

مدیریت تولید و عملیات، دوره ششم، شماره (۱)، پیاپی (۱۰)، بهار و تابستان ۱۳۹۴

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^۴

۱- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان، کاشان

۲- استاد دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران

۳- دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران

۴- 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.

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^۱، 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 تعمیر 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^۲، 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 بین‌سازمانی 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 اختلافات 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 زنجیره‌های 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^۳، ۲۰۰۷). در تعریف زنجیره تأمین، چوپرا آن را به صورت کلیه اعضای می‌داند که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در برآوردن نیاز یک مشتری دخالت دارند. معمولاً یک

زنجیره تأمین به منظور حداکثرسازی منافع کل زنجیره و همچنین، هر یک از اجراء، از اهمیت بالایی برخوردار است (چوپرا و میندل، ۲۰۰۷).

۲-۱- نظریه بازی‌ها

ریشه اصلی به کارگیری نظریه بازی‌ها در دهه ۴۰ و در کشورهای هم‌چون ژاپن و آرژانتین آغاز گردید. اغلب پیشگامان این رشته جدید ریاضیدانانی بودند که بیشتر بر اثبات روابط تأکید داشتند تا به کارگیری 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 حل 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 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

زنجیره تأمین از پنج مرحله مشتریان، خرده‌فروش‌ها، عمده‌فروش‌ها/ 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 (استدler و کیکلر^۹، 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

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.

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

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 دسته‌های مختلفی قابل تقسیم است. در بازی ایستا بازیکنان همزمان حرکت و عمل خود را انجام می‌دهند، در حالی که 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

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 مد 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, \dots, s_M ، N تولیدکننده n_1, n_2, \dots, n_N و همچنین K خرده‌فروش r_1, r_2, \dots, r_K است.

۳-۲- پیش‌فرض‌های بازی

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

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، اهم 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.

۳-۳- 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

۴. 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، ۱۳۸۶).

۵. خرده‌فروشان تنها محصولات تولیدکننده مرتبط را به فروش می‌رسانند. به عبارتی، هر تولیدکننده تنها یک محصول تولید می‌کند و تنها به خرده‌فروش 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.

۶. 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^{۱۶} را ایفا می‌نمایند.

۴- مدل‌سازی توابع سود بازیکنان

۴-۱- تابع سود خرده‌فروشان

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

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، ۱۹۹۴)؛ (لی^۱، ۱۹۹۳)؛ (لی و دیگران^{۱۱}، ۱۹۹۶)؛ (کیم و لی^{۱۲}، ۱۹۹۸)؛ (جونگ و چری، ۲۰۰۱)؛ (جونگ و چری^{۱۳}، ۲۰۰۵) و (اسماعیلی و دیگران^{۱۴}، 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 به کار گرفته شده است. تصمیمات و سیاست‌های بهینه موجودی، قیمت‌گذاری و تبلیغات در سطوح مختلف زنجیره تأمین مدل نظر بوده و به عنوان متغیرهای تصمیم قابل تعریف و بررسی هستند.

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.

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

جدول (۲): نمادشناسی مدل کلی خرده‌فروشان

ردیف	نماد	شرح
۱	G_r	حاشیه سود خرده‌فروش r ام
۲	P_r	قیمت فروش محصول n ام از سوی خرده‌فروش r ام به مشتری نهایی
۳	P_n	قیمت فروش انبوه محصول n ام از سوی تولیدکننده n ام به خرده‌فروش r ام
۴	D_n	تابع تقاضای محصول n ام
۵	C_{M_n}	هزینه‌های بازاریابی صرف شده از سوی خرده‌فروش برای محصول n ام
۶	k, α, β	ثابت تابع تقاضا، ضریب کشش قیمتی تقاضا و ضریب تأثیر تبلیغات
۷	C_{s_m}	هزینه‌های ثابت سفارش و خرید برای خرده‌فروش r ام در هر بار کالاهایی محصول n ام
۸	Q_r	مقدار سفارش خرده‌فروش r ام از محصول n ام
۹	k'_n	سهم هزینه نگهداری از قیمت خرید محصول n ام
۱۰	TR_r	مجموع درآمدهای خرده‌فروش r ام
۱۱	TMC_r	مجموع هزینه‌های بازاریابی خرده‌فروش r ام
۱۲	TSC_r	مجموع هزینه‌های سفارش‌دهی خرده‌فروش r ام
۱۳	THC_r	مجموع هزینه‌های نگهداری خرده‌فروش r ام
۱۴	TC_r	مجموع هزینه‌های خرده‌فروش r ام
۱۵	Z_r	پیامد خرده‌فروش r ام

