فصلنامه مدیریت راهبردی در سیستم های صنعتی (مدیریت صنعتی سابق)
دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
سال هجدهم/ شماره ۶۶ / زمستان ۱۴۰۲

ارائه مدل غیر قطعی به منظور هماهنگی در زنجیره تأمین با در نظر گرفتن مکانیزم های تشویقی تخفیف و تأخیر در پرداخت با استفاده از نظریه بازی‌ها

محمدفردوس مکان
گروه مهندسی صنایع، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
رویا محمدعلی پوراهری (نویسنده مسؤول)
گروه مهندسی صنایع، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
Email: roya.ahari@gmail.com
محمدرضا وسیلی
گروه مهندسی صنایع، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
مجید وزیری سرشک
گروه مهندسی صنایع، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴ * تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۱۱/۱۰

چکیده

عدم قطعیت در زنجیره تأمین به عنوان یک مساله اساسی و مهم در راستای تصمیم گیری مناسب مدیران و طراحان زنجیره تأمین درنظر گرفته می‌شود. در این مقاله، به منظور مقابله با این مهم ، یک زنجیره تأمین سه سطحی تحت تقاضای تصادفی با استفاده از دو مدل غیرمتمرکز و هماهنگ پیشنهاد شده که در آن، افزایش سود هر یک از بازیگران زنجیره (تأمین کننده- تولید کننده- خرده فروش) مد نظر قرار گرفته است. در مدل غیرمتمرکز تحت تقاضای تصادفی مبتنی بر سناریو، خرده فروش و تولید کننده به طور جداگانه با در نظر گرفتن تقاضای حساس به CSR تصادفی مبتنی بر سناریو در مورد مقدار سفارش و سرمایه گذاری تصمیم می‌گیرند. یک قرارداد قیمت عمده فروشی با دو سطح قابل تنظیم برای متقاعد کردن سه نماینده برای ورود به طرح هماهنگی پیشنهاد شده است. با توجه به مقایسه های انجام شده بین نتایج الگوریتم‌ها، مشخص شد که مدل هماهنگ نسبت به الگوریتم دیگر، عملکرد مناسب تری در کاهش هزینه‌های زنجیره و افزایش سود داشته است. به طور خاص می‌توان اذعان نمود که مدل هماهنگ در حدود ۱۴۴/۳۹ درصد نسبت به مدل غیرمتمرکز بهتر عمل کرده و توانسته سود زنجیره را افزایش دهد.

کلمات کلیدی: زنجیره تأمین، مدل غیر متمرکز، مدل هماهنگ، مکانیزم های تشویقی، نظریه بازی.

۱-مقدمه

از آنجا که رقابت شدید در بازارهای جهانی امروزی، تنوع محصولات مختلف با چرخه های عمرکوتاه و میزان تقاضای مشتریان، زنجیره تأمین را با عدم قطعیت‌های مختلف روبرو ساخته است، تمرکز بر طراحی و مدیریت زنجیره تأمین تحت شرایط عدم قطعیت مورد توجه بسیاری از متخصصان این حوزه قرار گرفته است. لذا توجه به این موضوع، منجر به تحول و تکامل تدریجی طراحی زنجیره تأمین و تکنیک‌های مربوط به این بخش شده است. به منظور کاهش هزینه و بهبود سطح خدمت باید رویکردهای مؤثر در یک زنجیره تأمین در سطوح مختلف به کار گرفته شوند (Khan et al., 2021). عدم قطعیت در پارامترهای مختلف زنجیره تأمین، مدیران را با چالش‌های جدی در راستای اتخاذ استراتژی های مدیریت و تصمیمات مهم در زمینه برنامه ریزی روبرو کرده است. از این رو، برنامه ریزی زنجیره تأمین به هماهنگی و همگام سازی چندین فعالیت با عملکردهای مختلف مربوط می‌شود (Vosooghidizaji et al., 2020). مدیریت زنجیره تأمین شامل همه فعالیت‌های یکپارچه‌سازی مرتبط با جریان مواد و تبدیل کالاها از مرحله خام (استخراج)، تا مرحله محصول نهایی (برای مصرف) و نیز جریان اطلاعاتی مرتبط با آنها می‌شود، که این امر از طریق بهبود روابط حلقه‌های زنجیر برای دستیابی به مزیت رقابتی قابل اتکا و مستدام امکان‌پذیر خواهد بود. زنجیره تأمین این اطمینان را به شرکت‌ها می‌دهد که در شرایط عدم قطعیت، محصولات خود را به مشتریان عرضه نمایند (Sodhi et al., 2021).

خرده فروشان، به عنوان یک گره واسط بین تولیدکنندگان و مصرف کنندگان، همواره در معرض ریسک‌های نامشخص تولیدکنندگان و مصرف کنندگان می‌باشند. به غیر از تقاضای نامشخص مصرف کنندگان، خرده فروشان نیز ممکن است با بازدهی نامشخص روبرو شوند. عملکرد نامشخص در فرآیند تولید و لجستیک، به ویژه برای کالاهای فاسدشدنی، سبب افزایش ریسک‌های ناشی از عدم قطعیت در زنجیره می‌شود. به منظور مواجهه با این مساله، مفهوم هماهنگی زنجیره تأمین پدید آمده که هدف آن سودرسانی به تمام اعضای زنجیره بخصوص در شرایط عدم قطعیت می‌باشد (Xie et al., 2021). بنابراین، هماهنگی زنجیره تأمین باید شامل طرح‌های تشویقی برای جلب خریدار باشد (Aljazzar et al., 2017). در بسیاری از شرایط واقعی، برآورد دقیق پارامترهای اصلی مانند تقاضای بازار، زمان عرضه، حجم تولید و غیره که از عوامل مهم غیر قطعی در یک زنجیره تأمین می‌باشند، دشوار است. عدم قطعیت موجود در چنین پارامترهایی بخشی اجتناب ناپذیر از تصمیم گیری در یک زنجیره تأمین است. در عمل ، تقاضای نامشخص بسیاری از محصولات را می‌توان با استفاده از رویکرد مبتنی بر سناریو مدل سازی کرد. از این رو، هماهنگی اعضای زنجیره یک روش مفید برای بهبود عملکرد کل زنجیره تأمین و هماهنگی تصمیمات مختلف است (Hosseini-Motlagh et al., 2019).

هدف اصلی در هماهنگی مسائل مختلف، در برخی از فعالیت ها، کاهش دادن هزینه ها و یا افزایش سود است. هماهنگی فعالیت های مشابه در سطوح مختلف هزینه های زنجیره تامین را کاهش میدهد (Arshinder et al., 2011). هماهنگی بین دو نهاد کسب وکار مختلف یک روش مهم برای به دست آوردن مزیت رقابتی است، همانطوری که هزینه های زنجیره تامین را پایین می آورد، چندین استراتژی استفاده می شود که فرآیندهای کسب وکار و فعالیت های اعضای زنجیره تأمین را برای اطمینان از عملکرد بهتر زنجیره تأمین از لحاظ هزینه، زمان پاسخ، عرضه به موقع و خدمات به مشتریان تخصیص دهند. رسیدن به رضایت مشتری نه فقط مرتبط با یک عضو منفرد زنجیره تامین بلکه به همه اعضا و هماهنگی و همکاری بین آنها مرتبط است (Sarmah et al., 2006).

در بسیاری از تحقیقات، به مساله هماهنگی زنجیره تأمین پرداخته شده است. در یک مسئله برنامه ریزی زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار چند دوره‌ای با بکارگیری یک مدل جامع که جنبه‌های اجتماعی و زیست محیطی تصمیمات زنجیره تأمین را به طور جدی در نظر گرفته و اثرات اجتماعی و محیطی آنها را با استفاده از شاخص‌های راهنمای (گزارش جهانی) اندازه گیری می‌کند، پرداخته‌اند. مدل برنامه ریزی پیشنهادی شامل تصمیمات تاکتیکی شامل قیمت محصول و تصمیمات لجستیک است. از یک پیشنهاد تخفیف برای محصول برگشتی به عنوان یک سیاست تشویقی برای افزایش تمایل مشتریان برای بازگشت محصولات استفاده می‌شود. علاوه بر این، دو رویکرد بازیابی شامل ساخت مجدد و بازیافت در کنار استفاده از کالاهای برگشتی بسیار با کیفیت در نظر گرفته شده است. طلایی زاده و همکاران در مدلی به یک زنجیره تأمین دو لایه که متشکل از یک تولید کننده و

خرده فروشان متعدد است که مطالبات آنها در عدم اطمینان است پرداختند. در این مقاله، دو مسئله عملی از طریق رویکرد بازی همکارانه مورد بررسی قرار گرفته که در آن ارزش‌های بارز ائتلاف با سود مطلوب مورد انتظار نشان داده شده است. همچنین یک مسئله همکاری تبلیغاتی تولید کننده و خرده فروشان با هم مقایسه شده، که در آن تولید کننده به عنوان یک رهبر عمل می‌کند و بازی استکلبرگ را با ائتلاف خرده فروشان انجام می‌دهد(Taleizadeh et al., 2019).

