یک زنجیره تأمین به منظور بهبود وضع کلی است. در این هنگام ممکن است بین اهداف اجزا و سطوح مختلف در جهت رسیدن به اهداف کلی، تضاد و تناقضات بسیاری مشاهده شود، که این اختلالات و تناقضات به مرور زمان به کاهش قدرت و رقابت‌پذیری منجر خواهد شد. از جمله تعارضات، هزینه‌های بازاریابی، قیمت‌گذاری و موجودی هستند. در تحقیق حاضر و با فرض عدم همکاری بین سطوح گوناگون و در حالت بازی‌های پویا با اطلاعات کامل، شناسایی رهبر مناسب از بین سطوح مختلف، مورد نظر است. در حالت بازی غیرهمکارانه پویا، هر یک از سطوح، اعم از خرده‌فروشان، تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان، بسته به قدرت چانه‌زنی و جایگاه خود در بازار، می‌توانند نقش پیشرو را داشته باشند. با بررسی مدل‌های گوناگون، نتیجه‌گیری شد که حرکت رهبری از انتهای زنجیره به ابتدا، سود کلی زنجیره تأمین را کاهش داده است.

واژه های کلیدی:بازی‌های غیرهمکارانه پویا،زنجیره تأمین، همکاری در زنجیره تأمین.

---

* نویسنده مسؤول: azad.kashan@yahoo.com

www.SID.ir

۱- مقدمه

زنجیره‌های تأمین امروزه به یکی از پارادایم‌های غالب در عرصه کسب و کار تبدیل شده‌اند. فارستر که بسیاری او را پایه‌گذار موضوع زنجیره‌های تأمین می‌دانند، در سال ۱۹۵۸ ایده‌ای با این مضمون را عنوان نمود که:«موفقیت سازمان‌ها در گرو تعامل و تبادل اثربخش جریان اطلاعات، مواد، سرمایه، نیروی انسانی و تجهیزات در میان آنهاست». این ایده با گذشت زمان به نظریه‌ای غالب و انکارناپذیر در حوزه کسب و کار تبدیل شده است(منتزر[1]، ۲۰۰۱) بسیاری از صاحبنظران معتقدند که رقابت بین سازمان‌ها و شرکت‌ها در دهه‌های گذشته به رقابت میان زنجیره‌ها در عصر حاضر تبدیل شده است. در واقع، بخش عمده‌ای از تعمیم و گسترش این زمینه در دو دهه اخیر صورت گرفته و بسیاری از سازمان‌های بزرگ بین‌المللی، نظیر سیسکو، دل، نایک، پروکتراند گامبل و زارا از آن بهره‌مند شده‌اند(جسپرسون[2]، ۲۰۰۵)

اگرچه مدل جامعی در خصوص تبیین مسائل و موضوع‌های زنجیره تأمین وجود ندارد، لیکن مروری بر مبانی نظری این زمینه نشان می‌دهد که مسائلی نظیر سیستم‌های اطلاعاتی، بازاریابی، مدیریت مالی، موضوع‌های لجستیکی و روابط بین سازمانی از زمینه‌های مورد توجه محققان در این حوزه بوده است(وانگ و دیگران، ۲۰۰۷). هدف از مدیریت زنجیره تأمین، بهبود فعالیت‌های مختلف اجزا و سطوح یک زنجیره تأمین به منظور بهبود وضع کلی سیستم زنجیره تأمین است. در این هنگام ممکن است بین اهداف اجزا و سطوح مختلف در جهت رسیدن به اهداف کلی زنجیره تأمین، تضاد و تناقضات بسیاری مشاهده شود، که این اختلالات و تناقضات به مرور زمان به کاهش قدرت و رقابت‌پذیری زنجیره تأمین منجر خواهد شد. از جمله تعارضات، هزینه‌های بازاریابی(تبلیغات)، قیمت‌گذاری و موجودی هستند. متدها و رویکردهای بسیاری به منظور ایجاد همکاری در زنجیره تأمین و تعیین مقادیر بهینه موجودی و قیمت برای سطوح مختلف زنجیره تأمین قابل استفاده هستند. متدها و رویکردهای بسیاری به منظور ایجاد همکاری در زنجیره تأمین و تعیین مقادیر بهینه موجودی و قیمت برای سطوح مختلف زنجیره تأمین قابل استفاده هستند. رویکرد نظریه بازی‌ها با توجه به ویژگی‌هایی که دارد، ابزاری مناسب برای ایجاد همکاری در زنجیره‌های تأمین است. این ابزار هم برای زنجیره-های تأمین همکارانه و هم برای زنجیره‌های تأمین غیرهمکارانه قابلیت استفاده گسترده‌ای را داراست.

۲- مبانی نظری پژوهش

زنجیره تأمین: امروزه بسیاری از سازمان‌های کسب و کار در قالب شبکه‌هایی از تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان سازماندهی شده‌اند که مواد خام را تأمین، آنها را به محصولات نهایی تبدیل و در میان مشتریان توزیع می‌کنند. اصطلاح شبکه‌های چند سطحی تولید/ توزیع در واقع مترادف با چنین شبکه‌هایی هستند که با عنوان زنجیره‌های تأمین نیز شناخته می‌شوند و به وضعیت‌های اشاره دارند که یک قلم تا پیش از رسیدن به مشتری نهایی گام‌های مختلفی را طی می‌کند(گوموس و گونری[3]، ۲۰۰۷)

در تعریف زنجیره تأمین، چوپرا آن را به صورت کلیه اعضایی می‌داند که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در برآوردن نیاز یک مشتری دخالت دارند. معمولاً یک

www.SID.ir

زنجیره تأمین از پنج مرحله مشتریان، خرده‌فروش‌ها، عمده فروش‌ها/ توزیع‌کنندگان، تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان قطعات/ مواد اولیه تشکیل شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در هر یک از گزینه‌های فوق همواره می‌توان ساختاری چند سطحی را تجسم نمود. ضرورت توجه به سیستم‌های چند سطحی را می‌توان با نگرش به ضرورت و اهمیت هماهنگی در تصمیمات زنجیره تأمین مشاهده نمود. در هر یک از مراحل زنجیره‌های تأمین، صدها و هزاران تصمیم اتخاذ می‌شود. این تصمیمات، دامنه‌ای از تصمیمات جزئی تا کلان را شامل می‌شود. هرچه اهمیت یک تصمیم بیشتر باشد، برنامه‌ریزی برای آن از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود(استدلر و کیکلر[۴]، ۲۰۰۷) در یک زنجیره تأمین اتخاذ تصمیماتی هماهنگ و با در نظر گرفتن نیازمندی‌ها و ویژگی‌های مراحل مختلف زنجیره اهمیت بسیاری دارد. به‌طور کلی، زنجیره تأمین از بخش‌ها و سطوح مختلفی تشکیل شده است که هر کدام از این سطوح با یکدیگر در تعامل هستند. این تعامل از نوع تأمین‌کننده – مشتری بوده که در کل زنجیره تأمین، از تأمین‌کننده اولیه و اصلی، تا مشتری نهایی به چشم می‌خورد. در تعامل بین هر دو بخش از زنجیره تأمین، تعیین مواردی چون: اندازه دسته، مقدار سفارش، قیمت پیشنهادی، سهم و مشارکت در بازاریابی، قیمت نهایی و مواردی از این قبیل، بررسی می‌شود. هر یک از موارد فوق در فرایند چانه‌زنی طرفین مورد مباحثه قرار گرفته و در راستای تأمین اهداف هر یک از طرفین، و در صورت امکان توافق نهایی صورت می‌پذیرد. بنابراین، ایجاد توافق، همکاری و هماهنگی بین سطوح و اجزای یک زنجیره تأمین به‌منظور حداکثرسازی منافع کل زنجیره و همچنین، هر یک از اجرا، از اهمیت بالایی برخوردار است(چوپرا و میندل، ۲۰۰۷).