تعمیم برای کل زنجیره تأمین به صورت مدل (۱) است.

تابع کلی هر خرده‌فروش با در نظر گرفتن محدودیت‌های تقاضا و حاشیه فروش و در صورت

داشته باشند. هر تولیدکننده از فروش محصول به خرده‌فروش درآمدي 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 $n = r$).

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

۴-۲- 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

جدول (۳): نمادشناسی مدل کلی تولیدکنندگان

ردیف	نماد	شرح
۱	k_{s_n}	ضریب مصرف ماده اولیه s در تولید محصول n
۲	C_{P_s}	قیمت خرید هر واحد از ماده اولیه s
۳	C_{S_n}	هزینه ثابت راه‌اندازی برای تولید هر واحد محصول n برای تولیدکننده n
۴	C_{O_m}	هزینه ثابت سفارش‌دهی هر واحد ماده اولیه از تأمین‌کننده s برای تولید محصول n
۵	u, γ	u ثابت تابع هزینه تولید هر واحد محصول n و γ گاما ضریب تأثیر مزیت مقیاس
۶	C_{h_n}	هزینه نگهداری هر واحد محصول n
۷	B_n	مقدار کمبود محصول n برای تولیدکننده n
۸	C_{B_n}	هزینه هر واحد کمبود برای محصول نهایی n برای تولیدکننده n
۹	G_n	حاشیه سود محصول n برای تولیدکننده n
۱۰	TR_n	مجموع درآمدهای تولیدکننده n
۱۱	TBC_n	مجموع هزینه‌های خرید از تأمین‌کنندگان برای تولیدکننده n
۱۲	TOC_n	مجموع هزینه‌های راه‌اندازی و سفارش برای تولیدکننده n
۱۳	TPC_n	مجموع هزینه‌های تولید برای تولیدکننده n
۱۴	THC_n	مجموع هزینه‌های نگهداری محصول نهایی برای تولیدکننده n
۱۵	TSC_n	مجموع هزینه‌های کمبود محصول برای تولیدکننده n
۱۶	PC_n	ظرفیت تولید برای تولیدکننده n

۴-۳- تابع سود تأمین‌کنندگان

پیامد هر تأمین‌کننده حاصل تفاضل درآمدهای حاصل از ارسال ماده اولیه به تولیدکنندگان مختلف از هزینه‌های صرف شده به منظور تأمین / استخراج مواد اولیه است. در ضمن، محدودیت عقلایی بودن رفتار تأمین‌کنندگان نیز باید مد نظر باشد، بدین منظور که تأمین‌کننده زمانی در بازی سه سطحی زنجیره تأمین مشارکت خواهد داشت که حاشیه سود بازی مثبت باشد. در غیر این صورت، مشارکت در بازی تماماً ضرر، عقلانی نبوده و با فرض‌های نظریه بازی‌ها در تضاد است. برای تهیه مدل کلی تأمین‌کنندگان، نمادهای مورد استفاده در جدول (۴) معرفی و تشریح شده‌اند. هر تأمین‌کننده تنها یک ماده اولیه به زنجیره تأمین ارائه می‌نماید؛ اما ماده اولیه خود را می‌تواند به تمامی تولیدکنندگان در صورت نیاز به منظور استفاده در محصول نهایی ارسال نماید.