چیاو و همکاران در پژوهشی افزایش قیمت و تبلیغات ملی تولید کننده در یک زنجیره تأمین تولید کننده با تأثیر قیمت مرجع مصرف کنندگان را در نظر گرفته شد. در این مقاله، یک بازی متمرکز و پس از آن دو بازی استاکلبرگ با عنوان "ارتقاء قیمت مصرف کننده" و "ارتقاء قیمت خرده فروش و مصرف کننده" مورد توجه قرار گرفته است(Xiao et al., 2019). ملکیان و راستی برزوکی، در پژوهش خود دو نوع قرارداد جدید برای مدیریت تولید به منظور کشف راههایی برای دستیابی به هماهنگی زنجیره تأمین ارائه دادند. مدل پیشنهادی ثابت می‌کند که با تنظیم پارامترهای دقیق دو قرارداد می‌توانند زنجیره تأمین را هماهنگ کرده که کل سود در زنجیره تأمین غیر متمرکز همانند آن در سیستم متمرکز یکسان باشد Malekian and Rasti-(Barzoki, 2019). لی و همکاران در مقاله ای به ارائه روشی با دو قرارداد به منظور هماهنگی زنجیره تأمین محصولات کشاورزی جدید با در نظر گرفتن رفتار استراتژیک مصرف کننده پرداختند (Li et al., 2020).

یان و همکاران(۲۰۲۰) در مقاله ای به بررسی مساله هماهنگی کانال سبز در یک زنجیره تأمین دو سطحی پرداختند که در آن تقاضا، تابعی از قیمت فروش و کیفیت سبز محصول است. در این مدل، خرده فروش در مورد قیمت فروش تصمیم می‌گیرد و تولید کننده کیفیت سبز محصول را تنظیم می‌کند. برای شروع هماهنگی کانال و ایجاد یک نتیجه برد–برد برای هر دو طرف، ترکیبی از قرارداد "تقسیم هزینه سبز" و قرارداد "تقسیم درآمد" ایجاد شده است(Yan et al., 2020).

حیدری و همکاران (۲۰۲۱) یک زنجیره تأمین سبز سه سطحی رو به جلو و معکوس را ارائه داد که تولیدکنندگان بر روی فرایندهای تولید سبز سرمایه گذاری می‌کنند. در این مقاله، هماهنگی این زنجیره تأمین سبز یکپارچه از طریق ارائه یک مدل ریاضی مرتبط با قراردادهای دو جانبه عادلانه بین طرفین، مدنظر قرار گرفته است. بر این اساس، یک قرارداد تعرفه‌ای دو قسمتی یکپارچه ایجاد می‌شود تا همه اعضای زنجیره تأمین با توجه به راه حل متمرکز منطقی عمل کنند تا طرفین سود مناسبی از این معاملات ببرند (Heydari et al., 2021).

توکتاس پاولت (۲۰۲۱) یک زنجیره تأمین کشاورزی سبز را مورد نظر قرار دادند که با ایجاد یک مدل بازی، به بررسی مساله هماهنگی زنجیره و تصمیمات بهینه همه واحدها در یک سیستم غیر متمرکز و متمرکز پرداخته‌اند(Toktaş-Palut, 2021).

چاوو و همکاران (۲۰۲۰) یک مدل تصمیم گیری را ارائه دادند که در آن معیار ارزش شرطی در معرض خطر به عنوان معیار ارزیابی ریسک مورد استفاده قرار گرفته است. از این رو به منظور برقراری قراردادهای دوجانبه در راستای تصمیم گیری بهینه در موقعیت‌های متمرکز و غیر متمرکز از قراردادهای مشترک تقسیم درآمد قرارداد و قرارداد بازخرید استفاده می‌کنند تا زنجیره تأمین دو کانالی را هماهنگ کنند. قراردادهای مشترک پیشنهادی در این مقاله می‌تواند به بهبود پارتو برای زنجیره تأمین دو کانالی که در آن خرده فروش ریسک گریز تحت عدم قطعیت عملکرد و تقاضا دخیل است، دست یابد(Cao et al., 2020).

ژو و همکاران (۲۰۲۰) بروی موارد متمرکز و غیر متمرکز تصمیمات و سود بهینه زنجیره‌های تأمین متمرکز شدند. آن‌ها نشان دادند که عدم قطعیت هزینه تولید در انگیزه شکل گیری زنجیره تأمین مبالغه می‌کند، اما ممکن است سود مورد انتظار را در مورد تصمیم گیری متمرکز افزایش دهد. از این رو یک قرارداد ناقص طراحی شده که قیمت عمده و مقدار سفارش را در مرحله اول تعیین می‌کند که پس از تحقق هزینه تولید در مرحله دوم ، شرکت‌ها می‌توانند مجدداً مذاکرات خود را در مورد قرارداد انجام دهند. نکته قابل توجه این است که این قراردادهای ناقص می‌تواند زنجیره تأمین را نیز هماهنگ کند (Zhu et al., 2021).

ژاوو و همکاران (۲۰۲۰) یک مدل هماهنگ جدید در زنجیره تأمین ارائه دادند که با برنامه ریزی دقیق سیستم لجستیک قادر است رضایت مشتریان را جلب نماید. مدل ریاضی پیشنهادی با درنظرگیری برنامه ریزی یکپارچه زنجیره تأمین، تعیین زمان تحویل، زمان بندی سفارشات، تعیین وظیفه خودرو بر اساس ظرفیت بارگیری و با حداقل رساندن هزینه‌های توزیع، هزینه‌های

سوخت ثابت، هزینه‌های سوخت متغیر، انتشار کربن و زمان لازم برای تحویل محموله‌ها، هماهنگی کامل بین اجزای زنجیره بوجود آورده و سبب افزایش سود اعضا می‌شود(Zhao et al., 2020). گنجی و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی هماهنگی زنجیره تأمین معکوس با تقاضای تصادفی وابسته به قیمت و ضمانت تحت عدم قطعیت‌های جمع آوری پرداختند (Ganji et al., 2021).

این مقاله دو مدل نظری بازی از یک زنجیره تأمین معکوس (RSC)[1]را برای خرده فروشی یک نوع محصول بازسازی شده ارائه می‌دهد. مدل اول یک RSC دو مرحله‌ای را با یک تولید کننده و یک خرده فروش بررسی می‌کند و عدم قطعیت‌ها را در رابطه با تقاضا، مقدار جمع آوری و عملکرد مجموعه در نظر می‌گیرد. مدل دوم RSC سه سطحی را با یک تأمین کننده، یک تولید کننده و یک خرده فروش مورد مطالعه قرار می‌دهد و تقاضا و عملکرد مجموعه تصادفی را با تقاضا بستگی به قیمت فروش و دوره گارانتی در نظر می‌گیرد. تولید کننده برای محصولات بازسازی شده که با استفاده از اقلام برگشتی بازیابی شده از مشتریان تولید می‌شوند، ضمانت می‌کند. هر دو مدل تحت سیاست‌های قرارداد متمرکز ، غیر متمرکز و تقسیم درآمد قرار می‌گیرند که در نهایت سود اعضای زنجیره تأمین از طریق هماهنگی با قرارداد تقسیم درآمد افزایش می‌یابد (Sarada, and Sangeetha, 2021).

با توجه به توضیحات ارائه شده در قسمت بیان مسئله و بررسی شکاف تحقیقاتی از نتایج اشاره شده می‌توان دریافت که همزمانی استفاده از تأخیر در پرداخت و تخفیف در پژوهش‌های قبلی با در نظر گرفتن نظریه بازی‌ها تاکنون مورد نظر قرار نگرفته و به عنوان خلأ تحقیقات پیشین می تواند فرصت مطالعاتی باشد. همچنین می توان بیان نمود که هماهنگی کانال، روشی مفید برای بهبود عملکرد کل زنجیره تأمین و تصمیمات مختلف است. با این حال، بسیاری از مطالعات قبلی در مورد هماهنگی کانال، ماهیت نامشخص تقاضای بازار را با یک احتمال منحصر به فرد و توزیع شناخته شده مانند توزیع عادی، اعمال می‌کنند. و این درحالی است که در دنیای واقعی در موقعیت‌ها، اغلب مشاهده می‌شود که تقاضای بازار فقط با مجموعه‌ای از سناریوهای گسسته قابل تخمین است. تعیین مقدار سفارش بهینه هنگامی که تقاضای بازار با دقت مشخص نشود کار دشواری است. در چنین حالتی، رویکرد سناریو محور باید برای الگوسازی از این مشکل و بهینه سازی چنین تصمیماتی استفاده شود.

با این وجود، به دانش ما، عدم اطمینان هنوز با استفاده از یک رویکرد مبتنی بر سناریو در مطالعات قبلی درباره هماهنگی زنجیره تأمین برطرف نشده است. این پژوهش با یک مثال عددی ایجاد شده است، جایی که یک تولید کننده محصولات خود را در بازار از طریق یک کانال توزیع کننده (خرده فروش) به مشتری به فروش می‌رساند. تولید کننده قصد دارد تا با اعمال همزمان تخفیف در فروش و تأخیر در پرداخت روی نگرش مشتریان نسبت به محصولات خود تأثیر مثبت بگذارد و در نتیجه تقاضای بازار را بهبود بخشد. با توجه به توضیحات ارائه شده در قسمت ابتدایی مقدمه و بررسی شکاف تحقیقاتی می‌توان دریافت که همزمانی استفاده از تأخیر در پرداخت و تخفیف در پژوهش‌های قبلی با در نظر گرفتن نظریه بازی‌ها تاکنون مورد نظر قرار نگرفته که در این پژوهش بدان پرداخته خواهد شد. لذا، در این مقاله، ابتدا مسئله را تحت تقاضای تصادفی تک سناریو در نظر گرفته و مدل‌های اساسی پیشنهاد می‌شوند و پس از آن با توسعه مدل‌ها، تقاضای تصادفی مبتنی بر سناریو درنظر گرفته و مسئله تحت مدل‌های غیر متمرکز و هماهنگ (دو روش حل در تئوری بازی‌ها) تجزیه و تحلیل می‌شوند.