۲- ۱- نظریه بازی‌ها

ریشه اصلی به‌کارگیری نظریه بازی‌ها در دهه ۴۰ و در کشورهایی همچون ژاپن و آرژانتین آغاز گردید. اغلب پیشگامان این رشته جدید ریاضیدانانی بودند که بیشتر بر اثبات روابط تأکید داشتند تا به‌کارگیری نظریات در عمل؛ اما به مرور زمان این شاخه جدید از ترکیب علوم ریاضی و اقتصاد، جایگاه خود را در حل تعارضات در کاربرد و عمل نیز نشان داد(راسموسن[۵]، ۲۰۰۵) جان نش در سال ۱۹۵۰ با ارائه یک نقطه تعادلی به حلّ مسائل همکارانه پرداخت(جان نش[۶]، ۱۹۵۰) و همچنین راه حل جدیدی برای مسائل چانه‌زنی ارائه نمود (نش[۷]، ۱۹۵۱) وی در ادامه توانست یک راه حل تعادلی برای برای بازی‌های غیرهمکارانه نیز ارائه نماید. بازی همکارانه به شرایطی اشاره دارد که بازیکنان یک فضای رقابتی به همکاری برای دستیابی به سود بیشتر تمایل دارند؛ اما در بازی غیرهمکارانه هیچ یک از بازیکنان (سطوح زنجیره تأمین در مقاله مورد بررسی) تمایلی به تصمیم‌گیری تحت شرایط همکارانه علاقه‌مند نبوده و تصمیم‌گیری انفرادی را گزینه مناسبتری می‌دانند (نش[۸]، ۱۹۵۲). نظریه بازی‌ها تا سال ۱۹۷۰ همچنان در اختیار علم اقتصاد و پس از آن با توسعه رشته مذکور و همچنین، افزایش توانمندی‌های اطلاعاتی و فناوری اطلاعات در سایر بخش‌های علمی و صنعتی، استفاده از ابزار نظریه بازی‌ها در علوم و صنایع نیز آغاز گردید. این حوزه علمی در اوج منطق ساده خود، دارای محاسبات و

www.SID.ir

اثبات‌های ریاضی بسیار قدرتمندی بوده و در حال توسعه زیربنایی و به‌کارگیری عملی در عصر حاضر است (راسموسن، ۲۰۰۵). بازی در اصطلاح به تمام موقعیت‌هایی گفته می‌شود که در آن بین عمل بازیکنان وابستگی متقابل وجود داشته باشد؛ یعنی عمل هر بازیکن به واکنش مثبت یا منفی در طرف مقابل(حریف) منجر شود. به بیان دقیق‌تر، پیامد(سود، درآمد و غیره) بازیکنان در یک بازی، تابعی از عمل طرفین است (راسموسن، ۲۰۰۵)؛ اما در عرف، سه شرط زیر ملزم به برقراری است تا تعریف بازی مصداق پیدا کند:

۱) حداقل دو نفر، سازمان و غیره وجود داشته باشند.

۲) طرفین که به بازیکنان شناخته می‌شوند، با یکدیگر تعارض منافع داشته باشند.

۳) هر یک از بازیکنان برای برد و حصول پیامد بیشتر برای خود تلاش می‌کند؛ اما پیروزی یا شکست یک بازیکن تنها تابع تلاش او نیست، بلکه به حرکات حریف نیز وابسته است(عبدلی، ۱۳۸۷). هر بازی از اجزای مشخصی چون: بازیکنان، اقدامات، اطلاعات، پیامدها و راهبردها تشکیل شده است که بر اساس قوانین بازی به دنبال دستیابی به تعادل در یک بازی هستند(راسموسن، ۲۰۰۵). یک بازی بر اساس ایستا یا پویا بودن و کامل یا ناقص بودن، به دسته های مختلفی قابل تقسیم است. در بازی ایستا بازیکنان همزمان حرکت و عمل خود را انجام می‌دهند، در حالی‌که در بازی پویا بازیکنان متوالیاً اقدام به حرکت می‌نمایند. به عبارتی، در بازی پویا بازیکنان با مشاهده حرکت حریف یا حریفان خود اقدام به انتخاب عمل یا استراتژی می‌نمایند. از سوی دیگر اگر بازیکنان از پیامد حاصل از انتخاب یا حرکت خود و حریفان اطلاع داشته باشند، به آن بازی با اطلاعات کامل و اگر حداقل یکی از بازیکنان اطلاع از پیامد خود یا سایرین نداشته باشد، بازی با اطلاعات ناقص نامیده می‌شود (عبدلی، ۱۳۸۷).

۲-۲- سوابق پژوهش‌های مشابه

یکی از برجسته‌ترین و پرکاربردترین نقش‌های نظریه بازی‌ها در زنجیره‌های تأمین، چگونگی تأثیر آن بر ایجاد همکاری و هماهنگی سطوح مختلف است. در این راستا و پس از مطالعه پیشینه تحقیق، نکات زیر قابل ارائه هستند:

۱. برخی از قراردادهای ایجاد همکاری در زنجیره تأمین(با کمک نظریه بازی‌ها) به دنبال ایجاد هماهنگی و همکاری با استفاده از تقسیم سود، تقسیم درآمد، مشارکت در سرمایه‌گذاری، مشارکت در سود، مشارکت یا تقسیم هزینه‌ها و یا ایجاد هماهنگی‌های منصفانه هستند.

۲. گروه دوم شامل قراردادهایی هستند که با هدف همکاری و هماهنگی و به کمک نظریه بازی‌ها به دنبال ارتقای فروش و یا توسعه وضعیت زنجیره تأمین به کمک قراردادهای انتخابی و پیشنهادهای خاص هستند.

۳. گروه سوم شامل قراردادهایی هستند که با هدف همکاری و هماهنگی و به کمک نظریه بازی‌ها، حالت‌هایی که در آن امکان ارجاع کالا، بازپس‌گیری کالا و یا برهم‌زدن سفارش وجود دارد، بررسی می‌شوند.

٤. گروه چهارم قراردادهایی هستند که با هدف همکاری و هماهنگی و به کمک نظریه بازی‌ها،

www.SID.ir

وضعیت‌های پیش‌خرید، مشارکت در طراحی محصول، مشارکت در تسهیم اطلاعات و مواردی از این قبیل را بررسی می‌نمایند.

۵. گروه پنجم قراردادهایی هستند که با هدف همکاری و هماهنگی و به کمک نظریه بازی‌ها، مدل‌های تخفیف مختلف و نحوه تأثیر آنها بر سودآوری سطوح و کلیت زنجیره تأمین را بررسی می‌نمایند. جدول(۱) مطالعات و پیشینه تحقیق مرتبط با موضوع فوق‌الذکر را بر اساس چهارچوب پیشنهادی ارائه نموده است (در پایان مقاله درج شده است).

با توجه به مطالعه پژوهش‌های پیشین، اهمّ نوآوری‌های مقاله حاضر شامل مواردی همچون: نامحدود بودن زنجیره تأمین سه سطحی مورد بررسی، به‌کارگیری از بازی استکلبرگ در مدل‌سازی مسائل و همچنین، استفاده از پیش‌فرض‌هایی چون: غیرخطی بودن تابع تقاضا، کمبود مجاز در سیستم موجودی و تولید تدریجی است.

۳- فرایند اجرایی پژوهش

تفاوت اصلی میان آگاهی‌های بشری حاصل از کنجکاوی و یافته‌های حاصل از پژوهش و کاوش علمی را می‌توان در ساختاریافتگی و نظام‌مندی روش علمی دانست. این ویژگی در تعریف پژوهش نیز نهفته است که آن را فعالیتی گام به گام برای حل مسأله‌ای خاص بیان می‌کنند. پس از بحث پیرامون ابعاد و جنبه‌های روش‌شناختی پژوهش حاضر، این بخش به معرفی و تشریح فرایند و گام‌هایی اختصاص دارد که طی آن نسبت به حل مسأله مورد بررسی اقدام شده است. در طراحی گام‌های تحقیق عمدتاً از تجربیات و تحقیقات مشابه در زمینه‌های زیر الگوبرداری شده است:

۱. تحقیقات متمرکز بر قراردادهای ایجاد همکاری در زنجیره‌های تأمین؛

۲. تحقیقات متمرکز بر استفاده از نظریه بازی‌ها در برقراری تعادل در زنجیره تأمین؛

۳. تحقیقات متمرکز بر بهینه‌سازی متغیرهایی چون: قیمت، موجودی و بازاریابی و تبلیغات در زنجیره‌های تأمین.

۳- ۱- ساختار بازی مورد بررسی

تعامل و موازنه بین سیاست‌ها و برنامه‌های بازاریابی و کنترل موجودی، رویکردی مناسب و مفید به منظور بهبود عملکرد زنجیره تأمین و شرکت‌های تابعه و فعال در آن است. در تحقیق حاضر تصمیم‌گیری در زمینه قیمت‌گذاری، هزینه‌های بازاریابی و خرید کالا در یک زنجیره تأمین سه سطحی، متشکل از چندین تأمین‌کننده، تولیدکننده و خرده‌فروش مدّ نظر است. با توجه به رقابت موجود بین تمامی سطوح سه‌گانه اشاره شده، از مدل‌های رایج در نظریه بازی‌ها به منظور یافتن نقطه تعادلی استفاده خواهد شد. ساختار یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل M تأمین‌کننده $s_1, s_2, \ldots, s_M$ ، N تولیدکننده $n_1, n_2, \ldots, n_N$ و همچنین K خرده فروش $r_1, r_2, \ldots, r_K$ است.

۳-۲ - پیش‌فرض‌های بازی

۱. تقاضای محصولات در زنجیره تأمین سه سطحی مورد نظر تابعی است از قیمت خرده‌فروشان به

www.SID.ir

مشتریان و همچنین، هزینه‌های صرف شده بابت تبلیغات محصول مورد نظر در بازار هدف. شایان ذکر است که با وجود متغیر بودن تابع تقاضا، قطعی در نظر گرفتن تابع تقاضا در حوزه همکاری در زنجیره تأمین با رویکرد نظریه بازی‌ها بسیار متداول بوده و در تحقیق حاضر نیز از همین رویکرد استفاده شده است(ابد[۹]، ۱۹۹٤) ؛ (لی[۱۰]، ۱۹۹۳) ؛ (لی و دیگران[۱۱]، ۱۹۹٦) ؛ (کیم و لی[۱۲]، ۱۹۹۸) ؛ (جونگ و چری، ۲۰۰۱)؛ (جونگ و چری[۱۳]، ۲۰۰۵) و (اسماعیلی و دیگران[۱٤]، ۲۰۰۸).