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

$$\begin{aligned} \text{Max } Z_n = & [(P_n - \sum_{s=1}^M (k_{s_n} \cdot C_{p_s})) \times D_n] - \\ & [(\sum_{s=1}^m (C_{O_{s_n}}) + C_{S_n}) \times \frac{D_n}{Q_{r_n}}] - \\ & [u \cdot k^{1-\gamma} \cdot P_n^{\alpha \cdot (\gamma-1)} \cdot C_{M_n}^{\beta \cdot (1-\gamma)}] \\ & - [C_{h_n} \times \frac{(\lambda_n \cdot Q_{r_n} - B_n)^2}{2 \cdot \lambda_n \cdot Q_{r_n}}] - [\frac{C_{B_n} \cdot B_n^2}{2 \cdot \lambda_n \cdot Q_{r_n}}] \end{aligned}$$

s.t :

$$\begin{aligned} P_n - [\sum_{s=1}^m (C_{p_s} \cdot k_{s_n})] & \geq 0 \\ CP_n & \geq D_n \\ D_n & = k \cdot P_n^{-\alpha} \cdot C_{M_n}^{\beta} \\ k > 0, u > 0, \alpha > 1, 0 < \beta < 1, \\ 0 < \gamma < 1, \alpha - \beta > 1 \end{aligned}$$

(۲)

جدول (۴): 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
۴	TSC_S	مجموع هزینه‌های ثابت تأمین یا استخراج ماده اولیه برای تأمین‌کننده Sام
۵	THC_S	مجموع هزینه‌های نگهداری ماده اولیه برای تأمین‌کننده Sام
۶	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

۴-۴ - 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.

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

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

جدول (۵): وضعیت کلی بازیکنان زنجیره تأمین

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

۴-۵- 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.

(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 (۴) حداکثر شده است.

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

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

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

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

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

$$\varphi_n' > 1; \quad \forall n \in N \quad (۴)$$

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

$$u > 0, \quad k > 0, \quad \alpha > 1, \quad 0 < \beta < 1,$$

$$0 < \gamma < 1, \quad \alpha - \beta > 1$$

(۲) در حالت 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

$$\text{Max } TZ_r = \sum_{r=1}^K \left[\begin{array}{l} (k.P_{r_n}^{-\alpha}.C_{M_n}^\beta [P_{r_n} - P_n^*] \\ - C_{M_n} - C_{S_m}.Q_{r_n}^{*-1}) \\ - \frac{1}{2} \times Q_{r_n}^* \times k_n' \times P_n^* \end{array} \right]$$

s.t

$$P_n^* = \varphi_n' \times \left(\left[\sum_{s=1}^M (k_{s_n}.C_{p_s}^*) \right] + \left[\frac{\sum_{s=1}^m (C_{O_{sn}}) + C_{S_n}}{Q_{r_n}^*} \right] \right)$$

$$+ \left[\frac{G_n^*}{D_n} \right]; \quad \forall n \in N$$

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

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

$$C_{P_s}^* = \varphi_s \cdot [C_{S_o} +$$

$$\left(\sum_{n=1}^N \frac{D_n}{Q_{r_n}^*} \times C_{S_s} \right) + \left(\sum_{n=1}^N k_{s_n} \cdot C_{S_s} \cdot k_{s_n} \cdot \frac{Q_{r_n}^*}{2} \right) \Bigg] \frac{\sum_{n=1}^N k_{s_n} \cdot D_n}{\sum_{n=1}^N k_{s_n} \cdot D_n}$$

$$G_n^* = [u.k^{1-\gamma}.P_{r_n}^{\alpha.(\gamma-1)}.C_{M_n}^{\beta.(1-\gamma)}] +$$

$$\left[C_{h_n} \times \frac{(\lambda_n \cdot Q_{r_n}^* - B_n)^2}{2 \cdot \lambda_n \cdot Q_{r_n}^*} \right] +$$

$$\left[\frac{C_{B_n} \cdot B_n^{*2}}{2 \cdot \lambda_n \cdot Q_{r_n}^*} \right]; \quad \forall n \in N$$