در این پژوهش از یک مدل سه سطحی شامل تأمین کننده، تولید کننده و خرده فروش استفاده که هر کدام از آن‌ها به عنوان یک بازیگر در مدل نظریه بازی منافع خود را مدنظر دارند. لذا مدل اتخاذ شده با هدف افزایش سود و منفعت هر کدام از این بازیگران است. بر این اساس از دو مدل غیرمتمرکز و هماهنگ در راستای مدل سازی زنجیره تأمین پیشنهادی تحت شرایط عدم قطعیت استفاده شده است که به منظور ارزیابی آن، این مدل‌ها با مثال عددی پیاده سازی و نتایج آن در بخش‌های آتی این مقاله ارائه شده‌اند. این مقاله به شرح زیر تدوین شده است: در بخش ۲ به بررسی مرور ادبیات و تعیین گپ تحقیقات موجود در زمینه پژوهش حاضر پرداخته می‌شود. بخش۲ به بررسی مدل‌ها و روش حل ،صحه گذاری مدل و بخش ۳ ارائه نتایج نهایی مدل‌ها و در نهایت در بخش منابع ارائه خواهد شد.

۲- روش شناسی پژوهش

[1] Reverse supply chain

مطالعه حاضر از منظر نوع هدف تحقیق، کاربردی توسعه یافته است و با استفاده از مفهوم نظریه بازیها، یک زنجیره تأمین رقابتی سه سطحی را در قالب مدل ریاضی را نمایش دهد و در پی آن نقاط تعادل بازی را به دست می آورد. مدل ریاضی پیشنهادی با بهره گیری از دو مقاله الجزار و همکاران (۲۰۱۷) و حسینی مطلق و همکاران (۲۰۱۹) بدست آمده است . سپس نحوه استفاده از روش نظریه بازی به منظور اعمال آن بر مدل در راستای برقراری هماهنگی در زنجیره تأمین با در نظر گرفتن مکانیزم های تشویقی تخفیف و تأخیر در پرداخت با استفاده از نظریه بازی‌ها ارائه می‌گردد. از این رو در ادامه، مفروضات مدل ارائه شده و سپس با تعریف طرح مساله، مدل‌های هماهنگ و غیر متمرکز بیان خواهند شد.

الف) فرضیات مساله

زنجیره تأمین پیشنهادی از یک تأمین کننده، تولید کننده و خرده فروش (خریدار) تشکیل شده است. یک محصول واحد از چندین ماده اولیه (α) تشکیل شده است. میزان تقاضا به تخفیف بستگی دارد. میزان تولید تأمین کننده بیشتر از تقاضای تولیدکننده برای مواد اولیه است و نرخ تولید کالاهای نهایی در تولید کننده سریعتر از تقاضای خرده فروش است. کمبود مجاز نیست. سیاست تولیدکننده از خطی مشی هیل پیروی می‌کند که در آن دسته‌های برابر تولید و محموله‌هایی با اندازه یکسان ساخته می‌شوند. هزینه نگهداری از دو مؤلفه فیزیکی و مالی تشکیل شده است. تخفیف‌های قیمت و تأخیر مجاز در پرداخت به عنوان متغیرهای تصمیم گیری درنظر گرفته می‌شوند. در طول دوره برنامه ریزیِ تأخیر مجاز، تولید کننده و خرده فروش بروی محصولات باقیمانده جمع آوری شده، سرمایه گذاری می کنند. تولید کننده و خرده فروش محصولات باقیمانده خود را در پرداخت‌های تکی پرداخت می‌کنند. حداکثر تخفیف قیمت که توسط تأمین کننده ، تولید کننده یا خرده فروش ارائه می‌شود نمی‌تواند از حاشیه سود فراتر رود.

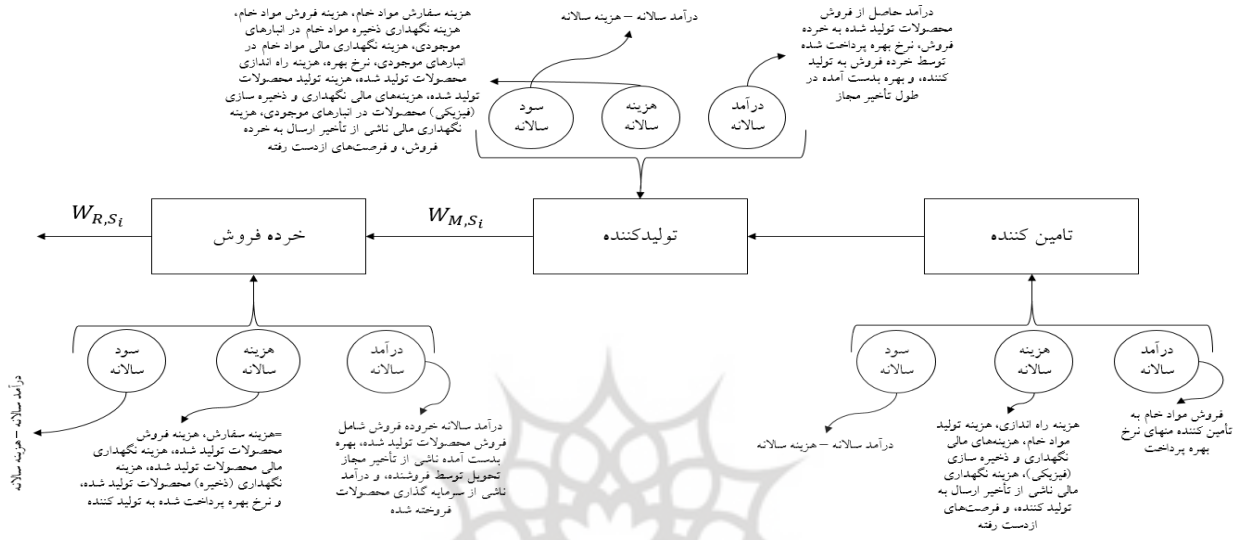
ب) شرح مساله

سیستم زنجیره تأمین ارائه شده در این پژوهش از یک زنجیره تأمین سه سطحی (تأمین کننده–تولید کننده–خرده فروش) تشکیل شده است. در این سیستم، خرده فروش مقدار زیادی از اقلام تولید شده Q را برای نرخ تقاضای سالانه D سفارش می‌دهد. تولید کننده اقلام تولید شده را با نرخ سالانه واحد P تولید می‌کند که در آن $P > D$ می‌باشد. علاوه بر این، تولید کننده میزان محصول αQ را از تأمین کننده سفارش که α تعداد واحدهای مواد اولیه مورد نیاز برای تولید یک محصول نهایی است. تولیدکننده، مقدار پرداخت‌های خود را بسته به زمان مشخص شده با تأمین کننده، در یک دوره بدون بهره تسویه می‌کند. اگر تولید کننده پرداخت خود را در موعد τ_m پس از موعد t_s تسویه کند، که $\tau_m > t_s$ می‌باشد، نرخ بهره k_s، به منظور برقراری تعادل $\tau_m - t_s$ در واحد زمان کسر می‌شود. در طول مدت τ_m یا t_s ، تولید کننده، تعادل بدهی به تأمین کننده را با نرخ بهره k_m ، پرداخت می‌کند. در نتیجه، تولید کننده به خرده فروش اجازه می‌دهد تا پرداخت خود را در زمان t_m در یک دوره بدون بهره تسویه کند. در نتیجه، خرده فروش می‌تواند پرداخت خود را به تولیدکننده به بعد از زمانی که تولید کننده نرخ سود k_m باقیمانده از حساب خود را دریافت می‌کند موکول کند.

از این رو، خرده فروش باقیمانده حساب خود به تولید کننده را با نرخ سود k_r پرداخت می‌کند. در این مقاله، ابتدا مسئله، تحت تقاضای تصادفی تک سناریویی در نظر گرفته و مدلهای اساسی پیشنهاد می‌شوند. در ادامه، مدل‌ها توسعه داده شده تا تقاضای تصادفی مبتنی بر سناریو ایجاد شود و مسئله تحت مدل‌های غیرمتمرکز و هماهنگ مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. در مدل غیرمتمرکز تحت تقاضای تصادفی مبتنی بر سناریو، خرده فروش و تولید کننده به طور جداگانه با در نظر گرفتن تقاضای حساس به CSR تصادفی مبتنی بر سناریو در مورد مقدار سفارش و سرمایه گذاری تصمیم می‌گیرند. یک قرارداد قیمت عمده فروشی با دو سطح قابل تنظیم برای متقاعد کردن سه نماینده برای ورود به طرح هماهنگی پیشنهاد شده است. طبق قرارداد پیشنهادی، قیمت عمده تأمین کننده و تولید کننده به عنوان پارامترهای قرارداد تلقی می‌شود و به گونه‌ای تعیین می‌شود که نتایج پیشنهادی قرارداد در یک موقعیت برنده برای همه بازیگران رنجیره تأمین تنظیم شوند.

لازم به توضییح است که به منظور ارائه مدل غیرقطعی در زنجیره تأمین، عدم قطعیت در میزان تقاضا با استفاده از مقاله حسینی مطلق و همکاران (۲۰۱۹) درنظر گرفته شده است. بر این اساس، سناریوهای مختلفی بسته به میزان تقاضای خردیه فروش در زنجیره اعمال می‌شود و بر اساس آن، تابع توزیع تقاضا که مبتنی بر تقاضای غیرقطعی و میزان تخفیف در هر سناریو می‌باشد، تشکیل می‌شود و بر اساس احتمال هر سناریو، میزان سود کل زنجیره را که متشکل از سود هر سه سطح توزیع کننده، تولید کننده و خرده فروش می‌باشد، تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا، هدف نهایی، بهینه کرد سود کل زنجیره می‌باشد.