۲. کمبود در سیستم زنجیره تأمین مجاز است و به ازای هر واحد کمبود هزینه‌ای به سطح مرتبط تحمیل خواهد شد. هزینه کمبود مذکور برای سطح تولیدکنندگان و برای انبار محصول نهایی در نظر گرفته شده است. در ضمن، مقدار و چگونگی تولید، رفتاری تدریجی دارد.

۳. انواع قراردادهای همکاری چون: مشارکت در سود، مشارکت در فروش از دست رفته، تقسیم هزینه‌ها، کالای مرجوعی و بازپرداخت، در زنجیره تأمین قابل استفاده است. در تحقیق حاضر به منظور ایجاد همکاری در سطوح مختلف زنجیره تأمین از قرارداد مشارکت در سود بین تمامی سطوح زنجیره تأمین استفاده شده است. در ضمن، تخفیف از تولیدکننده به خرده‌فروش نیز در طراحی مدل‌ها به‌کار گرفته شده است. تصمیمات و سیاست‌های بهینه موجودی، قیمت‌گذاری و تبلیغات در سطوح مختلف زنجیره تأمین مدّ نظر بوده و به عنوان متغیرهای تصمیم قابل تعریف و بررسی هستند.

٤. هزینه تولید هر واحد محصول برای تولیدکننده تابعی غیرخطی از تقاضای محصول است و با افزایش میزان تقاضا، هزینه متغیر تولید هر واحد کاهش خواهد یافت (بازارا و دیگران[۱۵]، ۱۹۹۳)؛ (آریانژاد و سجادی، ۱۳۸٦).

۵. خرده‌فروشان تنها محصولات تولیدکننده مرتبط را به فروش می‌رسانند. به‌عبارتی، هر تولیدکننده تنها یک محصول تولید می‌کند و تنها به خرده فروش طرف قرارداد، محصول را ارائه می‌نماید. از سوی دیگر، هر خرده‌فروش نیز تنها محصولات تولیدکننده طرف قرارداد را به بازار ارائه می‌نماید. تنوع محصولات به تعداد تولیدکنندگان بوده؛ اما تفاوت درون محصولات اندک است.

٦. در ساختار در نظر گرفته شده، هر تأمین‌کننده یک نوع ماده اولیه را برای تولیدکنندگان ارسال می‌کند و از سوی دیگر، هر تولیدکننده محصول نهایی خود را تنها به خرده‌فروش طرف قرارداد خود ارسال می‌نماید. در زنجیره تأمین فوق، تعاملات بین مشتریان با خرده‌فروشان، خرده‌فروشان با تولیدکنندگان و همچنین، بین تولیدکنندگان با تأمین‌کنندگان برقرار است. مشتری، خرده‌فروش، تولیدکننده و تأمین‌کننده، هر یک از تعاملات خود نقش خریدار و فروشنده[۱٦]را ایفا می‌نمایند.

٤- مدل‌سازی توابع سود بازیکنان

٤- ۱- تابع سود خرده فروشان

تعداد K خرده‌فروش در زنجیره تأمین فعالیت می‌نمایند که هر خرده‌فروش محصول مورد نظر خود را تنها از یک تولیدکننده تأمین می‌نمایند. در حالت

www.SID.ir

کلی، پیامد هر خرده‌فروش حاصل تفاضل درآمدهای وی از هزینه‌های اوست. در چنین شرایطی، خرده‌فروش با هزینه‌های سفارش، هزینه‌های نگهداری و همچنین، هزینه‌های بازاریابی صرف شده برای هر محصول مواجه است. از سوی دیگر، حاشیه سود هر خرده‌فروش حاصل تفاضل قیمت پرداخت شده به تولیدکننده برای خرید انبوه از قیمت فروش به مشتری است. متغیرها و پارامترهای مورد استفاده برای محاسبه پیامد خرده‌فروشان در جدول (۲) فهرست و معرفی شده است. شایان ذکر است که با توجه به اینکه محصول نهایی هر تولیدکننده تنها برای یک خرده‌فروش ارسال می‌شود، در نتیجه تعداد تولیدکنندگان و خرده‌فروشان برابر است.

جدول(۲): نمادشناسی مدل کلی خرده فروشان

ردیف	نماد	شرح
۱	G_r	حاشیه سود خرده‌فروش rام
۲	P_{r_n}	قیمت فروش محصول nام از سوی خرده‌فروش rام به مشتری نهایی
۳	P_n	قیمت فروش انبوه محصول nام از سوی تولیدکننده nام به خرده‌فروش rام
٤	D_n	تابع تقاضای محصول nام
٥	C_{M_n}	هزینه‌های بازاریابی صرف شده از سوی خرده‌فروش برای محصول nام
٦	k, α, β	ثابت تابع تقاضا، ضریب کشش قیمتی تقاضا و ضریب تأثیر تبلیغات
۷	$C_{s_{rn}}$	هزینه‌های ثابت سفارش و خرید برای خرده‌فروش rام در هر بار کالاگیری محصول nام
۸	Q_{r_n}	مقدار سفارش خرده‌فروش rام از محصول nام
۹	$k_n^{'}$	سهم هزینه نگهداری از قیمت خرید محصول nام
۱۰	TR_r	مجموع درآمدهای خرده‌فروش rام
۱۱	TMC_r	مجموع هزینه‌های بازاریابی خرده‌فروش rام
۱۲	TSC_r	مجموع هزینه‌های سفارش‌دهی خرده‌فروش rام
۱۳	THC_r	مجموع هزینه‌های نگهداری خرده‌فروش rام
۱٤	TC_r	مجموع هزینه‌های خرده‌فروش rام
۱٥	Z_r	پیامد خرده‌فروش rام

تابع کلی هر خرده‌فروش با در نظر گرفتن محدودیت‌های تقاضا و حاشیه فروش و در صورت تعمیم برای کل زنجیره تأمین به صورت مدل (۱) است.

www.SID.ir

$$
\begin{aligned}
&Max\ Z_r = (k.P_{r_n}{}^{-\alpha}.C_{M_n}{}^{\beta}[P_{r_n} - P_n - C_{M_n} \\
&- C_{S_m}.Q_{r_n}^{-1}]) - \frac{1}{2}\times Q_{r_n}\times k_n^{'}\times P_n \\
&s.t \\
&P_{r_n} - P_n \geq 0 \qquad (۱) \\
&D_n = k.P_{r_n}{}^{-\alpha}.C_{M_n}{}^{\beta} \geq 0 \\
&D_n \leq PC_n \\
&k>0,\ \alpha>1,\ 0<\beta<1,\ \alpha-\beta>1
\end{aligned}
$$

٤-۲- تابع تولید کنندگان

تعداد N تولیدکننده در زنجیره تأمین فعالیت می‌نمایند که هر تولیدکننده محصول خود را تنها به یک خرده‌فروش ارائه می‌نماید. از سوی دیگر، تولیدکننده مواد مورد نیاز برای تولید محصولات خود را از M تأمین‌کننده فعال در زنجیره تأمین دریافت می‌نماید که هر یک از مواد خام می‌توانند سهم متفاوتی در تأمین نیاز تولیدی محصولات مختلف داشته باشند. هر تولیدکننده از فروش محصول به خرده‌فروش درآمدی کسب نموده و از سوی دیگر برای تولید، تأمین مواد اولیه، کمبودهای احتمالی، سفارش و همچنین، راه‌اندازی خط تولید با هزینه‌های مختلفی مواجه است. بنابراین، در این بخش تهیه پیامد تولیدکنندگان فعال در زنجیره تأمین، مورد نظر است. متغیرها و پارامترهای مورد استفاده برای محاسبه پیامد تولیدکنندگان در جدول(۲) فهرست و معرفی شده است. شایان ذکر است که با توجه به اینکه محصول نهایی هر تولیدکننده تنها برای یک خرده‌فروش ارسال می‌شود، در نتیجه تعداد تولیدکنندگان و خرده‌فروشان برابر است (به عبارتی $n = r$).