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

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 (۶) حداکثر شده است.

$$\begin{aligned} \text{Max } TZ_S &= \sum_{s=1}^M [(C_{P_s} - C_{S_o}) \times \sum_{n=1}^N k_{s_n} \cdot D_n] \\ &- [\sum_{n=1}^N \frac{D_n}{Q_{r_n}^*} \times C_{S_s}] - [\sum_{n=1}^N k_{S_s} \cdot C_{S_o} \cdot k_{S_n} \cdot \frac{Q_{r_n}^*}{2}] \end{aligned}$$

s.t :

$$\begin{aligned} P_n^* &= \frac{\alpha \cdot (P_n + C_{S_m} \cdot Q_{r_n}^{*-1})}{\alpha - \beta - 1} \\ C_{M_n}^* &= \frac{\beta \cdot (P_n^* + C_{S_m} \cdot Q_{r_n}^{*-1})}{\alpha - \beta - 1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n^* &= \varphi_n' \times ([\sum_{s=1}^M (k_{s_n} \cdot C_{P_s})] + \\ &[\frac{\sum_{s=1}^M (C_{O_{s_n}}) + C_{S_n}}{Q_{r_n}^*}] + [\frac{G_n^*}{D_n}]) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{r_n}^* &= \sqrt{\frac{2 \cdot (\sum_{s=1}^M (C_{O_{s_n}}) + C_{S_n}) \cdot D_n}{E_n \cdot \lambda_n \cdot C_{B_n}}} \\ B_n^* &= \sqrt{\frac{2 \cdot (\sum_{s=1}^M (C_{O_{s_n}}) + C_{S_n}) \cdot D_n \cdot \lambda_n \cdot E_n}{C_{B_n}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_n^* &= [u \cdot k^{1-\gamma} \cdot P_n^{\alpha \cdot (\gamma-1)} \cdot C_{M_n}^{\beta \cdot (1-\gamma)}] + \\ &[C_{h_n} \times \frac{(\lambda_n \cdot Q_{r_n}^* - B_n)^2}{2 \cdot \lambda_n \cdot Q_{r_n}^*}] + [\frac{C_B \cdot B_n^{*2}}{2 \cdot \lambda_n \cdot Q_{r_n}^*}] \quad (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_n &= k \cdot P_n^{-\alpha} \cdot C_{M_n}^{\beta} \\ D_n &\geq 0 \end{aligned}$$

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

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

$$C_{P_s} - C_{S_o} \geq 0$$

$$\varphi_n' > 1$$

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

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

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.

$$\begin{aligned} \text{Max } TZ_n &= \sum_{n=1}^N [(P_n - \sum_{s=1}^M (k_{s_n} \cdot C_{P_s}^*)) \times D_n] \\ &- [(\sum_{s=1}^M (C_{O_{s_n}}) + C_{S_n}) \times \frac{D_n}{Q_{r_n}}] - \\ &[u \cdot k^{1-\gamma} \cdot P_n^{\alpha \cdot (\gamma-1)} \cdot C_{M_n}^{\beta \cdot (1-\gamma)}] \\ &- [C_{h_n} \times \frac{(\lambda_n \cdot Q_{r_n} - B_n)^2}{2 \cdot \lambda_n \cdot Q_{r_n}}] - [\frac{C_{B_n} \cdot B_n^2}{2 \cdot \lambda_n \cdot Q_{r_n}}] \end{aligned}$$

s.t :

$$C_{M_n}^* = \frac{\beta \cdot (P_n + C_{S_m} \cdot Q_{r_n}^{-1})}{\alpha - \beta - 1} ; \forall n \in N \quad (5)$$

$$P_n^* = \frac{\alpha \cdot (P_n + C_{S_m} \cdot Q_{r_n}^{-1})}{\alpha - \beta - 1} ; \forall n \in N$$