در شکل (۱)، شماتیک کلی مساله نشان داده شده است:



شکل شماره (۱): شماتیک کلی طرح مساله

ج) مدل ریاضی

در توسعه مدل ریاضی این مقاله، از نمادهای زیر استفاده می‌شود:

i متناظر با اعضای زنجیره تعیین می‌شود

s بیانگر تأمین کننده

w بیانگر مواد خام تولید کننده

m بیانگر محصولات تولید شده تولید کننده

r بیانگر خرده فروش

c بیانگر مشتری

A_i هزینه راه اندازی/ سفارش برای عامل i

C_i هزینه تولید / خرید هر واحد برای عامل i

h_i هزینه نگهداری مالی هر واحد برای عاملi

hs_i هزینه نگهداری (ذخیره) هر واحد برای عامل i

n_1 تعداد حمل و نقل انجام شده توسط تأمین کننده به تولید کننده به ازای هر دوره ماده خام تولید کننده

n_2 تعداد حمل ونقل انجام شده توسط تولید کننده به خرده فروش به ازای هر دوره خرده فروش

α مقدار ماده خام مورد نیازبرای تولید یک محصول نهایی

t_i تأخیر مجاز در پرداخت توسط عامل i

τ_i زمان تسویه برای هر عامل i

k_i بازگشت سرمایه برای هر عامل i

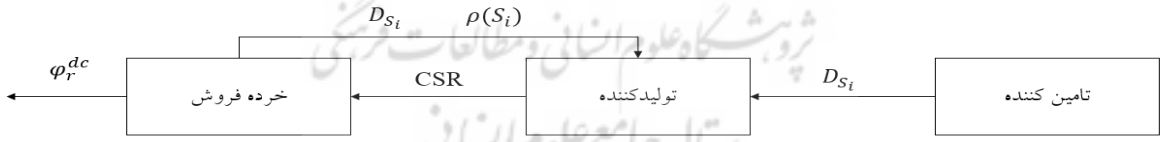
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

P نرخ تولید سالانه تولید کننده
d_i تخفیف در واحد پولی توسط عامل i به مشتری خود
S_i شاخص سناریوهای تقاضا
$\rho(S_i)$ احتمال وقوع سناریوی S_i
D_{s_i} نرخ تقاضا سالانه تحت سناریوی S_i، $D_s < P$
$f(D_{s_i})$ تابع توزیع احتمالی تقاضا در سناریوی S_i نسبت به تخفیف
$f(d_{rs})$ تقاضای سالانه خرده فروش، در این حالت فرض می‌شود که این تابعی از تخفیف و تقاضای تصادفی در سناریوهای مختلف است بطوریکه $D_s + f(D_{s_i})d_r$
μ_{s_i} میانگین تقاضای بازار قبل از سرمایه گذاری در CSR در سناریو S_i
σ_{s_i} انحراف معیار تقاضا در سناریو S_i
α_{S_i} بیشترین افزایش تقاضای متوسط توسط سرمایه گذاری CSR در سناریو S_i
T طول دوره زمانی
ψ_i سود سالانه برای هر عامل i

Q مقدار سفارش
η هزینه واحد پرداخت شده توسط تولید کنند در فعالیت‌های CSR به ازای هر محصول
W_{M,S_i} قیمت عمده فروشی تولیدکننده تحت قرارداد پیشنهادی در سناریو S_i
W_{R,S_i} قیمت عمده فروشی خرده فروش تحت قرارداد پیشنهادی در سناریو S_i

د) تعیین سود کل زنجیره با استفاده از نظریه بازی

شماتیک این مدل در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل شماره (۲): شماتیک مدل غیرمتمرکز

در این بخش، مدل اساسی غیرمتمرکز با در نظر گرفتن تقاضای تصادفی مبتنی بر سناریو توسعه داده می‌شود. در بسیاری از موارد در دنیای واقعی، تقاضای بازار را می‌توان با یک متغیر تصادفی گسسته فقط با سه سناریوی ممکن یعنی(۱) سناریوی تقاضای بالا ، (۲) سناریوی تقاضای متوسط و (۳) سناریوی کم تقاضا نشان داد. بنابراین، در این مساله، سه سناریوی مختلف S_1 ، S_2 و S_3 در نظر گرفته شده و با آنها نشان داده می‌شوند. به عبارت دقیق‌تر ، تقاضای آینده خرده فروش تحت هر سناریوی ممکن $S_i(i = 1,2,3)$ توسط D_{S_i} بیان می‌شود که در آن D_{S_i} بصورت توزیع نرمال $N(\mu_{S_i} + \alpha_{S_i}y(\eta), \sigma_{S_i}^2)$ که $N = (\mu_0 + \alpha y(\eta), \sigma^2)$ است، می‌باشد. علاوه بر این ، احتمال وقوع هر سناریو با $\rho(S_i)$ نشان داده شده است. قابل ذکر است که با انجام تنظیمات اندک در مدلهای پیشنهادی، تعداد سناریوهای تقاضا به راحتی قابل تمدید می‌باشد.

بر اساس مدل غیرمتمرکز، مساله حاضر به عنوان یک بازی استکلبرگ –تولید کننده مدل سازی می‌شود، که تولید کننده با در نظر گرفتن بهترین پاسخ خرده فروش تصمیم خود را بهینه می‌کند. راه حل‌های بهینه بازی استکلبرگ را می‌توان از طریق روش آلقای عقبگرد تعیین نمود. در این روش، ابتدا مساله خرده فروش بهینه می‌شود و بهترین پاسخ خرده فروش را برای هرگونه

سرمایه گذاری CSR انجام شده توسط تولید کننده به دست می‌آید. تحت تقاضای تصادفی مبتنی بر سناریو، خرده فروش باید در مورد مقدار سفارش تصمیم بگیرد تا عملکرد سود خود را در سناریوهای تقاضای آینده بهینه کند. علاوه بر این، مقدار سفارش تعیین شده باید تضمین کند که خرده فروش تحت هر سناریوی تقاضا، متحمل ضرر نخواهد شد. پس از آن، با در نظر گرفتن بهترین پاسخ خرده فروش به عملکرد سود تولیدکننده، مساله تولیدکننده را بهینه کرده و سرمایه گذاری CSR بهینه بدست می‌آید. سرانجام، مقدار بهینه سفارش خرده فروش بر اساس سرمایه گذاری CSR تولید کننده حاصل می‌شود.

از این رو می‌توان تابع سود خرده فروش را بصورت معادله (۱) نوشت:

$$\varphi_r^{dc}(Q, t_m, \tau_r, d_r, d_m) = \rho(S_1) \times \varphi_{r,S_1}(Q, t_m, \tau_r, d_r, d_m) + \rho(S_2) \times \varphi_{r,S_2}(Q, t_m, \tau_r, d_r, d_m) + \rho(S_3) \times \varphi_{r,S_3}(Q, t_m, \tau_r, d_r, d_m) \quad (۱)$$

که:

$$\varphi_{r,S_1}(Q, t_m, \tau_r, d_r, d_m) \geq 0$$

$$\varphi_{r,S_2}(Q, t_m, \tau_r, d_r, d_m) \geq 0$$

$$\varphi_{r,S_3}(Q, t_m, \tau_r, d_r, d_m) \geq 0$$

از آنجا که مقدار سفارش، قبل از وقوع هر سناریوی تقاضا تنظیم شده است، سود تأمین کننده و تولید کننده مستقل از سناریوهای احتمالی است. بنابراین ، متوسط سود تأمین کننده و تولید کننده در تمام سناریوها به ترتیب برابر با معادله (۲) برای تأمین کننده و معادله (۵) برای تولید کننده خواهد بود.

$$\varphi_s(t_s, \tau_{m,w}, n_1, n_2, d_s, d_r) = \psi_s(t_s, \tau_{m.w_1}, d_s, d_r) - \gamma_s(t_s, \tau_{m,w}, n_1, n_2, d_r) \quad (۲)$$

که ψ_s برابر با درآمد سالانه تأمین کننده و γ_s برابر با هزینه سالانه تأمین کننده است که از روابط (۳) و (۴) حاصل می شوند.

$$\psi_s(t_s, \tau_{m.w_1}, d_s, d_r) = (C_{m,w} - d_s)\rho(S_i)\alpha f(d_{rs}) + (C_{m,w} - d_s)\rho(S_i)\alpha f(d_{rs})(e^{k_s(\tau_{m,w} - t_s)} - 1) \quad (۳)$$

در معادله فوق، برای تمام مقادیر کوچک نرخ بهره k_s، عبارت $(e^{k_s(\tau_{m,w} - t_s} - 1)$ بصورت عبارت $(k_s(\tau_{m,w} - t_s))$ تقریب زده شود.

$$\gamma_s(t_s, \tau_{m,w}, n_1, n_2, d_r) = \frac{A_s f(d_r)}{n_2 Q} + C_s \rho(S_i)\alpha f(d_{rs}) + \frac{(n_1 - 1)}{2}(h_s + s_s)\left(\frac{a n_2 A \rho(S_i) f(d_{rs})}{P n_1}\right) + h_s \tau_{m,w} \alpha \rho(S_i) f(d_r) + (C_{m,w} - d_s - C_s)\alpha \rho(S_i) f(d_{rs})(e^{k_s t_s} - 1) \quad (۴)$$

که در این رابطه، زمانی که $k_s \ll 0$، داریم:

$$e^{k_s t_s} - 1 \approx k_s t_s$$

$$\varphi_m(Q, t_s, t_m, \tau_{m,w}, \tau_r, n_1, n_2, d_m, d_s, d_r) = \psi_m(t_m, \tau_{m.w}, \tau_r, d_m, d_s, d_r) - \gamma_m(Q, t_s, \tau_{m,w}, n_1, n_2, d_s, d_m, d_r) \quad (۵)$$