جدول(۳): نمادشناسی مدل کلی تولیدکنندگان

ردیف	نماد	شرح
۱	k_{s_n}	ضریب مصرف ماده اولیه sام در تولید محصول nام
۲	C_{P_s}	قیمت خرید هر واحد از ماده اولیه s
۳	C_{S_n}	هزینه ثابت راه‌اندازی برای تولید هر واحد محصول nام برای تولیدکننده nام
٤	$C_{O_{sn}}$	هزینه ثابت سفارش‌دهی هر واحد ماده اولیه از تأمین‌کننده s برای تولید محصول nام
٥	u,γ	u ثابت تابع هزینه تولید هر واحد محصول nام و گاما ضریب تأثیر مزیت مقیاس
٦	C_{h_n}	هزینه نگهداری هر واحد محصول nام
۷	B_n	مقدار کمبود محصول nام برای تولیدکننده nام
۸	C_{B_n}	هزینه هر واحد کمبود برای محصول نهایی nام برای تولیدکننده nام
۹	G_n	حاشیه سود محصول nام برای تولیدکننده nام
۱۰	TR_n	مجموع درآمدهای تولیدکننده nام
۱۱	TBC_n	مجموع هزینه‌های خرید از تأمین‌کنندگان برای تولیدکننده nام
۱۲	TOC_n	مجموع هزینه‌های راه‌اندازی و سفارش برای تولیدکننده nام
۱۳	TPC_n	مجموع هزینه‌های تولید برای تولیدکننده nام
۱٤	THC_n	مجموع هزینه‌های نگهداری محصول نهایی برای تولیدکننده nام
۱٥	TSC_n	مجموع هزینه‌های کمبود محصول برای تولیدکننده nام
۱٦	PC_n	ظرفیت تولید برای تولیدکننده nام

www.SID.ir

با توجه به نمادشناسی و موارد ذکر شده در جدول فوق، مدل کلی یک تولیدکننده در زنجیره تـأمین سـه سطحی و با در نظر گرفتن محدودیت وی به صورت مدل (۲) است.

$$
\begin{aligned}
&Max\ Z_n = [(P_n - \sum_{s=1}^{M}(k_{s_n}.C_{p_s})) \times D_n] - \\
&[(\sum_{s=1}^{m}(C_{O_{sn}}) + C_{S_n}) \times \frac{D_n}{Q_{r_n}}] - \\
&[u.k^{1-\gamma}.P_{r_n}^{\alpha.(\gamma-1)}.C_{M_n}^{\beta.(1-\gamma)}] \\
&-[C_{h_n} \times \frac{(\lambda_n.Q_{r_n} - B_n)^2}{2.\lambda_n.Q_{r_n}}] - [\frac{C_{B_n}.B_n^2}{2.\lambda_n.Q_{r_n}}] \\
&s.t: \\
&P_n - [\sum_{s=1}^{m}(C_{P_s}.k_{s_n})] \geq 0 \\
&CP_n \geq D_n \\
&D_n = k.P_{r_n}^{-\alpha}.C_{M_n}^{\beta} \\
&k > 0,\ u > 0,\ \alpha > 1,\ 0 < \beta < 1, \\
&0 < \gamma < 1,\ \alpha - \beta > 1
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

٤-۳- تابع سود تأمین‌کنندگان

پیامد هر تأمین‌کننده حاصل تفاضل درآمدهای حاصل از ارسـال مـاده اولیـه بـه تولیدکننـدگان مختلـف از هزینه‌های صرف شده به منظور تأمین/ استخراج مواد اولیه است. در ضمن، محدودیت عقلایی بودن رفتـار تأمین‌کنندگان نیز باید مدّ نظر باشد، بدین منظـور کـه تأمین‌کننده زمانی در بازی سه سطحی زنجیـره تـأمین مشارکت خواهد داشت که حاشیه سـود بـازی مثبـت باشد. در غیر این صورت، مشـارکت در بـازی تمامـاً ضرر، عقلانی نبوده و با فرض‌های نظریه بازی‌هـا در تضاد اسـت. بـرای تهیـه مـدل کلـی تـأمین‌کننـدگان، نمادهـای مـورد اسـتفاده در جـدول (٤) معرفـی و تشریح شده‌اند. هر تأمین‌کننده تنها یک ماده اولیـه بـه زنجیره تأمین ارائه می‌نماید؛ امـا مـاده اولیـه خـود را می‌تواند به تمامی تولیدکنندگان در صـورت نیـاز بـه منظور استفاده در محصول نهایی ارسال نماید.

جدول(٤): نمادشناسی مدل تأمین‌کنندگان

ردیف	نماد	شرح
۱	G_S	حاشیه سود تأمین‌کننده Sام
۲	TR_S	مجموع درآمدهای تأمین‌کننده Sام
۳	TPC_S	مجموع هزینه‌های خرید/تأمین یا استخراج ماده اولیه برای تأمین‌کننده Sام
٤	TSC_S	مجموه هزینه‌های ثابت تأمین یا استخراج ماده اولیه برای تأمین‌کننده Sام
٥	THC_S	مجموع هزینه‌های نگهداری ماده اولیه برای تأمین‌کننده Sام
٦	TC_S	مجموع هزینه‌های متحمل شده توسط تأمین‌کننده Sام
۷	C_{S_s}	هزینه ثابت هر بار تأمین یا استخراج ماده اولیه Sام برای تأمین‌کننده Sام
۸	k_{S_s}	سهم هزینه نگهداری از هزینه تأمین یا استخراج ماده اولیه Sام
۹	C_{S_o}	هزینه تأمین یا استخراج هر واحد از ماده اولیه Sام
۱۰	Z_S	تابع سود تأمین‌کننده Sام
۱۱	S	تأمین‌کننده Sام از ۱ الی M

www.SID.ir

پیامد هر تأمین‌کننده نیز شامل تفاضل درآمد کل از هزینه‌های کل مرتبط با هر تأمین‌کننده است. با در نظر گرفتن محدویت رفتار عقلانی هر تامین کننده، مدل اولیه مطابق با مدل(۳) است.

$$
\begin{aligned}
&Max\ Z_S = [(C_{P_S} - C_{S_o}) \times \sum_{n=1}^{N} k_{s_n}.D_n\,] - \\
&[\sum_{n=1}^{N} \frac{D_n}{Q_{r_n}} \times C_{S_s}\,] - \\
&[\sum_{n=1}^{N} k_{S_s}.C_{S_o}.k_{S_n}.\frac{Q_{r_n}}{2}\,] \\
&s.t: \qquad (۳)\\
&C_{P_S} - C_{S_o} \geq 0 \qquad \forall s \in M \\
&D_n = k.P_{r_n}^{-\alpha}.C_{M_n}^{\beta} \qquad \forall n \in N \\
&k>0,\ u>0,\ \alpha>1,\ 0<\beta<1, \\
&0<\gamma<1,\ \alpha-\beta>1
\end{aligned}
$$

٤- ٤ - بهترین پاسخ‌های بازیکنان

با توجه به مباحث ارائه شده در مبانی نظری تحقیق، و با در نظر گرفتن تعریف نش، همواره یک بازیکن نسبت به بهترین تصمیمات سایر بازیکنان از خود واکنش نشان می‌دهد؛ زیرا سایر بازیکنان نیز از آگاهی برخوردار بوده و هیچ‌گاه به کمتر از حد بهینه خود تن نخواهند داد. بنابراین، برای سه بازیکن تأمین‌کننده، تولیدکننده و خرده‌فروش بهترین تصمیمات شناسایی و در مرحله تعادل‌یابی و حل بازی‌ها استفاده شده است. با مشتق‌گیری از توابع سود هر یک از بازیکنان بر حسب متغیرهای تصمیم قیمت، موجودی و تبلیغات، در جدول (۵) فهرست بازیکنان، نماد، تعداد، به همراه متغیرهای تصمیم مربوطه و همچنین، بهترین پاسخ هر کدام از بازیکنان قابل مشاهده است.

جدول(۵): وضعیت کلی بازیکنان زنجیره تأمین

نام بازیکن	نماد	تعداد	متغیرها	بهترین پاسخ
خرده‌فروشان	**R**	$r \in \{1,2,\ldots,K\}$	C_{M_n}, P_{r_n}	$P_{r_n}^{*} = \frac{\alpha.(P_n + C_{S_m}.Q_{r_n}^{-1})}{\alpha-\beta-1}$ (1) $C_{M_n}^{*} = \frac{\beta.(P_n + C_{S_m}.Q_{r_n}^{-1})}{\alpha-\beta-1}$ (2)
تولیدکنندگان (محصول)	**N**	$n \in \{1,2,\ldots,N\}$	Q_{r_n}, P_n, B_n	$P_n^{*} = \varphi' \times [\sum_{s=1}^{M}(k_{s_n}.C_{p_s})] + [\frac{(\sum_{s=1}^{m}(C_{O_{sn}}) + C_{S_n})}{Q_{r_n}}] + [\frac{G_n}{D_n}]$ If $\varphi' > 1$ (3) $Q_{r_n}^{*} = \sqrt{\frac{2.(\sum_{s=1}^{m}(C_{O_{sn}}) + C_{S_n}).D_n}{E_n.\lambda_n.C_{B_n}}}$ (4) $B_n^{*} = \sqrt{\frac{2.(\sum_{s=1}^{m}(C_{O_{sn}}) + C_{S_n}).D_n.E_n.\lambda_n}{C_{B_n}}}$ (5)
تأمین‌کنندگان	**S**	$s \in \{1,2,\ldots,M\}$	C_{P_S}	$C_{P_S}^{*} = \varphi.[C_{S_o} + \frac{(\sum_{n=1}^{N}\frac{D_n}{Q_{r_n}} \times C_{S_s}) + (\sum_{n=1}^{N} k_{S_s}.C_{S_o}.k_{S_n}.\frac{Q_{r_n}}{2})}{\sum_{n=1}^{N} k_{s_n}.D_n}]$ If $\varphi > 1$ (6)

www.SID.ir

٤- ٥- بازی‌های استکلبرگ

در بازی غیرهمکارانه پویا هر یک از سه عضو زنجیره تأمین؛ یعنی تولیدکنندگان، تأمین‌کنندگان و خرده‌فروشان می‌توانند نقش پیشرو(رهبر) یا پیرو را ایفا نمایند. بنابراین، سه نوع بازی غیرهمکارانه پویا برقرار است: در حالت اول خرده‌فروشان پیشرو، تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان پیرو خواهند بود. در حالت دوم، نقش پیشرو به تولیدکنندگان داده شده است و خرده‌فروشان در کنار تأمین‌کنندگان پیرو هستند و نهایتاً در حالت سوم تأمین‌کنندگان پیشرو، تولیدکنندگان و خرده‌فروشان پیرو هستند.