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

$$P_n - [\sum_{s=1}^M (C_{P_s}^* \cdot k_{s_n})] \geq 0 ; \forall n \in N$$

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

$$D_n = k \cdot P_n^{-\alpha} \cdot C_{M_n}^{\beta} ; \forall n \in N$$

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

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

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

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

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

(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

۵- به کارگیری و اعتبارسنجی

به منظور 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 (۶) 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 به منظور بررسی اعتبار مدل‌ها، از رویکرد طراحی آزمایش‌ها به منظور تولید نمونه‌های آزمایشی استفاده شده است. پنج پارامتر $\alpha, \beta, \gamma, k, u$ 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 در نظر گرفتن مقدار حداقل و حداکثر برای پنج پارامتر مورد بررسی طراحی گردید. با توجه به تعداد 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.

جدول (۶): معرفی زنجیره تأمین فرضی

مقدار	پارامتر
۲	R
۲	S
۵	$C_{S_r}(2)$
۰,۲	k'_2
۱,۱۵	ϕ'_2
۴	$k_{s_n}(12)$
۳	$k_{s_n}(22)$
۵	$Co_{s_n}(12)$
۶	$Co_{s_n}(22)$
۰,۵	$C_{h_n}(1) = C_{h_n}(2)$
۲	M
۴	$C_{S_r}(1)$
۰,۱۵	k'_1
۱,۱	ϕ'_1
۳	$k_{s_n}(11)$
۳	$k_{s_n}(21)$
۶	$Co_{s_n}(11)$
۴	$Co_{s_n}(21)$
۱	$C_B(1) = C_B(2)$
۲۵	$C_{S_S}(1)$
۱,۱۵	ϕ_1
۱,۱	ϕ_2
۷	$C_{S_n}(1)$
۸	$C_{S_n}(2)$
۱,۵	$C_{S_o}(2)$
۱۵	$PC(1) = PC(2)$
۰,۲	$k_{S_S}(2)$
۲	$C_{S_o}(1)$
۲۴	$C_{S_S}(2)$
۰,۱۵	$k_{S_S}(1)$

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

$0.05 \leq \beta \leq 0.15$	$1.2 \leq \alpha \leq 1.25$	$3000 \leq k \leq 4000$	$2 \leq u \leq 4$	$0.01 \leq \gamma \leq 0.1$	تکرار
β	α	K	U	γ	
۰,۱۵	۱,۲	۴۰۰۰	۴	۰,۰۱	طرح ۱
۰,۰۵	۱,۲	۳۰۰۰	۲	۰,۰۱	طرح ۲
۰,۰۵	۱,۲	۳۰۰۰	۴	۰,۰۱	طرح ۳
۰,۰۵	۱,۲۵	۳۰۰۰	۴	۰,۰۱	طرح ۴
۰,۱۵	۱,۲۵	۴۰۰۰	۴	۰,۰۱	طرح ۵
۰,۱۵	۱,۲	۳۰۰۰	۴	۰,۰۱	طرح ۶
۰,۱	۱,۲۲۵	۳۵۰۰	۳	۰,۰۵۵	طرح ۷
۰,۱۵	۱,۲۵	۳۰۰۰	۴	۰,۰۱	طرح ۸
۰,۱۵	۱,۲۵	۳۰۰۰	۲	۰,۰۱	طرح ۹
۰,۱۵	۱,۲	۳۰۰۰	۲	۰,۰۱	طرح ۱۰
۰,۰۵	۱,۲۵	۳۰۰۰	۲	۰,۰۱	طرح ۱۱
۰,۰۵	۱,۲	۴۰۰۰	۴	۰,۰۱	طرح ۱۲
۰,۰۵	۱,۲	۴۰۰۰	۲	۰,۰۱	طرح ۱۳
۰,۱۵	۱,۲	۴۰۰۰	۲	۰,۰۱	طرح ۱۴
۰,۱۵	۱,۲۵	۴۰۰۰	۲	۰,۰۱	طرح ۱۵
۰,۰۵	۱,۲۵	۴۰۰۰	۴	۰,۰۱	طرح ۱۶
۰,۰۵	۱,۲۵	۴۰۰۰	۲	۰,۰۱	طرح ۱۷

کنندگان، سود کلی زنجیره تأمین در صورت برقراری شرایط بازی استکلبرگ، کاهش یافته است.