که در رابطه (۵)، ψ_m برابر با درآمد سالانه تولید کننده و γ_m برابر با هزینه سالانه تولیدکننده می‌باشد که به ترتیب از معادلات (۶) و (۷) بدست می‌آیند.

$$\begin{aligned}\psi_m(t_m,\tau_{m.w},\tau_r,d_m,d_s,d_r)&=(C_r-d_m)\rho(S_i)f(d_{rs})+(C_r-d_m)\rho(S_i)f(d_{rs})\left(e^{k_m(\tau_r-t_m)}-1\right)\\&+(C_{m,w}-d_s)\alpha\rho(S_i)f(d_{rs})(e^{k_m(\tau_{m,w})}-1)\end{aligned}\quad(۶)$$

که در زمان $k_s \ll 0$، داریم:

$$e^{k_m(\tau_r-t_m)}-1\approx k_m(\tau_r-t_m)$$

$$e^{k_m(\tau_{m,w})}-1\approx k_m\tau_{m,w}$$

و

$$\begin{aligned}\gamma_m\left(Q,t_s,\tau_{m,w},n_1,n_2,d_s,d_m,d_r\right)&=\frac{(n_1A_{m,w}+A_m)\rho(S_i)f(d_{rs})}{n_2Q}+(C_{m,w}-d_s)\alpha\rho(S_i)f(d_{rs})\\&+\frac{\left(s_{m,w}an_2Q\rho(S_i)f(d_{rs})\right)}{2Pn_1}+h_{m,w}(Q,t_s,\tau_{m,w})+(C_{m,w}\\&-d_s)\alpha\rho(S_i)f(d_{rs})(e^{k_s(\tau_{m,w}-t_s)}-1)+C_mf(d_{rs})+(h_m\\&+S_m)[\frac{Q\rho(S_i)\left(2f(d_r)+\left(P-f(d_r)\right)n_2-P\right)}{2P}]+h_m\tau_r\rho(S_i)f(d_{rs})+(C_r\\&-d_m-C_m)\rho(S_i)f(d_{rs})(e^{k_st_m}-1)\end{aligned}\quad(۷)$$

که در زمان $k_s, k_m \ll 0$، داریم:

$$e^{k_s(\tau_{m,w}-t_s)}-1\approx k_s(\tau_{m,w}-t_s)$$

$$e^{k_mt_m}-1\approx k_mt_m$$

در مدل تصمیم گیری غیر متمرکز مبتنی بر سناریو، ابتدا تولید کننده، سرمایه گذاری واحد CSR یعنی (η) را بهینه می‌کند. سپس خرده فروش مقدار بهینه سفارش را انتخاب می‌کند. از آنجا که مقدار بهینه مقدار سفارش و واحد سرمایه گذاری CSR به طور مستقیم از معادلات (۲)، (۵) و (۱) محاسبه نمی‌شود، در زیر، یک روش راه حل برای بدست آوردن مقدار بهینه سفارش و سرمایه گذاری CSR در مدل مبتنی بر سناریو غیرمتمرکز ارائه شده است. به عبارتی، از آنجا که معادلات (۲)، (۵) و (۱) به هم مرتبط هستند، روش جستجوی تکراری که در زیر پیشنهاد شده است را می‌توان برای یافتن مقادیر مطلوب متغیرهای تصمیم گیری استفاده کرد.

روش حل تکراری غیرمتمرکز

گام۱: (مقادیر اولیه)

قرار می‌دهیم $K_1=1$ و $\eta_{K_1}=0$

گام۲: (مقدار سفارش بهینه)

قرار می‌دهیم $K_2=1$، $Q_{K_2}=0$، $Q^*_{K_1}=0$

گام۲.۱: قرار می‌دهیم $K_2 = K_2 + 1$، $Q_{K_2} = Q_{K_2} + \varepsilon_2$ (که ε_2 مقدار کوچکی است) و مقدار سود خزده فروش را از $\varphi_{r,S_1}(Q_K, t_m, \tau_r, d_r, d_m, \eta_{K_1})$ در معادله (۱) محاسبه می نماییم.

گام۲.۲: اگر $(Q_K, t_m, \tau_r, d_r, d_m, \eta_{K_1})$ تمام محدودیت‌های معادله (۱) را ارضا نماید، به گام ۲.۳ رفته و در غیر اینصورت به گام ۲.۴ می‌رویم.

گام ۲.۳: اگر $\varphi_{r,S_1}(Q_K, t_m, \tau_r, d_r, d_m, \eta_{K_1}) > \varphi_{r,S_1}(Q_K^*, t_m, \tau_r, d_r, d_m, \eta_{K_1})$ آنگاه قرار می دهی$Q_{K_1}^* = Q_{K_2}$م و به گام ۲.۴ می رویم.

گام ۲.۴: اگر $Q_{K_2} \le \mu_3 + 3\sigma_3$، به گام ۲.۱ رفته، و در غیر اینصورت به گام ۳ می رویم.

گام ۳: (سرمایه گذاری بهینه CSR)

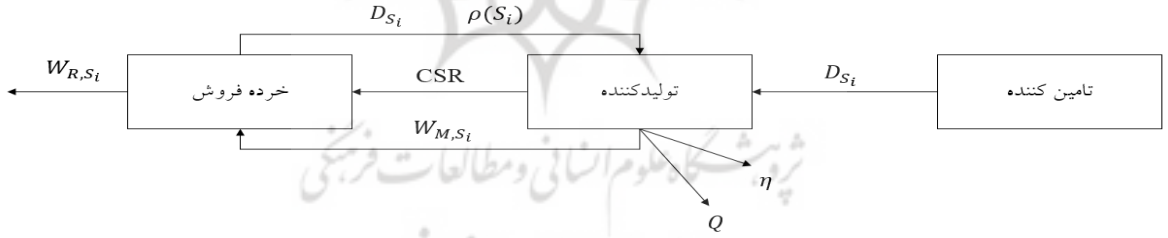
مقدار سود تولید کننده $\varphi_m(Q_K^*, t_s, t_m, \tau_{m,w}, \tau_r, n_1, n_2, d_m, d_s, d_r, \eta_k)$ را از معادله (۵) محاسبه کرده و به گام ۳.۱ می رویم.

گام۳.۱: اگر $\eta_{k_1} + \varepsilon_1 \le \eta_{max}$، آنگاه قرار می‌دهیم $K_2 = K_2 + 1$، $\eta_{K_1} = \eta_{K_1} + \varepsilon_1$ (که ε_1 مقدار کوچکی است) و به گام ۲ برای محاسبه مقدار سفارش بهینه مرتبط می‌رویم؛ در غیر اینصورت به گام ۴ می‌رویم.

گام ۴: (مقادیر بهینه)

بیشترین مقدار را برای $\varphi_m(Q_{K_1}^*, t_s, t_m, \tau_{m,w}, \tau_r, n_1, n_2, d_m, d_s, d_r, \eta_{k_1})$ را با فراخوانی مقادیر پارامترهای $(Q_{K_1}^*, \eta_{k_1})$ و قرار دادن $Q^{*dc} = Q_{k_1}$ و $\eta^{*\mathrm{dc}} = \eta_{\mathrm{k}_1}$ بدست می‌آوریم. سپس مقادیر بهینه را برای (Q^{*dc}, η^{*dc}) بدست آورده و روش تکراری را خاتمه می دهیم.

شماتیک مدل هماهنک در شکل (۳) ارائه شده است.



شکل شماره (۳): شماتیک مدل هماهنگ

در زمینه مدیریت زنجیره تأمین، قراردادهای هماهنگی برای ترغیب بازیگران غیرمتمرکز SC برای تصمیم گیری استفاده شده است. برای هماهنگی شبکه‌های زنجیره تأمین، طرح‌های مختلف هماهنگی مانند قیمت عمده فروشی، تأخیر در پرداخت، بازپرداخت و مقادیر کمّی انعطاف پذیری تهیه شده است. قراردادهای مدل‌های هماهنگی پیشین تنها در مواردی اعمال می‌شود که تقاضای آینده بازار را بتوان با یک سناریو پیش بینی کرد. با این حال، در بسیاری از شرایط، تقاضای غیرقطعی را می‌توان از طریق مجموعه‌ای از سناریوهای مجزا با احتمالات مربوطه، تعیین نمود. در این بخش ، یک قرارداد هماهنگی جدید به نام قرارداد قیمت عمده فروشی قابل تنظیم در دو سطح برای دستیابی به هماهنگی کانال بین سه بازیگر زنجیره تأمین یعدی تولید کننده، تأمین کننده و خرده فروش، تحت تقاضای تصادفی مبتنی بر سناریو پیشنهاد شده است. قرارداد پیشنهادی به گونه‌ای طراحی شده است که صرف نظر از سناریوی تقاضا در آینده به نفع همه بازیگران زنجیره خواهد بود. این موضوع را می‌توان ویژگی منحصر به فرد قرارداد پیشنهادی دانست. قراردادهای هماهنگی پیشین که در ادبیات وجود داشته است تنها زمانی می‌توانند اعمال شوند که تقاضای بازار در آینده با یک سناریو، پیش بینی شود. در مسئله مورد بررسی، سود بازیگران مستقیماً به سناریوی تقاضا بستگی دارد که در آینده اتفاق می افتد و در نتیجه یک قرارداد هماهنگی جدید برای تأمین یک وضعیت برنده –

برنده بدون توجه به سناریو، مورد نیاز است. برای حل این مسئله ، در قرارداد پیشنهادی در این رساله، مقادیر پارامترهای قرارداد با در نظر گرفتن سناریوهای احتمالی تقاضا در آینده طراحی شده است.