$$Max\ TZ_r = \sum_{r=1}^{K} \begin{bmatrix} (k.P_{r_n}{}^{-\alpha}.C_{M_n}{}^{\beta}[P_{r_n} - P^*{}_n \\ -C_{M_n} - C_{S_m}.Q^{*-1}{}_{r_n}]) \\ -\frac{1}{2}\times Q^*{}_{r_n}\times k_n^{'}\times P^*{}_n \end{bmatrix}$$

$$s.t$$

$$P_n^* = \varphi_n^{'}\times([\sum_{s=1}^{M}(k_{s_n}.C^*{}_{p_s})] + [\frac{(\sum_{s=1}^{m}(C_{O_{sn}}) + C_{S_n})}{Q^*{}_{r_n}}] + [\frac{G^*{}_n}{D_n}]);\ \forall n \in N$$

$$Q_{r_n}^* = \sqrt{\frac{2.(\sum_{s=1}^{m}(C_{O_{sn}}) + C_{S_n}).D_n}{E_n.\lambda_n.C_{B_n}}}$$

$$B_n^* = \sqrt{\frac{2.(\sum_{s=1}^{m}(C_{O_{sn}}) + C_{S_n}).D_n.\lambda_n.E_n}{C_{B_n}}}$$

$$C_{P_S}^* = \varphi_s.[C_{S_o} + \frac{(\sum_{n=1}^{N}\frac{D_n}{Q^*{}_{r_n}}\times C_{S_s}) + (\sum_{n=1}^{N}k_{S_s}.C_{S_o}.k_{S_n}.\frac{Q^*{}_{r_n}}{2})}{\sum_{n=1}^{N}k_{s_n}.D_n}]$$

$$G^*{}_n = [u.k^{1-\gamma}.P_{r_n}^{\alpha.(\gamma-1)}.C_{M_n}^{\beta.(1-\gamma)}] + [C_{h_n}\times\frac{(\lambda_n.Q^*{}_{r_n} - B_n)^2}{2.\lambda_n.Q^*{}_{r_n}}] + [\frac{C_{B_n}.B^{*2}_n}{2.\lambda_n.Q^*{}_{r_n}}];\ \forall n \in N$$

$$D_n = k.P_{r_n}^{-\alpha}.C_{M_n}^{\beta};\ \forall n \in N$$

(۱) در حالت اول، خرده‌فروشان پیش‌رو بوده و تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان پیرو هستند. در چنین وضعیتی، هدف حداکثرسازی سود خرده‌فروشان با در نظر گرفتن بهترین پاسخ‌های تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان است. به عبارتی، در تابع هدف، تابع سود خرده‌فروشان قرار گرفته و در محدودیت‌ها بهترین پاسخ‌های تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان لحاظ شده است. بنابراین، با در نظر گرفتن شرط عقلانیت و بهترین پاسخ برای سایر بازیکنان بر اساس تعاریف رویکرد نظریه بازی‌ها، سود خرده‌فروشان مطابق مدل (٤) حداکثر شده است.

$$P_{r_n} - P^*{}_n \geq 0;\quad \forall r \in K, \forall n \in N$$

$$D_n \geq 0;\ \forall n \in N$$

$$D_n \leq PC_n;\ \forall n \in N$$

$$E_n = \frac{C_{h_n}}{C_{h_n} + C_{Bn}};\quad \forall n \in N$$

$$\lambda_n = 1 - \frac{D_n}{PC_n};\quad \forall n \in N$$

$$\varphi_n^{'} > 1;\quad \forall n \in N \qquad (٤)$$

$$\varphi_s > 1;\quad \forall s \in M$$

$$u > 0,\ k > 0,\ \alpha > 1,\ 0 < \beta < 1,\ 0 < \gamma < 1,\ \alpha - \beta > 1$$

(۲) درحالت دوم، تولیدکنندگان پیشرو بوده و خرده‌فروشان و تأمین‌کنندگان پیرو هستند. در چنین وضعیتی هدف حداکثرسازی سود تولیدکنندگان با در نظر گرفتن بهترین پاسخ‌های خرده‌فروشان و تأمین‌کنندگان است. به عبارتی، در تابع هدف، تابع سود تولیدکنندگان قرار گرفته و در محدودیت‌ها بهترین پاسخ‌های خرده‌فروشان و تأمین‌کنندگان لحاظ

www.SID.ir

شده است. بنابراین، با در نظر گرفتن شرط عقلانیت و بهترین پاسخ برای سایر بازیکنان بر اساس رویکرد نظریه بازی‌ها، سود تولیدکنندگان مطابق مدل (۵) حداکثر شده است.

$$Max\ \ TZ_n = \sum_{n=1}^{N}[\,[(P_n - \sum_{s=1}^{M}(k_{s_n}.C^*_{p_s}))\times D_n\,] - [(\sum_{s=1}^{m}(C_{O_{sn}}) + C_{S_n})\times \frac{D_n}{Q_{r_n}}] - [\,u.k^{1-\gamma}.P^{*\alpha.(\gamma-1)}_{r_n}.C^{*\beta.(1-\gamma)}_{M_n}\,] - [C_{h_n}\times \frac{(\lambda_n.Q_{r_n} - B_n)^2}{2.\lambda_n.Q_{r_n}}] - [\frac{C_{B_n}.B_n^2}{2.\lambda_n.Q_{r_n}}]]$$

$$s.t:$$

$$C^*_{M_n} = \frac{\beta.(P_n + C_{S_m}.Q^{-1}_{r_n})}{\alpha-\beta-1}\ \ ;\ \forall n\in N$$

$$P^*_{r_n} = \frac{\alpha.(P_n + C_{S_m}.Q^{-1}_{r_n})}{\alpha-\beta-1}\ \ ;\ \ \forall n\in N \qquad (۵)$$

$$C^*_{P_S} = \varphi_s.[C_{S_o} + \frac{(\sum_{n=1}^{N}\frac{D_n}{Q_{r_n}}\times C_{S_s}) + (\sum_{n=1}^{N}k_{S_s}.C_{S_o}.k_{S_n}.\frac{Q_{r_n}}{2})}{\sum_{n=1}^{N}k_{s_n}.D_n}]\,M$$

$$P_n - [\sum_{s=1}^{m}(C^*_{P_s}.k_{s_n})] \ge 0\ \ ;\ \ \forall n\in N$$

$$\lambda_n = 1 - \frac{D_n}{CP_n}\ ;\quad \forall n\in N$$

$$D_n = k.P^{-\alpha}_{r_n}.C^{\beta}_{M_n}\ \ ;\quad \forall n\in N$$

$$D_n \ge 0\ ;\ \forall n\in N$$

$$CP_n \ge D_n\ ;\quad \forall n\in N$$

$$\varphi_s > 1\ ;\quad \forall s\in M$$

$$u>0,\ k>0,\ \alpha>1,\ 0<\beta<1,\ 0<\gamma<1,\ \alpha-\beta>1$$

(۳) درحالت سوم، تأمین‌کنندگان پیشرو بوده و خرده‌فروشان و تولیدکنندگان پیرو هستند. در چنین وضعیتی هدف حداکثرسازی سود تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن بهترین پاسخ‌های خرده‌فروشان و تولیدکنندگان است. به عبارتی، در تابع هدف، تابع سود تأمین‌کنندگان قرار گرفته و در محدودیت‌ها بهترین پاسخ‌های خرده‌فروشان و تولیدکنندگان لحاظ شده است. بنابراین، با در نظر گرفتن شرط عقلانیت و بهترین پاسخ برای سایر بازیکنان بر اساس رویکرد نظریه بازی‌ها، سود تأمین‌کنندگان مطابق مدل (٦) حداکثر شده است.