۶ - 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

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 آزمایشی)، 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. به عبارتی، با تغییر حرکت‌کننده پیشرو (رهبر) از انتهای زنجیره تأمین به سمت تأمین-

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

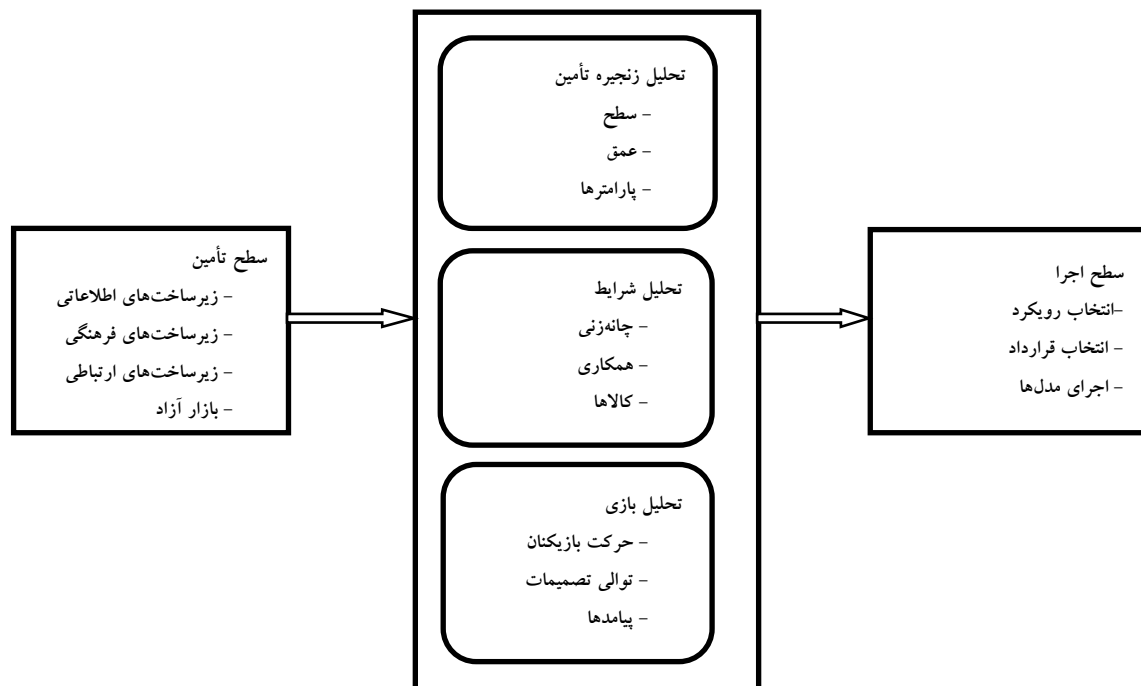
سود کلی زنجیره تأمین			
طرح آزمایش	رهبری خرده‌فروشان	رهبری تولیدکنندگان	رهبری تأمین‌کنندگان
طرح ۱	۳۴۳۲	۲۶۸۶	۲۶۳۱
طرح ۲	۱۸۳۸	۱۳۳۲	۱۳۲۸
طرح ۳	۱۸۰۰	۱۳۳۱	۱۲۹۳
طرح ۴	۱۳۷۰	۹۹۷	۹۵۶
طرح ۵	۲۵۰۷	۱۸۶۶	۱۸۲۰
طرح ۶	۲۵۵۴	۱۹۰۴	۱۸۶۶
طرح ۷	۲۱۲۹	۱۵۷۷	۱۵۴۸
طرح ۸	۱۸۵۲	۱۳۶۱	۱۳۱۴
طرح ۹	۱۸۷۸	۱۳۶۲	۱۳۰۷
طرح ۱۰	۲۵۶۸	۱۹۲۸	۱۸۸۸
طرح ۱۱	۱۳۹۵	۱۰۲۵	۹۹۴
طرح ۱۲	۲۴۴۲	۱۸۵۴	۱۸۲۴
طرح ۱۳	۲۴۷۰	۱۹۰۱	۱۸۵۳
طرح ۱۴	۳۴۵۵	۲۶۸۶	۲۶۵۹
طرح ۱۵	۲۵۲۹	۱۹۲۵	۱۸۵۱
طرح ۱۶	۱۸۴۴	۱۳۹۹	۱۳۴۴
طرح ۱۷	۱۸۹۰	۱۴۴۳	۱۳۹۵

الگو و راهکار پیشنهادی به منظور استفاده از مدل-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

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.

بازی‌های غیر تکراری هستند؛ در صورتی که 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.

واقعی معمولاً 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



شکل (۱): چهارچوب اجرا و پیاده‌سازی

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., & Zeepongsekul, 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*

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.

- Chains. *Sloan Management Review*, 93-102.
- Lee, J. W. (1993). Determining Order Quantity And Selling Price By Geometric Programming. *Decision Science*, 76-87.
- Lee, J. W., Kim, D., & Cabot, A. V. (1996). Optimal Demand Rate, Lotsize and Process Reliability Improvement Decisions. *IEEE Transactions*, 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. *International 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). *SupplyChainManagement: Issues in the New Era of Collaboration and Competition*. Pennsylvania: 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., & Iarsen, 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 Upstream 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 Geometric Programming. *European Journal Of Operation Research*, 628-642.
- Kim, D., & Lee, J. W. (1998). Optimal Joint Pricing And Lotsize With Fixed And Variable Capacity. *European Journal Of Operation Research*, 212-227.
- Lee, H. L., Padmanabhan, V & Seungjin, W. (1997). The Bullwhip Effect In Supply

پی نوشت

- 1- Mentzer
- 2- Jespersen & larsen
- 3- Gumus & Guneri
- 4- Stadtler & Kilger
- 5- Rasmusen & Blackwell
- 6- Nash, Bargaining Problem
- 7- Nash, Non Cooperative Games
- 8- Nash, Equilibrium Points In N-Person Games
- 9- Abad
- 10- Lee J. W
- 11- Lee, Kim
- 12- Kim & Lee
- 13- Jung & Cerry
- 14- Esmaeili, Aryanejad, & Zeepongsekul
- 15- Bazaraa, Sherali, & Shetty
- 16- Seller – Buyer(SB)
- 17- Lingo
- 18- Debug
- 19- Global Solver
- 20- Local

جدول (۱): مروری بر تحقیقات مشابه

کلیات تحقیق	بازی تحقیق	شرایط تحقیق	خروجی‌های تحقیق
دانشمندان / زمان	نوع / حالت	سطوح / عمق زنجیره تأمین	اعتبارسنجی / هدف خروجی
فنگ و دیگران، ۲۰۲۰۰۷	تبادل نش مشارکت در درآمد	تقاضای غیر قابل 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، ۲۰۲۰۰۷	تبادل نش مشارکت در درآمد	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، ۲۰۲۰۰۵	قرارداد مرجوعی و فروش انبوه	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، ۲۰۲۰۰۸	تبادل نش مشارکت در سود	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
یینگ و دیگران، ۲۰۲۰۰۷	بهینه‌سازی مشارکت در درآمد	تقاضای 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، ۲۰۲۰۰۴	تبادل استکلبرگ تعادل پارتو	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، ۲۰۲۰۰۹	مشارکت در درآمد مدل شیپلی	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، ۲۰۲۰۰۷	قرارداد تخفیف، مشارکت در سود	تقاضای 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