در قرارداد پیشنهادی، زمانی که تقاضای واقعی در سناریوی S_i مشخص می‌شود، تولید کننده قیمت عمده فروشی W^b_{M,S_i}را به خرده فروش ارائه می‌دهد. در نتیجه، خرده فروش قیمت عمده فروشی خاصی (W^b_{R,S_i}) را به مشتری ارائه می‌دهد. بنابراین، پارامترهای قرارداد پیشنهادی برای هر سناریو را می‌توان بصورت (W^b_{M,S_i}, W^b_{R,S_i}) بیان کرد. این دو پارامتر باید به گونه‌ای تعیین شود که سود کلیه بازیگران پس از مشارکت در مدل هماهنگی افزایش یابد. قابل توجه است که مقدار پارامترهای قرارداد(W^b_{M,S_i}, W^b_{R,S_i}) در هر سناریو S_i مستقل از سناریوی دیگر است.

قرارداد هماهنگی پیشنهادی باید برای هر سه بازیگر از جمله تأمین کننده ، تولید کننده و خرده فروش قابل قبول باشد. در غیر این صورت ، آن‌ها از شرکت در مدل هماهنگی امتناع می‌ورزند. بنابراین ، در قرارداد هماهنگی پیشنهادی ، حداقل الزامات سه بازیگر برای مشارکت باید در نظر گرفته شود. اصطلاح "دو سطح" در نام قرارداد به این واقعیت اشاره دارد که قرارداد پیشنهادی نه تنها قیمت عمده فروشی سازنده را تعیین می‌کند ، بلکه همزمان قیمت عمده فروشی خرده فروش را نیز به گونه‌ای تعیین می‌کند که هر سه بازیگر از مدل هماهنگی تحت سناریوهای مختلف تقاضا، سود کافی ببرند. این دو پارامتر قرارداد باید همزمان تنظیم شود تا هر سه بازیگر در مدل هماهنگی شرکت کنند. از همین رو، گام‌های زیر را به عنوان گام‌های مدل هماهنگ در زنجیره تأمین پیشنهادی درنظر می‌گیریم:

گام ۱: قبل از شروع فصل فروش (یعنی قبل از تحقق تقاضا)، خرده فروش یک سفارش ارائه می‌دهد.

گام ۲: تولید کننده هنگام سرمایه گذاری CSR برای هر محصول مطابق با احتمال وقوع هر سناریوی تقاضا، مقدار سفارش خرده فروش را با توجه به محدودیت‌های تولید و بر اساس سرمایه گذاری CSR تولید می‌کند.

گام ۳: بسته به نیاز تولید تولیدکننده، تأمین کننده مواد خام مورد نیاز برای تولید محصول را در اختیار تولید کننده قرار می‌دهد.

گام ۴: پس از آغاز فصل فروش (یعنی پس از مشخص شدن میزان تقاضا)، بسته به توافق بین سطوح مختلف زنجیره و پارامترهای قرارداد (W^b_{M,S_i}, W^b_{R,S_i}) ، زمان مشخصی برای تحویل و تسویه حساب خدمات بین طرفین درنظر گرفته می‌شود که بر اساس آن، سناریوهای مختلفی برای تأخیر و پرداخت دیرکرد درنظر گرفته می‌شود.

گام ۵: مشتری به خرده فروش W^b_{R,S_i} و خرده فروش W^b_{M,S_i} را به تولید کننده پرداخت میکند.

طبق مدل هماهنگی پیشنهادی، نمایندگان زنجیره تأمین (یعنی، تأمین کننده، تولید کننده و خرده فروش) قبل از تحقق سناریوی تقاضا، در مورد مقدار سفارش ، سرمایه گذاری CSR و پارامترهای قرارداد، همکاری می‌کنند. بنابراین ، مقدار سفارش تولید کننده باید برابر با مقدار بهینه سفارش خرده فروش در حالت غیر متمرکز باشد. همانطور که مشاهده می‌شود ،بر این اساس، تحت مدل هماهنگ، خرده فروش و تولید کننده به ترتیب مقدار سفارش و سرمایه گذاری CSR را انتخاب می‌کنند. علاوه بر این ، تولید کننده و تأمین کننده در تصمیمات خود در مورد قیمت عمده فروشی خود تجدید نظر می‌کنند. پارامترهای قرارداد باید به گونه‌ای تنظیم شوند که سود کلیه بازیگران SC نسبت به مدل غیرمتمرکز افزایش یابد. در غیر این صورت ، آن‌ها از همکاری در ساختار تصمیم گیری هماهنگ خودداری خواهند کرد. بنابراین، پارامترهای قرارداد(W^b_{M,S_i}, W^b_{R,S_i}) باید محدودیت‌های زیر را ارضا نماید:

$$\varphi^{co}_{R,S_i} \geq \varphi^{*dc}_{R,S_i} \quad (۱۰)$$

$$\varphi^{co}_{S,S_i} \geq \varphi^{*dc}_{S,S_i} \quad (۱۱)$$

$$\varphi_{M,S_i}^{co} \geq \varphi_{M,S_i}^{*dc} \quad (۱۲)$$

با استفاده از اعمال روابط ریاضی، به معادله زیر برای مدل هماهنگ می‌رسیم:

$$P\left[\left(\mu_{S_i}+\alpha_{S_i}y(\eta^{*c})-Q^{*c}\right)F_z\left(\frac{Q^{*c}-\mu_{S_i}-\alpha_{S_i}y(\eta^{*c})}{\sigma_{S_i}}\right)\right]+\left(P-W_{R,S_i}^{b}\right)Q^{*c} \geq \varphi_{R,S_i}^{*dc}$$

$$\left(W_{R,S_i}^{b}-W_{M,S_i}^{b}\right)Q^{*c} \geq \varphi_{S,S_i}^{*dc} \quad (۱۳)$$

$$\left(W_{M,S_i}^{b}--C-\eta^{*c}\right)Q^{*c} \geq \varphi_{M,S_i}^{*dc}$$

هر جفت پارامترهای قرارداد($W_{M,S_i}^{b}, W_{R,S_i}^{b}$) که معادله (۱۳) را ارضا می‌کنند، سود تمام اعضا (بازیگران) زنجیره را نیز تحت مدل هماهنگ در مقایسه با مدل غیرمتمرکز افزایش خواهند داد. بنابراین، قیمت‌های جدید عمده فروشی (پارامترهای قرارداد) تحت قرارداد پیشنهادی برای تمام بازیگران زنجیره، رضایت بخش خواهد بود و بطور همزمان آن‌ها را از سود مدل هماهنگ بهره می کند.

در مدل بازی پیشنهادی ، تابع هدف برابر با ضرب تمام توابع سود بازیگران پس از شرکت در مدل هماهنگ است. مدل بازی پیشنهادی را می‌توان به صورت زیر تنظیم کرد:

$$\begin{aligned} Max\Bigg\{&\Bigg[\left(\mu_{S_i}+\alpha_{S_i}y(\eta^{*c})-Q^{*c}\right)F_z\left(\frac{Q^{*c}-\mu_{S_i}-\alpha_{S_i}y(\eta^{*c})}{\sigma_{S_i}}\right)\\ &-\sigma_{S_i}f_z\left(\frac{Q^{*c}-\mu_{S_i}-\alpha_{S_i}y(\eta^{*c})}{\sigma_{S_i}}\right)\Bigg]+\left(P-W_{R,S_i}^{b}\right)Q^{*c}-\varphi_{R,S_i}^{*dc}\Bigg\}\\ &\times\left\{\left(\left(W_{R,S_i}^{b}-W_{M,S_i}^{b}\right)Q^{*c}-\varphi_{S,S_i}^{*dc}\right\}\right.\\ &\times\left\{\left(\left(W_{M,S_i}^{b}--C-\eta^{*c}\right)Q^{*c}-\varphi_{M,S_i}^{*dc}\right\}\right. \end{aligned} \quad (۱۴)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

برای این مدل، محدودیت‌های زیر برقرار است:

$$W_{D,S_i}^{b} \leq \frac{P\left[\left(\mu_{S_i}+\alpha_{S_i}y(\eta^{*c})-Q^{*c}\right)F_z\left(\frac{Q^{*c}-\mu_{S_i}-\alpha_{S_i}y(\eta^{*c})}{\sigma_{S_i}}\right)-\sigma_{S_i}f_z\left(\frac{Q^{*c}-\mu_{S_i}-\alpha_{S_i}y(\eta^{*c})}{\sigma_{S_i}}\right)\right]+PQ^{*c}-\varphi_{R,S_i}^{*dc}}{Q^{*c}}$$

$$\left(W_{R,S_i}^{b}-W_{M,S_i}^{b}\right) \geq \frac{\varphi_{S,S_i}^{*dc}}{Q^{*c}} \quad (۱۵)$$

$$\left(W_{M,S_i}^{b}\right) \geq \frac{\varphi_{M,S_i}^{*dc}}{Q^{*c}}+(C+\eta^{*c})$$

با حل مدل فوق، مقدار دقیق پارامترهای قرارداد قابل قبول برای هر سه بازیگر تعیین می‌شود. مدل پیشنهادی معامله نش پس از دستیابی به هماهنگی کانال در تمام سناریوهای تقاضای احتمالی و روابط غیر خطی که در معادلات بالا بدان اشاره شد ، منجر به یک موقعیت برنده–برنده برای هر سه بازیگر خواهد شد.