$$Max\ TZ_S = \sum_{s=1}^{M}[\,[(C_{P_S} - C_{S_o})\times \sum_{n=1}^{N}k_{s_n}.D_n\,] - [\sum_{n=1}^{N}\frac{D_n}{Q^*_{r_n}}\times C_{S_s}\,] - [\sum_{n=1}^{N}k_{S_s}.C_{S_o}.k_{S_n}.\frac{Q^*_{r_n}}{2}]]$$

$$s.t:$$

$$P^*_{r_n} = \frac{\alpha.(P_n + C_{S_m}.Q^{*-1}_{r_n})}{\alpha-\beta-1}$$

$$C^*_{M_n} = \frac{\beta.(P^*_n + C_{S_m}.Q^{*-1}_{r_n})}{\alpha-\beta-1}$$

$$P^*_n = \varphi_n^{'}\times([\sum_{s=1}^{M}(k_{s_n}.C_{p_s})] + [\frac{(\sum_{s=1}^{m}(C_{O_{sn}}) + C_{S_n})}{Q^*_{r_n}}] + [\frac{G^*_n}{D_n}])$$

$$Q^*_{r_n} = \sqrt{\frac{2.(\sum_{s=1}^{m}(C_{O_{sn}}) + C_{S_n}).D_n}{E_n.\lambda_n.C_{B_n}}}$$

$$B^*_n = \sqrt{\frac{2.(\sum_{s=1}^{m}(C_{O_{sn}}) + C_{S_n}).D_n.\lambda_n.E_n}{C_{B_n}}}$$

$$G^*_n = [\,u.k^{1-\gamma}.P^{\alpha.(\gamma-1)}_{r_n}.C^{\beta.(1-\gamma)}_{M_n}\,] + [C_{h_n}\times\frac{(\lambda_n.Q^*_{r_n} - B_n)^2}{2.\lambda_n.Q^*_{r_n}}] + [\frac{C_B.B^{*2}_n}{2.\lambda_n.Q^*_{r_n}}] \qquad (٦)$$

$$D_n = k.P^{-\alpha}_{r_n}.C^{\beta}_{M_n}$$

$$D_n \ge 0$$

$$\lambda_n = 1 - \frac{D_n}{PC_n}$$

$$E_n = \frac{C_{h_n}}{C_{h_n} + C_{B_n}}$$

$$C_{P_S} - C_{S_o} \ge 0$$

$$\varphi_n^{'} > 1$$

$$u>0,\ k>0,\ \alpha>1,\ 0<\beta<1,\ 0<\gamma<1,\ \alpha-\beta>1$$

www.SID.ir

جدول(٦): معرفی زنجیره تأمین فرضی

پارامتر	مقدار
R	۲
S	۲
$C_{S_r}(2)$	۵
$k_2^{'}$	۰,۲
$\varphi_2^{'}$	۱,۱۵
$k_{sn}(12)$	٤
$k_{sn}(22)$	۳
$Co_{sn}(12)$	۵
$Co_{sn}(22)$	٦
$C_{h_n}(1)=C_{h_n}(2)$	۰,۵
M	۲
$C_{S_r}(1)$	٤
$k_1^{'}$	۰,۱۵
$\varphi_1^{'}$	۱,۱
$k_{sn}(11)$	۳
$k_{sn}(21)$	۳
$Co_{sn}(11)$	٦
$Co_{sn}(21)$	٤
$C_B(1)=C_B(2)$	۱
$C_{S_S}(1)$	۲۵
φ_1	۱,۱۵
φ_2	۱,۱
$C_{S_n}(1)$	۷
$C_{S_n}(2)$	۸
$C_{S_o}(2)$	۱,۵
$PC(1)=PC(2)$	۱۵
$k_{s_S}(2)$	۰,۲
$C_{S_o}(1)$	۲
$C_{S_S}(2)$	۲٤
$k_{s_S}(1)$	۰,۱۵

۵- به‌کارگیری و اعتبارسنجی

به‌منظور استفاده از مدل‌های فوق در حل مسائل در دنیای واقعی، یک نمونه مثال عددی شبیه‌سازی شده بررسی و تجزیه و تحلیل شده است تا به کمک آن هم نمونه‌ای عددی از مدل‌های پیچیده فوق نمایان گردد و در ضمن، میزان اعتبار مدل‌های پیشنهادی نیز بررسی شود. برای این منظور در جدول (٦) اطلاعات پارامترهای مورد نیاز در یک زنجیره تأمین فرضی نامحدود سه سطحی قابل مشاهده است. نمادشناسی جدول زیر نیز پیشتر در بخش‌های قبلی مقاله و در هنگام فرایند مدل‌سازی اشاره شده است.

مدل‌های استکلبرگ خرده‌فروشان، تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان بر اساس بازه تغییر پارامترهای تابع تقاضای غیرخطی تجزیه و تحلیل شده‌اند. در این راستا، و به‌منظور بررسی اعتبار مدل‌ها، از رویکرد طراحی آزمایش‌ها به‌منظور تولید نمونه‌های آزمایشی استفاده شده است. پنج پارامتر α,β,γ,k,u که در معادلات غیرخطی مرتبط با تقاضا و هزینه تولید طراحی شده‌اند، به عنوان مبنا قرار گرفته و با مطالعه مثال‌های بررسی شده در مقالات و ادبیات تحقیق توسط دانشمندان، مقادیر حداقلی و حداکثری برای پنج پارامتر مذکور تعریف شده‌اند. سپس با استفاده از طرح‌های آزمایشی 2^k، ۳۲ طرح آزمایشی با درنظر گرفتن مقدار حداقل و حداکثر برای پنج پارامتر مورد بررسی طراحی گردید. با توجه به تعدد مدل‌های بررسی شده، مقدار طرح آزمایش مذکور با طرح آزمایشی 2^{k-p} و کسر "یک دوم" از مقدار اصلی و با در نظر گرفتن یک نقطه مرکزی در هر بلوک، جایگزین گردید و بدین ترتیب ۱۷ طرح آزمایش به صورت جدول(۷) قابل تعریف هستند.

Proof

www.SID.ir

جدول(۷): طراحی مدل‌های نمونه آزمایشی بر ای حل و اعتبارسنجی

	$0.01 \le \gamma \le 0.1$	$2 \le u \le 4$	$3000 \le k \le 4000$	$1.2 \le \alpha \le 1.25$	$0.05 \le \beta \le 0.15$
تکرار	γ	U	K	α	β
طرح ۱	۰,۰۱	٤	٤۰۰۰	۱,۲	۰,۱۵
طرح ۲	۰,۱	۲	۳۰۰۰	۱,۲	۰,۰۵
طرح ۳	۰,۰۱	٤	۳۰۰۰	۱,۲	۰,۰۵
طرح ٤	۰,۱	٤	۳۰۰۰	۱,۲۵	۰,۰۵
طرح ۵	۰,۱	٤	٤۰۰۰	۱,۲۵	۰,۱۵
طرح ٦	۰,۱	٤	۳۰۰۰	۱,۲	۰,۱۵
طرح ۷	۰,۰۵۵	۳	۳۵۰۰	۱,۲۲۵	۰,۱
طرح ۸	۰,۰۱	٤	۳۰۰۰	۱,۲۵	۰,۱۵
طرح ۹	۰,۱	۲	۳۰۰۰	۱,۲۵	۰,۱۵
طرح ۱۰	۰,۰۱	۲	۳۰۰۰	۱,۲	۰,۱۵
طرح ۱۱	۰,۰۱	۲	۳۰۰۰	۱,۲۵	۰,۰۵
طرح ۱۲	۰,۱	٤	٤۰۰۰	۱,۲	۰,۰۵
طرح ۱۳	۰,۰۱	۲	٤۰۰۰	۱,۲	۰,۰۵
طرح ۱٤	۰,۱	۲	٤۰۰۰	۱,۲	۰,۱۵
طرح ۱۵	۰,۰۱	۲	٤۰۰۰	۱,۲۵	۰,۱۵
طرح ۱٦	۰,۰۱	٤	٤۰۰۰	۱,۲۵	۰,۰۵
طرح ۱۷	۰,۱	۲	٤۰۰۰	۱,۲۵	۰,۰۵

مدل‌های سه‌گانه اشاره شده در مقاله، ابتدا به زبان نرم‌افزار لینگو[۱۷]نوشته شده، و با توجه به اینکه مقدار تابع هدف مقعر است (اثبات تقعر به کمک ماتریس هشین بررسی شده است)، با استفاده از دستور "باگ-زدایی[۱۸]"، موجه بودن فضای جواب نیز بررسی و تأیید شد. سپس و با فعال نمودن گزینه جواب بهینه سراسری[۱۹]و محلی[۲۰]، نرم‌افزار برای ۱۷ بار (بر اساس تغییرات هر طرح آزمایش)، مدل‌های اصلی با در نظر گرفتن سایر محدودیت‌ها حل شده است. نتایج حل مدل‌های رهبری سه‌گانه به قرار جدول (۸) است.

با اجرای سه آزمون مقایسات زوجی، مشخص گردید که در حالت پیشروی خرده‌فروشان سود کلی بالاتر بوده و تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان در رده‌های دوم و سوم قرار گرفته‌اند. به‌عبارتی، با تغییر حرکت‌کننده پیشرو (رهبر) از انتهای زنجیره تأمین به سمت تأمین-کنندگان، سود کلی زنجیره تأمین در صورت برقراری شرایط بازی استکلبرگ، کاهش یافته است.

٦ – جمع بندی و پیشنهادها

در تحقیق حاضر سعی شده است با استفاده از رویکرد نظریه بازی‌های غیرهمکارانه و علی-الخصوص بازی استکلبرگ در مورد رهبری زنجیره تأمین در حالت غیرهمکارانه مدل ارائه گردد. در تحقیق حاضر زنجیره تأمین مورد بررسی دارای سه سطح شامل خرده‌فروشان، تولیدکنندگان و تأمین کنندگان بود، که به منظور دستیابی به مدلی جامع در زمینه ایجاد همکاری در زنجیره تأمین، افزایش سطوح زنجیره تأمین در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد. در ضمن، رابطه بین تولیدکنندگان و خرده‌فروشان از نوع یک به یک بود و هر

www.SID.ir

تولیدکننده محصول خود را تنها به یک خرده-فروش ارائه می‌نمود که این موضوع نیز می‌تواند در پژوهش‌های آتی بدون در نظر گرفتن تعامل یک به یک بررسی مجدد شود.

جدول(۸): نتایج حل مدل‌های رهبری زنجیره تأمین فرضی

سود کلی زنجیره تأمین			
طرح آزمایش	رهبری خرده‌فروشان	رهبری تولیدکنندگان	رهبری تأمین‌کنندگان
طرح ۱	۳٤۳۲	۲٦۸٦	۲٦۳۱
طرح ۲	۱۸۳۸	۱۳۳۲	۱۳۲۸
طرح ۳	۱۸۰۰	۱۳۳۱	۱۲۹۳
طرح ٤	۱۳۷۰	۹۹۷	۹٥٦
طرح ٥	۲٥۰۷	۱۸٦٦	۱۸۲۰
طرح ٦	۲٥٥٤	۱۹۰٤	۱۸٦٦
طرح ۷	۲۱۲۹	۱٥۷۷	۱٥٤۸
طرح ۸	۱۸٥۲	۱۳٦۱	۱۳۱٤
طرح ۹	۱۸۷۸	۱۳٦۲	۱۳۰۷
طرح ۱۰	۲٥٦۸	۱۹۲۸	۱۸۸۸
طرح ۱۱	۱۳۹٥	۱۰۲٥	۹۹٤
طرح ۱۲	۲٤٤۲	۱۸٥٤	۱۸۲٤
طرح ۱۳	۲٤۷۰	۱۹۰۱	۱۸٥۳
طرح ۱٤	۳٤٥٥	۲٦۸٦	۲٦٥۹
طرح ۱٥	۲٥۲۹	۱۹۲٥	۱۸٥۱
طرح ۱٦	۱۸٤٤	۱۳۹۹	۱۳٤٤
طرح ۱۷	۱۸۹۰	۱٤٤۳	۱۳۹٥

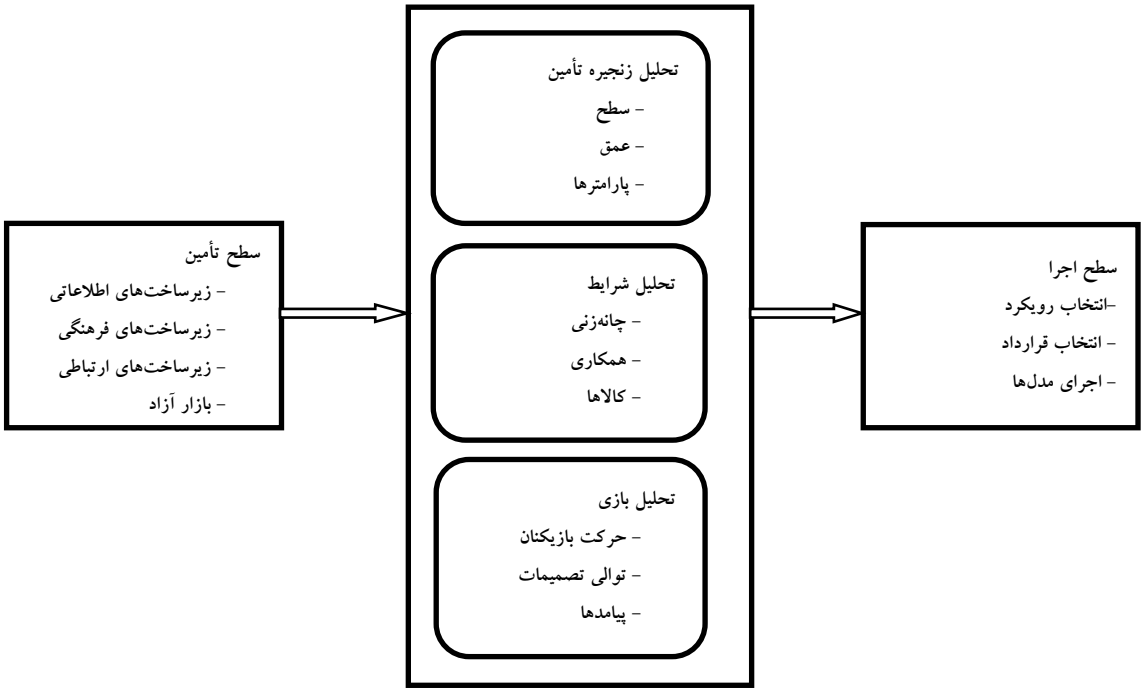
در حوزه نوع همکاری مورد نظر در تحقیق حاضر، محور ایجاد همکاری بر اساس رفتار عقلایی بازیکنان و همچنین، با در نظر گرفتن تعادل و اصل بهترین پاسخ نش بود. شایان ذکر است که بسیاری از مدل-های ایجاد همکاری، همچون: مشارکت در سود، تسهیم درآمد، قرارداد بازپس‌گیری، قراردادهای ائتلافی، قراردادهای توافقی و همچنین، تعاملات مبتنی بر تخفیف قابل استفاده‌اند. ابزارهای ذکر شده می‌توانند در مدل‌های آتی در زنجیره تأمین چندسطحی به عنوان روشی به منظور ایجاد همکاری و توافق مورد استفاده محققان قرار گیرند.

الگو و راهکار پیشنهادی به‌منظور استفاده ازمدل-های پیشنهادی مبتنی بر نیازمندی‌های اطلاعاتی، زیرساخت‌های موجود، وضعیت بازار، وضعیت زنجیره‌های تأمین و همچنین، نحوه حرکت و تصمیم‌گیری سطوح مختلف است. چارچوب مذکور در سطح کلان در شکل (۱) قابل مشاهده است.

در ضمن، باید به این نکته اشاره نمود که مدل‌های اشاره شده در تحقیق حاضر مبتنی بر حاکم بودن فرض تسهیم اطلاعات، مشارکت کامل تمامی سطوح زنجیره تأمین در تعامل اطلاعاتی و همچنین، شرایط دستیابی به اطلاعات کامل است. این شرایط در دنیای

www.SID.ir

واقعی معمولا روی نخواهد داد و بهتر است از بازی‌های ناقص، ناتمام و ناکامل همچون بازی علامت‌دهی یا بازی‌هایی با تعادل "بیزین نش" استفاده شود. در ضمن، مدل‌های طراحی شده در مقاله حاضر مبتنی بر یک بازه زمانی و به عبارتی بازی‌های غیرتکراری هستند؛ در صورتی‌که در عمل تعامل بین سطوح مختلف زنجیره تأمین در گذر زمان رواج داشته و استفاده از بازی‌های تکراری می‌تواند در تحقیقات آتی استفاده شود و توسعه یابد.



شکل(۱): چهارچوب اجرا و پیاده‌سازی

منابع

Abad, P. (1994). Supplier Pricing And Lot Sizing When Demand Is Price Sensitive. *European Journal Of Operation Research* , 334-354.

Aryanejad, M., Sajjadi, S.J., (1386). *Operation Research*, Tehran, Science and Technology University Press.

Abdoli, G., (1387). *Game Theory and Applications*, Tehran, Nashr Press.

Bahinipati, B. K., Kanda, A., & Deshmukh, S. G. (2009). Revenue Sharing In Semiconductor Industry Supply Chain: Cooperative Game Theoretic Approach. *Sadhana*, 501-527.

Bazaraa, M. S., Sherali, H. D., & Shetty, C. M. (1993). *Nonlinear Programming: Theory And Algorithms*. John Wiley & Sons.

Cachon, G. P., & Lariviere, M. A. (2005a). Supply Chain Coordination With Revenue Sharing Contracts: Strength And Limitations. *Management Science* , 30-44.

Chopra, S., & Meindel, P. (2007). *Supply Chain Management* (Vol. 3rd edition). New York: Prenticehall.

Esmaeili, M., Aryanejad, M., & Zeephongsekul, P. (2008). A Game Theory Approach In Seller - Buyer Supply Chain. *European Journal Of Operation Research* .