۳- بحث و نتایج

به منظور صحت سنجی مدل پیشنهادی، از مدل ارائه شده در مقاله الجاذر و همکاران (۲۰۱۷) استفاده نموده و تحت شرایط مختلف، مقدار سود کلی زنجیره را بررسی کرده و با نتایج این مقاله مقایسه می‌نماییم. بدین منظور، از مقادیر اولیه ارائه شده در این مقاله استفاده شده است.به منظور دستیابی به میزان درآمد، هزینه و سود سالیانه تولید کننده، از آنجا که هزینه و سود سالیانه به متغیر $h_{m,w}(Q,t_s,\tau_{m,w})$ که مبتنی بر سناریو می باشد، وابسته است، لذا به منظور پوشش دهی سناریوها بر اساس احتمال وقوع هر یک، از ۹ سناریوی اتخاذ شده در آن مقاله استفاده می نماییم و برای هزینه و سود سالیانه تولید کننده، با توجه به هر سناریو، ۹ مقدار متفاوت ارائه می دهیم. این موضوع در جدول شماره (۱) ارائه شده است.

جدول شماره (۱): نتایج مربوط به درآمد، هزینه و سود سالیانه تولیدکننده

سناریو	درآمد سالیانه $\boldsymbol{\psi_m}$ (واحد پولی)	هزینه سالیانه $\boldsymbol{\gamma_m}$ (واحد پولی)	سود سالیانه $\boldsymbol{\varphi_m}$ (واحد پولی)
۱	2.7927e+18	4.3036e+20	9.2981e+17
۲	2.7927e+18	4.3016e+20	9.3069e+17
۳	2.7927e+18	4.3017e+20	9.3066e+17
۴	2.7927e+18	4.3011e+20	9.3066e+17
۵	2.7927e+18	4.3013e+20	9.3090e+17
۶	2.7927e+18	4.3011e+20	9.3083e+17
۷	2.7927e+18	4.3011e+20	9.3083e+17
۸	2.7927e+18	4.3011e+20	9.3091e+17
۹	2.7927e+18	4.3011e+20	9.3091e+17

در راستای تعیین درآمد، سود و هزینه خرده فروش نیز همچون تولید کننده، از آنجا که هزینه و سود سالیانه مبتنی بر ۹ سناریوی $h_r(Q,t_m,\tau_r)$ می باشند، ۹ مقدار مختلف برای هزینه و سود محاسبه گردیده که این مساله در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول شماره (۲): نتایج مربوط به درآمد، هزینه و سود سالیانه خرده فروش

سناریو	درآمد سالیانه $\boldsymbol{\psi_r}$ (واحد پولی)	هزینه سالیانه $\boldsymbol{\gamma_r}$ (واحد پولی)	سود سالیانه $\boldsymbol{\varphi_r}$ (واحد پولی)
۱	4.4710e+13	1.2297e+12	4.3480e+13
۲		1.2275e+12	4.3482e+13
۳		1.2274e+12	4.3482e+13

۴	1.2274e+12	4.3482e+13
۵	1.2274e+12	4.3482e+13
۶	1.2274e+12	4.3482e+13
۷	1.2297e+12	4.3480e+13
۸	1.2278e+12	4.3482e+13
۹	1.2274e+12	4.3482e+13

حال با توجه به مدلسازی ارائه شده در مقاله الجاذر و همکاران و تعیین مقادیر درآمد سالانه (ψ)، هزینه سالانه (γ) و سود سالانه (ϕ) هر یک از بازیگران زنجیره، یعنی تأمین کننده، تولید کننده و خرده فروش، به تعیین مقادیر سود نهایی زنجیره که برابر با مجموع سود هر یک از این بازیگران می‌باشد پرداخته و نتایج را در حالات مختلف با مقاله مورد نظر مقایسه می‌نماییم. این موضوع در جدول(۳) ارائه شده است.

جدول شماره (۳): مقایسه سود نهایی بدست آمده با سود نهایی مقاله الجاذر و همکاران (۲۰۱۷)

(d_s, d_m, d_r)	مقدار سود کل زنجیره بدست آمده	مقدار سود کل زنجیره بدست آمده در مقاله الجزار	اختلاف (٪)
(0,0,0)	۲۱۲۹۵/۴۹	۲۱۰۳۹/۸۸	۱/۲۱۵
(0,0,1)	۲۳۸۸۵/۱۶	۲۲۷۶۹/۶۷	۴/۸۹۹
(0,1,0)	۲۱۹۶۸/۳۱	۲۱۰۳۹/۸۸	۴/۴۱۳
(0,1,1)	۲۳۰۰۴/۷۶	۲۲۷۶۹/۶۷	۱/۰۳۲
(1,0,0)	۲۲۱۴۲/۱۳	۲۱۴۰۹/۵۴	۳/۴۲۲
(1,0,1)	۲۳۸۴۷/۳۹	۲۲۷۶۹/۶۷	۴/۷۳۳
(1,1,0)	۲۲۰۰۷/۶۳	۲۱۰۳۹/۸۸	۴/۶۰۰
(1,1,1)	۲۳۱۳۴/۷۵	۲۲۷۶۹/۶۷	۱/۶۰۳

همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، میزان اختلاف بدست آمده بین مقدار سود نهایی زنجیره در این مقاله و مقاله الجاذر و همکاران در حالت‌های مختلف کمتر از ۵ درصد می‌باشد که این مساله نشان دهنده دقت بالای مدلسازی و تأیید صحت سنجی می‌باشد. با تأیید صحت مدل، در ادامه به بررسی نتایج حاصل از مثال عددی برای هر دو مدل هماهنگ و غیرمتمرکز پرداخته می‌شود.

جدول شماره (۴): مقادی عددی از پارامترها

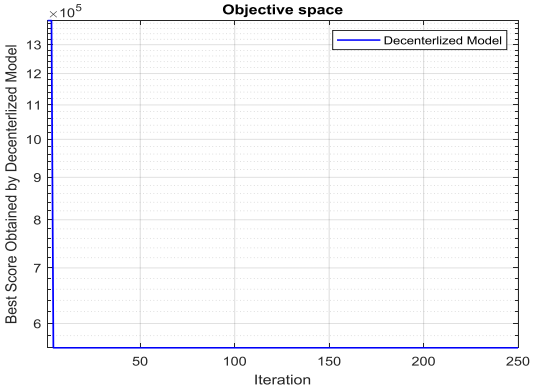
پارامتر	تعریف	مقدار
i	متناظر با اعضای زنجیره تعیین می‌شود	۳
s	بیانگر تأمین کننده	۴
w	بیانگر مواد خام تولید کننده	۴
m	بیانگر محصولات تولید شده تولید کننده	۴
r	بیانگر خرده فروش	۸
n_1	تعداد حمل و نقل انجام شده توسط تأمین کننده به تولید کننده به ازای هر دوره ماده خام تولید کننده	۳۰
n_2	تعداد حمل ونقل انجام شده توسط تولید کننده به خرده فروش به ازای هر دوره خرده فروش	۱۴۶

α	مقدار ماده خام مورد نیازبرای تولید یک محصول نهایی	۴
t_i	تأخیر مجاز در پرداخت توسط عامل i	۳
τ_i	زمان تسویه برای هر عامل i	۱
d_i	تخفیف در واحد پولی توسط عامل i به مشتری خود	۳-۴ %
D_{s_i}	نرخ تقاضا سالانه تحت سناریوی S_i ،$D_s < P$	۳۵۰۰۰۰ تن
T	طول دوره زمانی	۱۲
ψ_i	سود سالانه برای هر عامل i	۳-۴ درصد

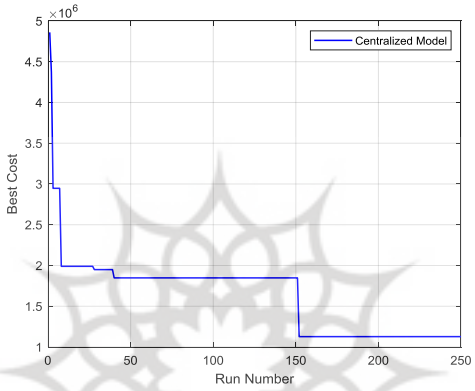
جدول شماره (۵): مقادیر هزینه ها، مواد خام و نرخ سالیانه تولید

نام مرکز	هزینه راه اندازی /سفارش (واحد پولی)A_i
تأمین کننده	۲۵۰۰
تولید کننده	۸۵۰۰
توزیع کننده	۲۸۸۰
نام مرکز	هزینه نگهداری مالی (واحد پولی)هر واحدh_i
تأمین کننده	۱۷۰
تولید کننده	۲۲۰
توزیع کننده	250
نام محصول	نرخ تولید سالانه هر محصول (تن) P
a	۳۱۵۰۰۰
b	۲۸۰۰۰۰
c	۳۴۰۰۰۰
d	۴۷۰۰۰
نام مرکز	هزینه تولید / خرید (واحد پولی) C_i
تأمین کننده	۳۴۰
تولید کننده	۷۵۰
توزیع کننده	۹۴۵
نام مرکز	هزینه نگهداری (ذخیره) (واحد پولی) hs_i
تأمین کننده	۱۱۰
تولید کننده	۱۱۵
توزیع کننده	۱۵۵
نام ماده	حجم مورد نیاز (سالیانه)– تن
a	۳۷۰۰۰
b	۲۴۰۰۰۰
c	۷۴۰
d	۴۲۰۰۰۰

با توجه به مقادیر ارائه شده و محاسبه پارامترهای دیگر توسط حلگر Cplex در گمز، نتایج حاصل از حل مدل بر اساس زمان سپری شده برای حل و نیز مقدار تابع هدف برای تأمین کننده، در جدول زیر ارائه شده است.