Feng, J. S., Jia, L. M., & Jiao, H. L. (2007). The Three Stage Supply Chain Coordination By Revenue Sharing Contracts. *IEEE International Conference*

www.SID.ir

Chains .*Sloan Management Review* , 93-102.

Lee, J. W. (1993). Determining Order Quantity And Selling Price By Geomettric Programming. *Decesion Science* , 76-87.

Lee, J. W., Kim, D., & Cabot, A. V. (1996). Optimal Demand Rate, Lotsizind And Process Reliability Improvement Decisions. *IEEE Trasactions* , 941-952.

Mentzer, J. T. (2001). *Supply chain management* (Vol. 2nd edition). California: Sage Publication.

Nash, J. (1950). Bargaining Problem. *Econometrics* , 155-162.

Nash, J. (1950). Equilibrium Points In N-Person Games. *Proceeding Of National Academy Of Science* , 48-49.

Nash, J. (1951). Non Cooperative Games. *Annal Of Mathematics* , 286-295.

Peng, J. Amoozad Mahdiraji, H., & Govindan, K., Midute, L., (2013). Leadership Selection in an Unlimited Three Echelon Supply Chain. I*nternational Journal of Business, Economics and Management*, Vol 14, Issue 3, 616-637.

Rasmusen, E., & Blackwell, B. (2005). *Games And Information; An Introduction To Game Theory* (fourth ed.). Indiana: Indiana University Press.

Shen, H., & Pang, Z. (2004). Supply Chain Coordination Via Capacity Options With Uncertain Demand And Supply. *International Conference On Systems, Man And Cybernetics*, 5997-6003. Nanjing.

Stadtler, H., & Kilger, C. (2007). *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software, and Case Studies* (Vol. 4th edition). New York: Springer.

Wang, W. Y., Michael, H. S., & Patrick, Y. (2007). *SupplyShainManagement: Issues in the New Era of Collaboration and Competition.* Pensylvania: Idea Group Publishing.

Ying, H. L., Qi, C. Y., & Sheng, J. Z. (2007). Research On The Coordination Mechanism Model Of The Three Level Supply Chain. *International Conference On management Science & Engineering*, 20- 25. Harbin.

On Grey Systems And Intelligent Services, (pp. 1216-1221). Nanjing.

Feng, S. X. (2008). Coordination Of Pricing Decisions In Multiple Product Supply Chains. *IEEE* , 16-22. Shanghai.

Gumus, T. A., & Guneri, F. A. (2007). "Multi-echelon inventory management in supply chains with uncertain demand and lead times: literature review from an operational research perspective". *Proceedings-Institution Of Mechanical Engineers Part B:Journal Of Engineering Manufacture, 221* , 1553-1570.

Jaber, M. Y., Osman, I. H., & Guiffrida, A. L. (2006). Coordinating A Three Level Supply Chain With Price Discounts, Price Dependent Demand, And Profit Sharing. *International Journal Of Integrated Supply Chain* , 28-49.

Jaafarnejad, A., Amoozad Mahdiraji, H., Mohaghar, A., & Modarresyazdi, M. (2012). Retailers Leadership Mathematical Modeling in Unlimited Three Echelon Supply Chain: Non-Cooperative Game Theory Approach. *Archives Des Science*, 6(65), 81-90.

Jespersen, B. D., & larsen, S. T. (2005). *Supply chain management: in theory and practice*. Copenhagen: Copenhagen Business School Press.

Jiazhen, H., & Qin, L. (2008). Revenue Coordination Contract Based On Stackelberg Game In Upsteam Supply Chain. *IEEE*, 1-5. Shanghai.

Jung, H., & Cerry, M. K. (2005). Optimal Inventory Policies For An Economic Order Quantity Model With Decreasing Cost Functions. *European Journal Of Operation Research* , 108-126.

Jung, H., & Cerry, M. K. (2001). Optimal Inventory Policies Under Decreasing Cost Functions Via Geomettric Programming . *European Journal Of Operation Research* , 628-642.

Kim, D., & Lee, J. W. (1998). Optimal Joint Pricing And Lotsizing With Fixed And Virable Capacity. *European Journal Of Operation Research* , 212-227.

Lee, H. L., Padmanabhan, V& ,.Seungjin, W.(1997) .The Bullwhip Effect In Supply

www.SID.ir

پی‌نوشت

1- Mentzer
2 ˉJespersen & larsen
3 ˉGumus & Guneri
4 -Stadtler & Kilger
5 ˉRasmusen & Blackwell
6 -Nash, Bargaining Problem
7 -Nash, Non Cooperative Games
8 -Nash, Equilibrium Points In N-Person Games
9 ˉAbad
10 ˉLee J. W
11 ˉLee, Kim
12ˉ Kim & Lee
13 ˉJung & Cerry
14 ¨Esmaeili, Aryanejad, & Zeephongsekulˉ
15 ˉBazaraa, Sherali, & Shetty
16 -Seller – Buyer(SB)
17 -Lingo
18 -Debug
19 -Global Solver
20 -Local

www.SID.ir

جدول (۱): مروری بر تحقیقات مشابه

کلیات تحقیق		بازی تحقیق	شرایط تحقیق			خروجی‌های تحقیق	
دانشمندان/ زمان	رویکرد/ ابزار/ قرارداد	نوع/ حالت	پیش‌فرض‌ها	سطوح/ عمق زنجیره تأمین	متغیرهای بررسی شده	اعتبارسنجی	هدف/ خروجی
فنگ و دیگران، ۲۰۰۷[۲۰]	تعادل نش مشارکت در درآمد	ایستا/ کامل/ غیرتکراری	تقاضا غیرقابل پیش‌بینی سه سطح با یک تولیدکننده، یک توزیع‌کننده و یک خرده‌فروش متغیر: قیمت/ مقدار سفارش و خرید			همکاری در زنجیره تأمین با استفاده از قرارداد مشارکت در درآمد	
جیاژن و کین، ۲۰۰۷[۲۰]	تعادل نش مشارکت در درآمد	همکارانه/ غیرتکراری/ پویا/ متوالی/ استکلبرگ	دو سطحی با یک تأمین‌کننده و یک خریدار متغیر: قیمت‌ها/ مقادیر سفارش و خرید			همکاری در زنجیره تأمین با استفاده از قرارداد مشارکت در درآمد	
کچون و دیگران، ۲۰۰۵[۲۰]	قرارداد مرجوعی و فروش انبوه	همکارانه/ ایستا/ کامل/ غیرتکراری	تقاضای تصادفی دو سطحی با یک یا چند خرده‌فروش و یک تأمین‌کننده متغیر: قیمت‌ها/ سود بازیکنان			مقایسه سه نوع قرارداد همکاری در زنجیره تأمین	
فنگ، ۲۰۰۸[۲۰]	تعادل نش مشارکت در سود	ایستا/ کامل/ غیرتکراری	دو حالت سیستم متمرکز و غیرمتمرکز در زنجیره تأمین، چند محصولی دو سطحی معین و محدود متغیر: قیمت‌های بازیکنان			مقایسه حالت متمرکز با حالت غیرمتمرکز در همکاری با قرارداد مشارکت	
ینگ و دیگران، ۲۰۰۷[۲۰]	بهینه‌سازی مشارکت در درآمد	پویا/ کامل/ غیرتکراری/ همکارانه	تقاضا به قیمت وابسته است سه سطحی با یک تأمین‌کننده، یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش متغیر: قیمت‌های بازیکنان/ موجودی بازیکنان/ سفارش‌ها			آنالیز حساسیت و مقایسه متمرکز با غیرمتمرکز در همکاری با قرارداد مشارکت در درآمد	
شن و پانگ، ۲۰۰۴[۲۰]	تعادل استکلبرگ تعادل پارتو	نش/ استکلبرگ	عدم قطعیت در تقاضا و عرضه، کالا با طول عمر کوتاه یک تأمین‌کننده و یک تولیدکننده متغیر: قیمت‌ها/ تولید/ سفارش			مقایسه نتایج سه نوع قرارداد مبتنی بر ظرفیت، مشارکت در سود و سرمایه‌گذاری مشترک	
بیهینیاتی و دیگران، ۲۰۰۹[۲۰]	مشارکت در درآمد مدل شیپلی	همکارانه/ غیرتکراری/ پویا/ متوالی	دو سطحی با یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش متغیر: قیمت‌های بازیکنان			مطالعه مورد صنعت رسانه‌ای در هندوستان طراحی فرایند چانه‌زنی برای ایجاد همکاری منصفانه در زنجیره تأمین	
جابر و دیگران، ۲۰۰۷[۲۰]	قرارداد تخفیف، مشارکت در سود	رویکرد غیر نظریه بازی	تقاضا وابسته به قیمت، کمبود غیرمجاز یک تأمین‌کننده، یک تولیدکننده و یک خرده‌فروش متغیر: قیمت‌های خرید و فروش/ میزان تخفیف/ اندازه سفارش			مقایسه دو نوع قرارداد قرارداد در حالت تخفیف و مشارکت در سود نتایج بهتری دارد	

www.SID.ir