شکل شماره (۴): نمودار همگرایی مدل غیرمتمرکز



شکل شماره (۵): نمودار همگرایی مدل هماهنگ

جدول شماره (۶): نتایج مربوط به درآمد، هزینه و سود سالیانه تأمین کننده

درآمد سالیانه ψ_s (واحد پولی)	1.6942e+18
هزینه سالیانه γ_s (واحد پولی)	5.4255e+15
سود سالیانه φ_s (واحد پولی)	1.7994e+18

الف) ارائه نتایج مدل‌ها

پس از تأیید صحت مدل، از دو مدل مبتنی بر نظریه بازی جهت تعیین نتایج بهینه برای هر دو مدل، غیرمتمرکز و هماهنگ استفاده می‌گردد. در شکل‌های (۴) و (۵) به ترتیب نمودار همگرایی مربوط به میزان سود بدست آمده از هر یک از مدل‌ها را ارائه می‌دهیم. همانطور که در شکل‌های (۴) و (۵) مشاهده می‌شود، مدل غیرهماهنگ خیلی زود به مقدار همگرایی رسیده و روند نزولی آن ثابت شده است. بر این اساس سود کلی زنجیره برای این مدل برابر با ۵۳۹۷۰۸/۱۶ واحد پولی می‌باشد. مدل هماهنگ پس از حدود ۶۰ بار تکرار، مقدار بهینه برای بالاترین میزان سود اعضای کل زنجیره به مقدار همگرایی رسیده و روند نزولی آن متوقف شده است. در جدول (۷) نتایج مربوط به مقدار بدست آمده از هر مدل و زمان سپری شده برای حل مدل توسط آن‌ها ارائه شده است. این جدول می‌تواند مقایسه خوبی در رابطه با عملکرد هر دو مدل در تعیین سود کلی زنجیره باشد.

جدول شماره (۷): ارزیابی میزان سود بدست آمده کل زنجیره و زمان حل هر مدل

مدل	مقدار سود بدست آمده از کل زنجیره (واحد پولی)	زمان حل مدل
غیرمتمرکز	۵۳۹۷۰۸/۱۶	۱۳۳/۶۷۵۸۹۹
هماهنگ	۱۳۱۸۹۹۶/۵۳	۳/۲۳۵۴۹۸

هدف اصلی این پژوهش، افزایش اثربخشی طراحی زنجیره تأمین و برقراری هماهنگی میان اجزای آن می‌باشد. بر این اساس از یک مدل ریاضی سه سطحی با هدف کاهش هزینه‌های کل زنجیره و افزایش سود کلی استفاده شد. پس از صحه گذاری مدل در نرم افزار گمز به بررسی نتایج مربوط به هزینه، درآمد و سود هر سطح از زنجیره می‌باشد، از دو رویکرد مدل غیرمتمرکز و هماهنگ بر اساس رویکرد نظریه بازی‌ها جهت حل مدل استفاده شد. با توجه به مقایسه‌های انجام شده بین نتایج الگوریتم‌ها، مشخص شد که مدل هماهنگ نسبت به الگوریتم دیگر، عملکرد مناسب تری در کاهش هزینه‌های زنجیره و افزایش سود داشته است. به طور خاص می‌توان اذعان نمود که مدل هماهنگ در حدود ۱۴۴/۳۹ درصد نسبت به مدل غیرمتمرکز بهتر عمل کرده و توانسته سود زنجیره را افزایش دهد. اما نکته قابل تأمل، مدت زمان حل مدل با استفاده از این الگوریتم‌هاست. بر اساس نتایج، مشخص شد که مدل غیرمتمرکز نسبت به هر مدل دیگر مدت زمان زیادی را صرف حل نموده است. مزیت مدل هماهنگ این است که فضای حل محاسباتی را با جزئیات بالاتر و دقیق‌تری برای بازیگران کل زنجیره ارزیابی نموده، و قادر است برای هر سطح زنجیره، سود بالاتری را ارائه دهد.

درنظرگیری سیستم حمل و نقل و یا توزیع مشخص برای انتقال محصول بین مراکز و تا مقصد نهایی (دست مشتری) و اعمال ظرفیت‌های هر وسیله. در نظر گرفتن پوشش پشتیبان برای مراکز توزیع بطوری که در صورت در دسترس نبودن محصول تولیدی، این امکان وجود داشته باشد که بتوان کالای درخواستی را با احتساب جریمه از مراکز توزیع دیگر دریافت کرد. افزودن سطوح دیگر زنجیره‌ی تأمین به مسأله از جمله پیشنهادات تحقیقات آتی می باشد.

٤-منابع

Aljazzar, S. M., Jaber, M. Y., & Moussawi-Haidar, L. (2017). Coordination of a three-level supply chain (supplier–manufacturer–retailer) with permissible delay in payments and price discounts. *Applied Mathematical Modelling*, *48*, 289-302.

Arshinder, K., Kanda, A., & Deshmukh, S. G. (2011). A review on supply chain coordination: coordination mechanisms, managing uncertainty and research directions. *Supply chain coordination under uncertainty*, 39-82.

Cao, Y., Tao, L., Wu, K., & Wan, G. (2020). Coordinating joint greening efforts in an agri-food supply chain with environmentally sensitive demand. *Journal of Cleaner Production*, *277*, 123883.

Ganji, M., Rabet, R., & Sajadi, S. M. (2021). A new coordinating model for green supply chain and batch delivery scheduling with satisfaction customers. *Environment, Development and Sustainability*, 1-36.

Heydari, J., Govindan, K., & Basiri, Z. (2021). Balancing price and green quality in presence of consumer environmental awareness: a green supply chain coordination approach. *International Journal of Production Research*, *59*(7), 1957-1975.

Hosseini-Motlagh, S. M., Govindan, K., Nematollahi, M., & Jokar, A. (2019). An adjustable bi-level wholesale price contract for coordinating a supply chain under scenario-based stochastic demand. *International Journal of Production Economics, 214, 175-195.*

Khan, S. A. R., Yu, Z., Golpira, H., Sharif, A., & Mardani, A. (2021). A state-of-the-art review and meta-analysis on sustainable supply chain management: Future research directions. *Journal of Cleaner Production, 278, 123357.*

Li, J., Luo, X., Wang, Q., & Zhou, W. (2021). Supply chain coordination through capacity reservation contract and quantity flexibility contract. *Omega*, *99*, 102195.

Malekian, Y. Rasti-Barzoki, M. (2019). A game theoretic approach to coordinate price promotion and advertising policies with reference price effects in a two-echelon supply chain. *International Journal of Production Economics, (218), 72-82.*

Sarada, Y., & Sangeetha, S. (2022). Coordinating a reverse supply chain with price and warranty dependent random demand under collection uncertainties. *Operational Research*, *22*(4), 4119-4158.

Sarmah, S. P., Acharya, D., & Goyal, S. K. (2006). Buyer vendor coordination models in supply chain management. *European journal of operational research*, *175*(1),1-15.

Sodhi, M. S., & Tang, C. S. (2021). Supply chain management for extreme conditions: research opportunities. *Journal of Supply Chain Management*, *57*(1), 7-16.

Taleizadeh, A. A., Haghighi, F., & Niaki, S. T. A. (2019). Modeling and solving a sustainable closed loop supply chain problem with pricing decisions and discounts on returned products. *Journal of cleaner production*, *207*, 163-181.

Toktaş-Palut, P. (2021). An integrated contract for coordinating a three-stage green forward and reverse supply chain under fairness concerns. *Journal of Cleaner Production*, *279, 123735.*

Vosooghidizaji, M., Taghipour, A., & Canel-Depitre, B. (2020). Supply chain coordination under information asymmetry: a review. *International Journal of Production Research*, *58*(6), 1805-1834.

Xiao, D., Zhou, Y. W., Zhong, Y., & Xie, W. (2019). Optimal cooperative advertising and ordering policies for a two-echelon supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, *127*, 511-519.

Xie, L., Ma, J., & Goh, M. (2021). Supply chain coordination in the presence of uncertain yield and demand. *International Journal of Production Research, 59(14), 4342-4358.*

Yan, B., Chen, X., Cai, C., & Guan, S. (2020). Supply chain coordination of fresh agricultural products based on consumer behavior. *Computers & Operations Research*, *123*, 105038.

Zhao, S., Zhang, J., & Cheng, T. C. E. (2020). Coordinating supply chains with uncertain production cost by incomplete contracts. *International Journal of Production Research, 1-25.*

Zhu, B., Wen, B., Ji, S., & Qiu, R. (2020). Coordinating a dual-channel supply chain with conditional value-at-risk under uncertainties of yield and demand. *Computers & Industrial Engineering, 139, 106181.*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

A Game Theory Approach for Supply Chain Coordination Model with Incentive Mechanisms of Discount and Delay in Payments

Mohammad Ferdousmakan
Department of Industrial Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran
Roya Mohammad Pour Aahari (Corresponding Author)
Department of Industrial Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad Iran
Email: roya.ahari@gmail.com
Mohammadreza Vasili
Department of Industrial Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran
Majid Vaziri Sarashk
Department of Industrial Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

Abstract
Uncertainty in the supply chain is considered as a fundamental and important issue in order to make appropriate decisions for supply chain managers and designers. In this article, in order to deal with this issue, a three-level supply chain under random demand is proposed using two decentralized and coordinated models, in which the profit increase of each actor in the chain (supplier-manufacturer-retailer) considered. In the decentralized model under the scenario-based stochastic demand, the retailer and the manufacturer separately decide on the order quantity and investment by considering the scenario-based stochastic CSR-sensitive demand. A wholesale price contract with two adjustable levels is proposed to persuade three levels to enter into a coordination scheme. According to the comparisons made between the results of the algorithms, it was found that the coordinated model performed better than the other algorithm in reducing chain costs and increasing profits. In particular, it can be acknowledged that the coordinated model performed better than the decentralized model by about 144.39% and was able to increase the profit of the chain.

Keywords: Supply chain, Incentive mechanisms, Decentralized model, Coordinated model, Game theory.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی