

توسعه یک مدل چنددوره‌ای برای تعیین میزان سفارش در یک زنجیره تأمین سه‌سطحی با در نظر گرفتن روش‌های پرداخت و امکان سفارش هم‌زمان اقلام

پگاه حسنی*، داود محمدی تبار**

چکیده

روش‌های مختلف پرداخت و ارزش زمانی پول تأثیر بسزایی در سودآوری یک زنجیره خواهد داشت. همچنین در بسیاری از کاربردهای واقعی، سفارش هم‌زمان اقلام موجب صرفه‌جویی در هزینه‌های سفارش‌دهی می‌شود. در این پژوهش، مدلی توسعه داده شده است که به صورت یکپارچه به مسئله سفارش‌دهی هم‌زمان اقلام، انتخاب روش‌های پرداخت، انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش به آن‌ها در دوره‌های مختلف می‌پردازد. خرده‌فروش می‌تواند اقلام مورد نیاز را از چندین تأمین‌کننده با روش‌های مختلف پرداخت تهیه کند و به مشتری‌های خود با روش‌های پرداخت مختلف بفروشد. سه روش برای پرداخت هزینه خرید و دریافت درآمد وجود دارد که شامل روش‌های پیش‌پرداخت، نقدی و اعتباری است. در مدل چندکالایی و چنددوره‌ای توسعه‌یافته، جریان نقدی خالص منفی هر دوره با نرخ بهره مشخص وام گرفته شده و جریان نقدی خالص مثبت هر دوره سرمایه‌گذاری می‌شود. تابع هدف، حداکثرسازی ارزش خالص آتی جریان‌های نقدی خرده‌فروش در پایان دوره‌ها است. با حل یک مثال عددی و تحلیل آن مشخص شد که هزینه سفارش‌دهی عمده در تعداد تأمین‌کنندگان انتخاب‌شده اثرگذار است؛ اما در شیوه پرداخت تأثیری ندارد. علاوه بر این، ارتباط میان مقادیر نرخ بهره مؤثر سرمایه‌گذاری، وام، تأمین‌کننده و مشتری در انتخاب شیوه پرداخت خرید و فروش و دریافت وام مؤثر است.

کلیدواژه‌ها: مدیریت زنجیره تأمین؛ سفارش هم‌زمان اقلام؛ انتخاب تأمین‌کننده؛ ارزش زمانی پول؛ ارزش خالص فعلی؛ روش‌های پرداخت.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۵/۲۹، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۰۷.

* کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بندرعباس.

** استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب (نویسنده مسئول).

۱. مقدمه

رابطه نزدیک بین مدیریت موجودی و انتخاب تأمین‌کننده باعث شده است تا بسیاری از پژوهشگران به توسعه مدل برای یکپارچه‌سازی تصمیم‌گیری در این دو حوزه بپردازند. در این‌گونه مدل‌ها، هزینه‌های سفارش‌دهی به تأمین‌کنندگان، نگهداری موجودی و خرید اقلام از تأمین‌کنندگان در دوره‌های مختلف موردتوجه قرار می‌گیرند تا بر مبنای آن میزان سفارش به هر تأمین‌کننده در هر دوره مشخص شود؛ بدین ترتیب تلاش می‌شود تا با انتخاب تأمین‌کننده مناسب و تخصیص سفارش به آن‌ها هزینه‌های کل سیستم کاهش یابد.

در ارتباط با هزینه‌های سفارش‌دهی، یکی از روش‌هایی که در عمل نیز موجب کاهش هزینه‌های سیستم می‌شود، سفارش‌دهی هم‌زمان (هماهنگ) اقلام است. کاهش هزینه‌های موجودی در سفارش هم‌زمان اقلام به این دلیل امکان‌پذیر است که هزینه اصلی سفارش مستقل از اقلام موجود در هر سفارش است؛ بنابراین وقتی چندین کالا به‌طور هم‌زمان به یک تأمین‌کننده سفارش داده می‌شوند در هر بار سفارش تنها یک هزینه اصلی سفارش‌دهی پرداخت می‌شود. هرچه هزینه اصلی سفارش‌دهی بالاتر باشد، صرفه اقتصادی بیشتری در سفارش هم‌زمان اقلام وجود خواهد داشت و تعداد تأمین‌کنندگان انتخاب‌شده کمتر خواهد شد. تأثیر هزینه سفارش در تعداد تأمین‌کنندگان انتخاب‌شده و همچنین تعداد اقلامی که هم‌زمان سفارش داده می‌شوند در پژوهش محمدی‌تبار و قدسی‌پور (۲۰۱۶)، بررسی شده است [۱۷].

به طریق مشابه، هزینه‌های خرید و نگهداری اقلام نیز در انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش به آن‌ها تأثیرگذار است. بخش عمده هزینه نگهداری مربوط به ارزش سرمایه است. بدین ترتیب که سرمایه درگیر در اقلام موجودی دارای فرصت‌های سرمایه‌گذاری دیگری است که به‌دلیل نگهداری موجودی از آن‌ها صرف‌نظر شده است. پرداخت‌های مربوط به هزینه خرید نیز دارای این ویژگی است که اگر انعطاف در زمان پرداخت وجود داشته باشد می‌تواند فرصت‌های دیگر کسب سود را نیز فراهم کند. ارزش زمانی پول در مدل‌های کنترل موجودی کلاسیک به‌صورت تقریبی لحاظ می‌شود. با توجه به ارزش زمانی پول و وجود تورم در بازارها، به‌ویژه در ایران، تعیین سیاست‌های سفارش‌دهی اقلام و انتخاب تأمین‌کننده باید با ملاحظه جریان نقدینگی موردبررسی و مطالعه قرار گیرد.

با توجه به موارد ذکرشده، توسعه یک مدل که بتواند به‌صورت یکپارچه انتخاب تأمین‌کننده، سفارش هم‌زمان اقلام موجودی و ارزش زمانی پول را در نظر بگیرد، ضروری است. در این پژوهش یک زنجیره تأمین سه‌سطحی شامل تأمین‌کنندگان متعدد، یک شرکت خرده‌فروش و مشتری‌ها در نظر گرفته می‌شود. مسئله به‌صورت چنددوره‌ای و چندکالایی بررسی می‌شود و خرده‌فروش اقلام موردنیاز را از تأمین‌کننده خریداری می‌کند و به مشتری‌ها می‌فروشد. هدف اصلی این پژوهش، ارائه یک مدل در خصوص مسئله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش

است که سفارش هم‌زمان اقلام موجودی را به همراه انواع روش‌های پرداخت، به‌منظور تأیید کردن ارزش زمانی پول و نزدیک کردن مدل به دنیای واقعی در نظر می‌گیرد. مسئله به‌صورت چنددوره‌ای و سه‌سطحی به‌منظور حداقل کردن هزینه‌ها در سیستم کنترل موجودی با در نظر گرفتن سفارش هم‌زمان اقلام، انتخاب تأمین‌کننده، ارزش زمانی پول و مدل‌های مختلف پرداخت، مدل‌سازی خواهد شد. سؤال‌هایی که در این پژوهش به آن پاسخ داده می‌شود عبارت‌اند از: به هر تأمین‌کننده چه مقدار سفارش داده شود و کدام اقلام به‌صورت هم‌زمان از تأمین‌کننده خریداری گردد؟ همچنین با توجه به متفاوت بودن میزان عایدی بر اساس روش پرداخت، نکته مهم انتخاب روش پرداخت به‌گونه‌ای است که ارزش خالص آتی حداکثر شود.

در ادامه، در بخش ۲، به مطالعه پژوهش‌های مرتبط و مفاهیم مورد نیاز پرداخته و نوآوری‌های اصلی مقاله بر اساس شکاف پژوهش بیان می‌شود. بیان دقیق مسئله و مفروضات آن و توسعه مدل ریاضی در بخش ۳، ارائه خواهد شد. در بخش ۴، از طریق حل یک مثال عددی و تحلیل حساسیت نتایج نسبت به تغییر پارامترهای اصلی، نتایج تشریح می‌شود. در بخش پنجم، نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی ارائه خواهد شد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

با توجه به یکپارچه‌سازی برخی تصمیم‌ها در اهداف این پژوهش، در بخش پیشینه به بررسی مبانی نظری در حوزه‌های انتخاب تأمین‌کننده، سفارش هم‌زمان اقلام، ارزش زمانی پول و روش‌های پرداخته خواهد شد. در نهایت با جمع‌بندی و مقایسه نزدیک‌ترین پژوهش‌ها، شکاف پژوهش و نوآوری‌های این مقاله ارائه می‌شود.

هدف از انتخاب تأمین‌کنندگان، شناسایی یک یا چند تأمین‌کننده از میان مجموعه تأمین‌کنندگان بالقوه و تعیین مقدار بهینه سفارش به هر یک از آن‌ها است. از میان تعداد زیادی از تأمین‌کنندگان، شرکت‌ها به انتخاب تأمین‌کنندگانی تمایل دارند که مایل به همکاری بیشتری باشند تا روابط بلندمدت خود را توسعه دهند و با کمترین هزینه، بیشترین سازگاری و انطباق را با نیازهای سازمان داشته باشند. وبر و همکاران (۱۹۹۱)، به‌مرور ۷۴ مقاله در حوزه انتخاب تأمین‌کننده پرداختند و تکنیک‌های مختلفی را که در مطالعات طی ۲۵ سال گذشته مورد استفاده قرار گرفته بود، تعیین کردند [۳۱]. آن‌ها دریافته‌اند که بیشتر این تکنیک‌ها شامل وزن‌دهی خطی، مدل‌های ریاضی و تعداد محدودی مدل‌های احتمالی بوده‌اند. رضایی و داوودی (۲۰۱۳)، بر اهمیت مدل‌سازی چندهدفه تأکید کردند و مدل خود در انتخاب تأمین‌کننده و تعیین حجم انباشته را در حالت چنددوره‌ای و چندمحصولی ارائه دادند [۲۱]. آن‌ها از الگوریتم ژنتیک به‌منظور حل مدل استفاده کردند. لی و ری (۲۰۱۰)، یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط چنددوره‌ای برای حل مسئله انتخاب تأمین‌کننده و تعیین اندازه انباشته با در نظر گرفتن تخفیف را ارائه دادند و

از الگوریتم ژنتیک برای حل مدل استفاده کردند [۱۳]. واندنو و همکاران (۲۰۱۱)، با اشاره به اهمیت منافع زنجیره تأمین در مسئله انتخاب تأمین‌کننده، هزینه‌های مرتبط با موجودی و سطح پاسخگویی را در مدل‌سازی خود لحاظ کردند [۲۹]. توکلی و همکاران (۲۰۱۱)، پس از تعیین مطلوبیت نهایی تأمین‌کنندگان توسط روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی با استفاده یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی به مسئله انتخاب تأمین‌کننده با در نظر گرفتن محدودیت‌هایی همچون بودجه پرداختند [۲۸].

چوداری و شانکار (۲۰۱۳)، تعیین حجم انباشته موجودی و انتخاب تأمین‌کننده را با مسئله انتخاب شرکت حمل یکپارچه کردند [۵]. محمدی‌تبار و قدسی‌پور (۲۰۱۶)، مدلی را به‌منظور انتخاب تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن سفارش مشترک اقلام موجودی توسعه دادند [۱۷]. آن‌ها دریافتند که در نظر گرفتن مسئله سفارش همزمان در انتخاب تأمین‌کننده باعث صرفه‌جویی بیشتری در هزینه‌های زنجیره تأمین می‌شود.

مسئله سفارش همزمان اقلام توسط استار و میلر (۱۹۶۲) و شو (۱۹۷۱)، بررسی شده است [۲۶، ۲۳]. در این مسئله هزینه سفارش‌دهی شامل دو بخش هزینه عمده و هزینه جزئی سفارش است؛ هزینه عمده سفارش‌دهی مستقل از تنوع محصولات موجود در هر سفارش به تأمین‌کننده است؛ اما هزینه سفارش‌دهی جزئی به‌ازای هر نوع محصول موجود در یک سفارش محاسبه می‌شود. برخی از پژوهشگران به حل موارد خاص مسئله کلاسیک سفارش همزمان اقلام موجودی پرداخته‌اند. کلاین و ونتورا (۱۹۹۵)، به حل مسئله سفارش همزمان اقلام موجودی در زمان گسسته پرداختند [۱۲]. چا و مون (۲۰۰۵)، مسئله سفارش همزمان اقلام موجودی را تحت شرایط تخفیف حل کردند [۳]. خوجا و همکاران (۲۰۰۵)، به حل مسئله سفارش همزمان اقلام موجودی تحت شرایط هزینه متغیر در زمان پرداختند [۱۱].

چان و همکاران (۲۰۰۶)، یک رویکرد حل زمان‌بندی تحویل از یک تأمین‌کننده به چندین خریدار را توسعه دادند که از سفارش همزمان اقلام موجودی در جایگزینی موجودی خود از طرف تأمین‌کننده استفاده می‌کنند [۴]. آن‌ها مسئله برنامه‌ریزی و زمان‌بندی تحویل را در چهار هدف مختلف زیر فرموله کردند: به حداقل رساندن حداکثر تعداد محصولات تحویل‌داده‌شده در هر دوره زمانی، به حداقل رساندن حداکثر تعداد خریداران بازدیدشده در هر دوره زمانی، به حداقل رساندن تعداد کل خریدار بازدیدشده و به حداقل رساندن تعداد وسایل نقلیه موردنیاز.

مون و همکاران (۲۰۰۸)، حالتی از مسئله سفارش همزمان اقلام را مطرح کرده‌اند که در آن گروهی از اقلام از یک تأمین‌کننده با هم سفارش داده می‌شوند [۱۸]. آن‌ها شکاف‌های پژوهشی در مسئله سفارش همزمان اقلام موجودی را با بحث تخفیف پر کردند که اقلام توسط چند تأمین‌کننده خریداری می‌شوند. در مدل‌سازی ارائه‌شده به موضوع انتخاب تأمین‌کننده پرداختند و برای حل آن از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. خوجا و همکاران (۲۰۰۸)، در ارتباط با مسئله

سفارش هم‌زمان اقلام موجودی بررسی‌های جامعی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که پژوهش‌های مدل کلاسیک سفارش هم‌زمان اقلام موجودی به نقطه اشباع رسیده است و پیشنهاد دادند تا توسعه و نوآوری‌های عملی مانند بحث محدودیت ظرفیت و منابع که کاربردهای فراوانی دارد به مدل افزوده شود [۱۰].

سیاجدی و همکاران (۲۰۰۵)، به‌طور یکپارچه به تعیین اندازه چرخه تولید محصول نهایی و سفارش دهی هم‌زمان مواد خام از تأمین‌کننده پرداختند [۲۴]. وانگ و همکاران (۲۰۱۳)، اظهار داشتند که اغلب تصمیم‌گیرندگان با شرایط و محدودیت‌های عملیاتی مواجه هستند و مسئله سفارش هم‌زمان اقلام موجودی را در شرایطی که هزینه‌ها و مدل به‌صورت فازی باشد، توسعه دادند [۳۰]. محمدی تبار و قدسی پور (۲۰۱۶)، مدل ترکیبی انتخاب تأمین‌کننده و سفارش هم‌زمان اقلام را ارائه کردند. آن‌ها در مدل خود، محدودیت ظرفیت را لحاظ کرده و تخصیص سفارش را با در نظر گرفتن رویکرد گروه‌بندی مستقیم ارائه دادند؛ سپس با استفاده از الگوریتم شبیه‌سازی تبرید به حل مدل پرداخته و با الگوریتم ژنتیک مقایسه کردند [۱۷].

در بیشتر مدل‌های ارائه‌شده، زمان‌های پرداخت و ارزش زمانی پول به‌صورت دقیق بررسی نشده است. در مباحث اقتصاد مهندسی و روش ارزش فعلی خالص (NPV)^۱، بررسی مدل‌های مختلف پرداخت و پیدا کردن مناسب‌ترین حالت بازگشت هزینه‌های سرمایه اولیه بررسی می‌شود [۲۰]. مقایسه مدل‌سازی کلاسیک کنترل موجودی با روش ارزش خالص کنونی از زمان هدلی در سال ۱۹۶۴ آغاز شد. او نشان داد که در برخی از حالت‌های حدی، اختلاف بین مدل کلاسیک سفارش اقتصادی (EOQ)^۲ و رویکرد NPV تفاوت زیادی وجود دارد [۸]. گرابستروم (۱۹۸۰)، نشان داد که هزینه سرمایه می‌تواند برای موجودی و مواد در جریان ساخت تعریف شود و این امر می‌تواند در چند مرحله و در سیستم‌های پیچیده تولیدی و موجودی رخ دهد [۷]. کاردان و همکاران (۲۰۱۶)، با اشاره به اهمیت حلقه ارتباطی بین عملیات زنجیره تأمین و عملکرد مالی، به بررسی ارتباط بین مدیریت مؤثر فرایندهای زنجیره تأمین و عملکرد مالی شرکت‌ها با استفاده از رگرسیون فازی پرداختند [۹]. محمدی و همکاران (۲۰۱۷)، به طراحی یک شبکه زنجیره تأمین چهارسطحی با در نظر گرفتن هم‌زمان ابعاد عملیاتی و مالی در چارچوب یک نگرش کل‌گرا و سیستمی با هدف حداکثر کردن ثروت سهامداران پرداختند [۱۶].

آزرون و همکاران (۲۰۱۸)، یک روش برنامه‌ریزی تصادفی را برای طراحی زنجیره تأمین تحت عدم قطعیت توسعه دادند. آن‌ها فرض کردند که مکان‌های تسهیلات در سطح راهبردی تعیین می‌شوند؛ درحالی‌که انتخاب تأمین‌کنندگان در سطح تاکتیکی مشخص خواهد شد. آن‌ها همچنین یک تابع هدف اضافی به مدل اضافه کردند که واریانس ارزش خالص فعلی همه

1. Net Present Value

2. Economic Order Quantity

جریان‌های نقدی باشد [۱]. پورتیوس (۱۹۸۵)، مشخص کرد که چگونه زمان‌بندی هزینه‌ها و درآمدها و زمان چرخه تولید می‌تواند بر ارزیابی هزینه سرمایه تأثیر بگذارد [۲۰]. بولنس و جانسن (۲۰۱۴)، در پژوهشی با عنوان «وفاق‌دادن مدل‌های موجودی برای دستیابی به ساختار پرداخت‌های مختلف»، با استفاده از تحلیل NPV، پرداخت‌های مختلف را فرمول‌بندی کرده و سپس از آن برای برخی از مدل‌های مشهور کنترل موجودی استفاده کردند. آن‌ها در پژوهش خود، سناریوهای مختلفی برای انجام تراکنش‌های مالی و بررسی میزان سود حاصل را بررسی کردند که ترکیبی از روش‌های پرداخت بود [۲].

قیامی و بولنز (۲۰۱۶) به بررسی تأثیر سیاست‌های کمبود بر منافع مالی با استفاده از تکنیک ارزش خالص فعلی پرداختند. برای این منظور یک سیستم تولیدی با محصول فسادپذیر را در نظر گرفتند که کمبود به صورت پس‌افت جزئی رخ می‌دهد. آن‌ها نشان دادند که بررسی تأثیر سیاست‌های کمبود با استفاده از لحاظ‌کردن ارزش زمانی پول نسبت به روش‌های سنتی کنترل موجودی قابل‌اعتمادتر است [۶]. مارچی و همکاران (۲۰۱۶)، یک مدل یکپارچه تعیین اندازه انباشته و سرمایه‌گذاری مشترک در زنجیره تأمین را بر اساس ارزش زمانی پول توسعه دادند. آن‌ها یک زنجیره دوسطحی شامل یک خرده‌فروش و یک تأمین‌کننده را در نظر گرفتند که در آن تأمین‌کننده می‌تواند با سرمایه‌گذاری نرخ تولید خود را افزایش دهد. نتیجه حاصل از این سرمایه‌گذاری غیرقطعی فرض شده است. خرده‌فروش و تأمین‌کننده می‌توانند در میزان سرمایه‌گذاری و منافع حاصل شریک شوند [۱۵].

در بیشتر کاربردهای واقعی سه روش برای پرداخت هزینه خرید کالا و دریافت درآمد حاصل از فروش در نظر گرفته می‌شود که عبارت‌اند از: پرداخت نقدی^۱؛ پیش‌پرداخت^۲ و پرداخت اعتباری^۳. در روش کلاسیک پرداخت نقدی، پرداخت هزینه همانند مدل‌های کلاسیک کنترل موجودی هم‌زمان با دریافت کالا صورت می‌گیرد؛ بنابراین هزینه‌های مرتبط با ارزش سرمایه در هنگام تحویل کالا محاسبه می‌شوند. در روش پیش‌پرداخت باید چندین دوره ماقبل از تحویل کالا هزینه مربوط به آن پرداخت شود. در روش اعتباری (پرداخت با تأخیر) مهلتی برای پرداخت هزینه‌ها پس از دریافت کالا در نظر گرفته می‌شود. در عمل می‌توان ترکیبی از سه روش پرداخت اشاره‌شده را نیز مشاهده کرد. برای مثال، ممکن است بخشی از هزینه خرید کالا پیش از دریافت کالا دریافت شود، بخش دیگری در هنگام دریافت کالا و در نهایت تسویه حساب مدتی پس از تحویل کالا صورت گیرد.

در محیط رقابتی کسب‌وکار که موفقیت و بقای شرکت‌های به چالش کشیده می‌شود،

1. Cash
2. Cash-in-advance
3. Credit

به تأخیر افتادن پرداخت (وجود اعتبار در پرداخت) به عنوان ابزاری برای تحریک فروش در نظر گرفته می‌شود؛ از طرف دیگر، نقش پیش‌پرداخت در کنترل ریسک لغو سفارش‌ها و همچنین تأمین مالی برای تهیه مواد اولیه ثابت شده است [۳۲].

طالعی‌زاده (۲۰۱۴)، به مدل‌سازی مسئله سفارش اقتصادی اقلام تخیلی‌پذیر با لحاظ کردن کمبود پس‌افت جزئی و پیش‌پرداخت‌های تقسیمی پرداخته است [۲۷]. زیا و طالعی‌زاده (۲۰۱۵)، وجود هم‌زمان پیش‌پرداخت و پرداخت اعتباری را در مسئله سفارش اقتصادی مدل‌سازی کردند [۳۳]. ماجومدر و همکاران (۲۰۱۶)، به‌طور یکپارچه تأمین‌کننده و خرده‌فروش با دو انبار را بررسی کردند که در آن پرداخت اعتباری لحاظ شده بود [۱۴]. رایس و همکاران (۲۰۱۶)، به مدل‌سازی هم‌زمان تعیین اندازه انباشته و انتخاب روش پرداخت در یک زنجیره دوسطحی شامل یک تأمین‌کننده و یک خرده‌فروش پرداختند. تأمین‌کننده پیشنهاد‌های مختلفی برای پرداخت اعتباری به خرده‌فروش ارائه می‌کند که دارای نرخ‌های بهره متفاوتی هستند. نتایج مدل در حالت‌های مختلف نرخ مؤثر بهره خرده‌فروش با استفاده از تکنیک ارزش خالص فعلی به‌دست آمده است [۲۲].

بر اساس بررسی پیشینه پژوهش می‌توان دریافت که امکان سفارش هم‌زمان اقلام بیشتر در زنجیره‌های تأمین با چندین خریدار و یک تأمین‌کننده بررسی شده است؛ در نتیجه، مطالعات بیشتر در زمینه یکپارچگی سفارش هم‌زمان اقلام با مسئله انتخاب تأمین‌کننده، ضروری است. علاوه بر این مدل‌سازی مسئله انتخاب تأمین‌کننده با امکان سفارش هم‌زمان اقلام و با در نظر گرفتن ارزش زمانی پول از موارد دیگری است که در مبنای نظری به آن پرداخته نشده است.

ارزش زمانی پول، نقش تعیین‌کننده‌ای در تعیین اندازه سفارش ایفا می‌کند؛ همچنین در مدل‌های کنترل موجودی کلاسیک غالباً زمان پرداخت‌ها و مدل‌های مختلف پرداخت بررسی نشده است؛ در صورتی که در مباحث اقتصاد مهندسی و روش ارزش فعلی خالص، مدل‌های مختلف پرداخت و پیدا کردن بهترین حالت برای بازگشت هزینه‌های سرمایه اولیه بررسی می‌شود؛ علاوه بر این مدل‌های اندکی در این حوزه به‌صورت هم‌زمان تعادل جریان خرده‌فروش - مشتری و خرده‌فروش - تأمین‌کننده را در نظر می‌گیرند. در جدول ۱ با مقایسه این پژوهش با نزدیک‌ترین پژوهش‌های موجود در مبنای نظری، شکاف پژوهشی ذکر شده مشخص شده است.

جدول ۱. مروری بر مطالعات پیشین

ویژگی‌های مدل پیشنهادی									مراجع
تبادل پول نقد	چند دوره‌ای	چند محصولی	پیش پرداخت	پرداخت اعتباری	زنجیره چندسطحی	ارزش زمانی پول	سفرش هم‌زمان	انتخاب تأمین‌کننده	هزینه‌های موجودی
	*							*	وانتدو و همکار (۲۰۱۱)
	*						*	*	چوداری و شانکار (۲۰۱۳)
			*	*	*	*		*	بولنس و جانسن (۲۰۱۴)
		*					*	*	محمدی‌تبار و قدسی‌پور (۲۰۱۶)
				*	*	*		*	ماجمدر و همکاران (۲۰۱۶)
	*	*				*		*	آزرون و همکاران (۲۰۱۸)
*	*	*	*	*	*	*	*	*	پژوهش حاضر

بر اساس شکاف پژوهش و همچنین اهداف ذکرشده، موارد زیر را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین نوآوری‌های این مقاله نام برد:

- بررسی مسئله سفارش هم‌زمان اقلام در حالت چند تأمین‌کننده و چند دوره‌ای گسسته با لحاظ کردن ارزش زمانی پول و روش‌های پرداخت؛
- توجه هم‌زمان به دو جریان نقدی بین خرده فروش - مشتری و خرده‌فروش - تأمین‌کننده و تعادل این دو جریان؛
- لحاظ کردن روش‌های مختلف پرداخت (پیش‌پرداخت، نقدی و اعتباری) در مسئله تعیین اندازه انباشته با چند تأمین‌کننده به‌صورت هم‌زمان و تحلیل حساسیت انتخاب روش پرداخت تحت مقادیر مختلف نرخ مؤثر بهره.

۳. روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش یک زنجیره تأمین سه‌سطحی در نظر گرفته شده است. در سطح اول چند تأمین‌کننده وجود دارد که هر یک قیمت فروش نقدی مربوط به خود را دارند و بر اساس حداقل نرخ جذاب سرمایه‌گذاری تأمین‌کنندگان، قیمت فروش اعتباری و پیش‌پرداخت آن‌ها تعیین می‌شود. در سطح دوم خرده‌فروش قرار دارد که در تصمیم‌گیری خود، امکان سفارش هم‌زمان اقلام و روش‌های مختلف پرداخت را برای حداکثر کردن ارزش خالص آتی خود در نظر می‌گیرد. در نهایت، سطح سوم شامل مشتریان است که هر یک میزان تقاضای مشخص و قیمت خرید

نقدی مطلوب خود را دارند. قیمت خرید اعتباری و پیش‌پرداخت مشتریان بر اساس حداقل نرخ جذاب سرمایه‌گذاری مشتری‌ها تعیین می‌شود. در این پژوهش مدلی ارائه خواهد شد که با توجه به محدودیت ظرفیت تأمین‌کنندگان و روش‌های مختلف پرداخت به انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش در روش‌های مختلف پرداخت می‌پردازد. مسئله با رویکرد سفارش‌دهی هم‌زمان اقلام فرموله می‌شود. برای مدل‌سازی مسئله باید هزینه‌های مختلفی در نظر گرفته شود. هزینه سفارش‌دهی عمده که به‌ازای هر بار سفارش به هر تأمین‌کننده پرداخت شده و مستقل از تنوع اقلام موجود در سفارش است؛ همچنین هزینه سفارش‌دهی جزئی که به‌ازای هر نوع کالای موجود در سفارش محاسبه می‌شود. از دیگر هزینه‌هایی که در این مسئله در نظر گرفته می‌شود، هزینه‌های نگهداری موجودی و خرید است.

هدف نهایی این مدل حداکثرکردن سود کسب‌شده است که از تفاضل درآمد حاصل از فروش اقلام به مشتریان و هزینه‌ها به‌دست می‌آید. در این پژوهش، سه روش برای پرداخت هزینه خرید کالا و دریافت درآمد حاصل از فروش در نظر گرفته می‌شود که عبارت‌اند از: پرداخت نقدی، پیش‌پرداخت و پرداخت اعتباری. خرده‌فروش در هر دوره می‌تواند هر کسری از میزان سفارش هر کالا را با سه روش پرداخت از هر تأمین‌کننده تهیه کند و همچنین هر کسری از تقاضای هر مشتری برای هر کالا را با سه روش پرداخت به فروش برساند؛ همچنین فرض شده است که خرده‌فروش، هزینه‌های هر دوره را با نرخ بهره مشخص وام گرفته است و سودی که در هر دوره کسب می‌شود را با یک نرخ بهره مشخص سرمایه‌گذاری می‌کند. تابع هدف این مدل حداکثرسازی ارزش خالص آتی در پایان دوره‌ها است. سؤال‌هایی که در این پژوهش به آن‌ها پاسخ داده خواهد شد این است که به هر تأمین‌کننده چه مقدار و به کدام روش پرداخت سفارش داده شود و کدام اقلام به‌صورت هم‌زمان از تأمین‌کنندگان خریداری گردد و اقلام با استفاده از کدام روش پرداخت به هر مشتری فروخته شود. با توجه به تعریف مسئله، مفروضات مدل‌سازی به شرح زیر خواهد بود.

مفروضات

- اقلام گوناگون با تقاضای مستقل وجود دارد؛
- تأمین‌کنندگان متعددی وجود دارند که مجموع ظرفیت آن‌ها بیشتر از تقاضا است؛
- مشتریان متعدد با تقاضای مشخص وجود دارد؛
- هزینه عمده سفارش به هر تأمین‌کننده ثابت بوده و مستقل از تعداد و تنوع اقلام موجود در سفارش است. پرداخت هزینه عمده سفارش در دوره‌ای که انباشته تحویل می‌شود، صورت می‌گیرد؛
- هزینه جزئی سفارش به نوع کالا و تأمین‌کننده وابسته است و در دوره‌ای که سفارش دریافت

- می‌شود، پرداخت صورت می‌گیرد؛
- تمام پارامترها قطعی هستند و هیچ سیاست و خط‌مشی تخفیف وجود ندارد؛
 - تصمیم‌گیری بر پایه تابعی تک‌هدفه از تمام هزینه‌های موجودی است؛
 - هزینه نگهداری به اقلام موجودی انبار که در پایان هر دوره باقی مانده‌اند تعلق خواهد گرفت و در ابتدای دوره بعدی پرداخت می‌شود؛
 - محدودیت فضای انبار وجود دارد؛
 - جریان نقدی همواره در ابتدای دوره‌ها رخ می‌دهد؛
 - سه روش پرداخت برای هزینه خرید و کسب درآمد فروش کالا وجود خواهد داشت: نوع نقدی (C)، پیش‌پرداخت (CR) و خرید اعتباری (CIA)؛
 - خرده‌فروش در خرید کالا به روش پرداخت اعتباری، هزینه خرید را در یک یا چند دوره بعد و به روش پیش‌پرداخت در یک یا چند دوره قبل به تأمین‌کننده می‌پردازد. قیمت خرید در این حالات متفاوت از خرید نقدی است و با توجه به میزان انحراف زمانی (تعداد دوره تأخیر یا تعجیل در پرداخت) تعیین خواهد شد؛
 - مشتری در روش پرداخت اعتباری، هزینه خرید را در یک یا چند دوره بعد و با روش پیش‌پرداخت در یک یا چند دوره قبل به خرده‌فروش می‌پردازد. قیمت خرید در این حالات متفاوت از خرید نقدی است و با توجه به میزان انحراف زمانی (تعداد دوره تأخیر یا تعجیل در پرداخت) تعیین خواهد شد؛
 - طول دوره‌ها ثابت و مشخص است؛
 - فرض بر این است که در محاسبه ارزش زمانی پول، بهره در هر دوره مرکب می‌شود؛
 - در هر دوره می‌توان هر کسری از میزان تقاضای هر کالا را با کلیه روش‌های پرداخت از هر تأمین‌کننده خریداری کرد و همچنین هر مشتری می‌تواند هر کسر از تقاضای خود برای هر کالا را به کلیه روش‌های پرداخت خریداری کند؛
 - خریدوفروش کالا برای تأمین تقاضای دوره اول تنها به شکل نقدی و اعتباری انجام می‌شود؛ همچنین خریدوفروش کالا برای تأمین تقاضای دوره آخر، تنها به شکل نقدی و پیش‌پرداخت صورت می‌گیرد؛
 - پیش‌پرداخت قبل از نخستین دوره و پرداخت اعتباری پس از آخرین دوره امکان‌پذیر نیست؛
 - در صورتی که جریان خالص نقدی خرده‌فروش در یک دوره منفی شود، آن هزینه با نرخ بهره مشخصی وام گرفته می‌شود؛ همچنین اگر جریان نقدی خالص خرده‌فروش در یک دوره مثبت شود با یک نرخ بهره مشخص سرمایه‌گذاری می‌شود.

مجموعه‌ها و اندیس‌ها

$$i \in I = \{1, \dots, |I|\} \text{ اندیس کالا}$$

$$n \in N = \{1, \dots, |N|\} \text{ اندیس دوره}$$

$$z \in Z = \{1, \dots, |Z|\} \text{ اندیس مشتری}$$

$$s \in S = \{1, \dots, |S|\} \text{ اندیس تأمین کننده}$$

$$f \in F = \{1, \dots, |F|\} \text{ اندیس انحراف زمانی (تعداد دوره تأخیر یا تعجیل در پرداخت)}$$

پارامترها

$$h_i: \text{هزینه نگهداری هر واحد کالای } i \text{ در یک دوره}$$

$$C_{is}: \text{حداکثر ظرفیت تأمین کننده } s \text{ برای کالای } i \text{ در یک دوره}$$

$$D_{izn}: \text{تقاضای کالای } i \text{ در دوره } n \text{ توسط مشتری } z$$

$$A_s: \text{هزینه عمده سفارش از تأمین کننده } s$$

$$a_{is}: \text{هزینه جزئی سفارش کالای } i \text{ از تأمین کننده } s$$

$$v_i: \text{فضای انبار موردنیاز برای نگهداری هر واحد محصول } i$$

$$V: \text{کل فضای انبار}$$

$$p_{isn}^C: \text{قیمت خرید نقدی کالای } i \text{ از تأمین کننده } s \text{ در دوره } n$$

$$p_{isnf}^{CR}: \text{قیمت خرید کالای } i \text{ از تأمین کننده } s \text{ تحت شرایط پرداخت اعتباری با انحراف زمانی } f \text{ در}$$

دوره n

$$p_{isnf}^{CIA}: \text{قیمت خرید کالای } i \text{ از تأمین کننده } s \text{ تحت شرایط پیش‌پرداخت با انحراف زمانی } f \text{ در}$$

دوره n

$$w_{izn}^C: \text{قیمت فروش نقدی کالای } i \text{ به مشتری } z \text{ در دوره } n$$

$$w_{iznf}^{CR}: \text{قیمت فروش کالای } i \text{ به مشتری } z \text{ تحت شرایط پرداخت اعتباری با انحراف زمانی } f \text{ در}$$

دوره n

$$w_{iznf}^{CIA}: \text{قیمت فروش کالای } i \text{ به مشتری } z \text{ تحت شرایط پیش‌پرداخت با انحراف زمانی } f \text{ در دوره}$$

n

$$R_s: \text{نرخ بهره مؤثر تأمین کننده در یک دوره}$$

$$R_c: \text{نرخ بهره مؤثر مشتری در یک دوره}$$

$$R_i: \text{نرخ بهره مؤثر سرمایه‌گذاری خرده‌فروش در یک دوره}$$

$$R_b: \text{نرخ بهره مؤثر وام در یک دوره}$$

$$M: \text{عدد بزرگ}$$

مدل‌سازی مسئله به‌گونه‌ای انجام شده است که می‌توان مقادیر دلخواه برای قیمت‌های

خریدوفروش اعتباری و پیش‌پرداخت لحاظ کرد؛ اما با توجه به مفاهیم ارزش زمانی پول، قیمت خریدوفروش اعتباری بر اساس روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$P_{isnf}^{CR} = P_{isn}^C (1+R_s)^f \quad \forall i \in I, s \in S, f \in F \quad (۱)$$

$$P_{isnf}^{CIA} = P_{isn}^C (1+R_s)^{-f} \quad \forall i \in I, s \in S, f \in F \quad (۲)$$

$$W_{iznf}^{CR} = W_{izn}^C (1+R_c)^f \quad \forall i \in I, z \in Z, f \in F \quad (۳)$$

$$W_{iznf}^{CIA} = W_{izn}^C (1+R_c)^{-f} \quad \forall i \in I, z \in Z, f \in F \quad (۴)$$

متغیرهای نامنفی

IL_{in} : سطح موجودی انبار کالای i در پایان دوره n

y_{isn}^C : مقدار کالای i که تأمین‌کننده s در دوره n تحت شرایط پرداخت نقدی به خرده‌فروش تحویل می‌دهد.

y_{isnf}^{CR} : مقدار کالای i که تأمین‌کننده s در دوره n و انحراف زمانی پرداخت f دوره تحت شرایط پرداخت اعتباری به خرده‌فروش تحویل می‌دهد.

y_{isnf}^{CIA} : مقدار کالای i که تأمین‌کننده s در دوره n و انحراف زمانی پرداخت f دوره تحت شرایط پیش‌پرداخت به خرده‌فروش تحویل می‌دهد.

x_{izn}^C : مقدار کالای i که خرده‌فروش در دوره n تحت شرایط پرداخت نقدی به مشتری z تحویل می‌دهد.

x_{iznf}^{CR} : مقدار کالای i که خرده‌فروش در دوره n و انحراف زمانی پرداخت f دوره تحت شرایط پرداخت اعتباری به مشتری z تحویل می‌دهد.

x_{iznf}^{CIA} : مقدار کالای i که خرده‌فروش در دوره n و انحراف زمانی پرداخت f دوره تحت شرایط پیش‌پرداخت به مشتری z تحویل می‌دهد.

NFC_n : جریان نقدی خالص در دوره n

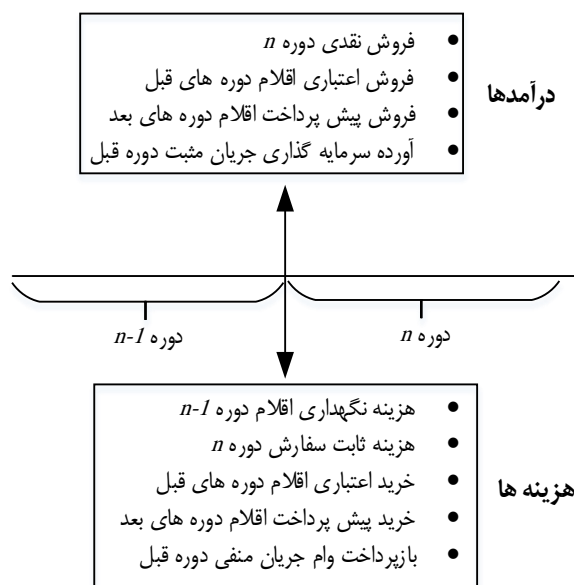
متغیرهای صفر و یک

L_{sn} : یک متغیر صفر و یک است که اگر حداقل یک کالا از تأمین‌کننده s در دوره n سفارش داده شود، برابر یک خواهد بود و در غیر این صورت مساوی صفر خواهد بود.

l_{isn} : یک متغیر صفر و یک است که اگر کالای i از تأمین‌کننده s در دوره n سفارش داده شود برابر یک خواهد بود و در غیر این صورت مساوی صفر خواهد بود.

U_n : یک متغیر صفر و یک است که اگر جریان نقدی خالص دوره n مثبت شود، برابر یک خواهد بود و در غیر این صورت مساوی صفر خواهد بود.

جریان نقدی هر دوره. در این بخش با توجه به کلیه مفروضات ذکرشده، مدلی با یک تابع هدف ارائه شده است که جریان نقدی خالص خرده‌فروش در دوره آخر را حداکثر می‌کند. جریان نقدی خالص خرده‌فروش در هر دوره برابر با مجموع درآمدهای حاصل از فروش اقلام و سرمایه‌گذاری جریان خالص نقدی مثبت دوره قبل با کسر کلیه هزینه‌های خرید اقلام و بازپرداخت وام مربوط به جریان نقدی خالص منفی دوره قبل است. شکل ۱، جریان نقدی خرده‌فروش در یک دوره را به تصویر می‌کشد. قسمت بالایی شکل مربوط به جریان نقدی مثبت (درآمد) و قسمت پایینی نمودار مربوط به جریان نقدی منفی (هزینه) است. مجموع هزینه‌ها و درآمدهای هر دوره نشان‌دهنده جریان نقدی خالص آن دوره خواهد بود که در رابطه ۶ نشان داده شده است.



شکل ۱. جریان نقدی خرده‌فروش در دوره n

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، اگر جریان نقدی خالص یک دوره مثبت شود برای دوره بعدی سرمایه‌گذاری خواهد شد و اگر جریان خالص منفی هر دوره منفی شود آن مقدار وام گرفته می‌شود که در ابتدای دوره بعد به همراه بهره مربوط به آن بازپرداخت خواهد شد.

$$\max Z = NCF_{((N))} \quad (5)$$

Subject to:

$$\begin{aligned}
NCF_n = & \left[\sum_{i,z} x_{izn}^C w_{izn}^C + \sum_{\substack{i,z,f \\ n-f \geq 1}} x_{iz(n-f)f}^{CR} w_{iz(n-f)f}^{CR} + \sum_{\substack{i,z,f \\ n+f \leq |N|}} x_{iz(n+f)f}^{CIA} w_{iz(n+f)f}^{CIA} \right. \\
& + NCF_{(n-1)}(1+R_i)U_{(n-1)} - \left. \left[\sum_{i,s} y_{isn}^C p_{isn}^C + \sum_{\substack{i,s,f \\ n-f \geq 1}} y_{is(n-f)f}^{CR} p_{is(n-f)f}^{CR} \right. \right. \\
& + \sum_{\substack{i,s,f \\ n+f \leq |N|}} y_{is(n+f)f}^{CIA} p_{is(n+f)f}^{CIA} + \sum_s A_s L_{sn} + \sum_{i,s} a_{is} l_{isn} + \sum_i h_i IL_{i(n-1)} \\
& \left. \left. - NCF_{(n-1)}(1+R_b)(1-U_{(n-1)}) \right] \quad \forall n \in N \right.
\end{aligned} \tag{۶}$$

$$l_{isn} \leq L_{sn} \quad \forall i \in I, s \in S, n \in N \tag{۷}$$

$$x_{izn}^C + \sum_{\substack{f \\ n-f \geq 1}} x_{iznf}^{CIA} + \sum_{\substack{f \\ n+f \leq |N|}} x_{iznf}^{CR} = D_{izn} \quad \forall z \in Z, i \in I, n \in N \tag{۸}$$

$$IL_{in} = IL_{i(n-1)} + \sum_s y_{isn}^C + \sum_{\substack{s,f \\ n-f \geq 1}} y_{isnf}^{CIA} + \sum_{\substack{s,f \\ n+f \leq |N|}} y_{isnf}^{CR} - \sum_z D_{izn} \quad \forall i \in I, n \in N \tag{۹}$$

$$y_{isn}^C + \sum_{\substack{f \\ n-f \geq 1}} y_{isnf}^{CIA} + \sum_{\substack{f \\ n+f \leq |N|}} y_{isnf}^{CR} \leq C_{is} l_{isn} \quad \forall i \in I, s \in S, n \in N \tag{۱۰}$$

$$\sum_i IL_{in} v_i \leq V \quad \forall n \in N \tag{۱۱}$$

$$M U_n \geq NCF_n \quad \forall n \in N \tag{۱۲}$$

$$NCF_n + M(1-U_n) \geq 0 \quad \forall n \in N \tag{۱۳}$$

$$IL_{i(0)} = 0 \quad \forall i \in I \tag{۱۴}$$

$$IL_{i(|N|)} = 0 \quad \forall i \in I \tag{۱۵}$$

$$l_{isn}, L_{sn}, U_n \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, s \in S, z \in Z \tag{۱۶}$$

$$IL_{in}, X_{izn}^C, Y_{isn}^C, x_{iznf}^{CR}, x_{iznf}^{CIA}, y_{isnf}^{CR}, y_{isnf}^{CIA} \geq 0 \quad \forall i \in I, n \in N, s \in S, z \in Z, f \in F \tag{۱۷}$$

محدودیت ۶، جریان نقدی خالص هر دوره را محاسبه می‌کند. همان‌طور که در شکل ۱، نیز نشان داده شده است، جریان نقدی هر دوره از تفاضل درآمدها و هزینه‌های آن دوره به‌دست می‌آید. بخش درآمدها به‌ترتیب شامل فروش‌های نقدی، اعتباری و پیش‌پرداخت، به‌علاوه سود حاصل از سرمایه‌گذاری جریان مثبت دوره قبل است. بخش هزینه‌ها به‌ترتیب شامل خریدهای نقدی، اعتباری و پیش‌پرداخت و بازپرداخت وام اخذشده در دوره قبل است. قابل‌ذکر است که حدود تغییرات f در زیر نماد سیگما نشان داده شده است؛ بنابراین پیش‌پرداخت‌های مربوط به هر دوره نمی‌تواند قبل از دوره ۱ صورت بگیرد و همچنین پرداخت‌های اعتباری مربوط به هر دوره نمی‌تواند بعد از دوره $|N|$ صورت بگیرد. محدودیت ۷، تضمین می‌کند که اگر تأمین‌کننده s در دوره n انتخاب نشده باشد در آن صورت هیچ کالایی به آن سفارش داده نشود.

محدودیت ۸، نشان می‌دهد که مجموع مقدار کالای i دریافت شده در دوره n توسط مشتری z با استفاده از کلیه روش‌های پرداخت، برابر تقاضای آن مشتری باشد. محدودیت ۹، میزان موجودی انبار از کالای i در آخر هر دوره را محاسبه می‌کند. محدودیت ۱۰، تضمین خواهد کرد که میزان ارسال هر کالا از هر تأمین‌کننده در هر دوره، کمتر یا مساوی حداکثر ظرفیت آن تأمین‌کننده برای آن کالا باشد. رابطه ۱۱، محدودیت فضای انبار را نشان می‌دهد. محدودیت‌های ۱۲ و ۱۳، رابطه متغیر صفر و یک U_n و جریان نقدی خالص هر دوره را نشان می‌دهند و تضمین می‌کنند در دوره‌ای که جریان نقدی خالص مثبت است، سرمایه‌گذاری انجام شود و در دوره‌ای که جریان نقدی خالص منفی است، وام گرفته شود. محدودیت ۱۴، تضمین می‌کند که موجودی انبار از کالای i در ابتدای دوره یک برابر صفر خواهد بود و محدودیت ۱۵، تضمین می‌کند موجودی انبار از کالای i در آخر دوره $|N|$ برابر صفر خواهد بود. محدودیت ۱۶، متغیرهای صفر و یک مدل و محدودیت ۱۷، متغیرهای نامنفی مدل را نشان می‌دهد.

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

در این قسمت از طریق ارائه و حل یک مثال عددی به تحلیل نتایج پرداخته می‌شود. فرض می‌شود ۳ تأمین‌کننده، ۲ مشتری، ۲ کالا و ۳ دوره زمانی وجود دارد. تأمین‌کنندگان و مشتریان حداکثر ۲ دوره انحراف زمان پرداخت برای هر پیش‌پرداخت و یا پرداخت اعتباری می‌توانند داشته باشند؛ به عبارت دیگر پرداخت مربوط به کالایی که در این دوره دریافت شده است حداکثر دو دوره بعد در پرداخت اعتباری و حداکثر دو دوره قبل در پیش‌پرداخت باید تسویه شود. هزینه عمده سفارش‌دهی به تأمین‌کنندگان ۱ و ۲ برابر ۳۰۰ و هزینه عمده سفارش‌دهی به تأمین‌کننده ۳ برابر ۱۶۰ است؛ همچنین مقادیر نرخ بهره اسمی تأمین‌کننده، مشتری، خرده‌فروش و وام بانکی به ترتیب برابر با ۰/۲۵، ۰/۱۶، ۰/۲۰ و ۰/۱۸ در یک سال است. طول هر دوره نیز برابر یک ماه در نظر گرفته می‌شود؛ در نتیجه بهره مؤثر ماهانه R_s ، R_c ، R_i و R_b از تقسیم بهره اسمی سالانه بر ۱۲ محاسبه شده است. حداکثر فضای انبار نیز برابر ۵۰۰ واحد در نظر گرفته شده است. هزینه جزئی سفارش و ظرفیت تأمین‌کنندگان در جدول ۲، مشاهده می‌شود.

جدول ۲. پارامترهای هزینه جزئی سفارش و ظرفیت تأمین‌کنندگان

اقلام	a_{is}			h_i	v_i	C_{is}		
	$s=1$	$s=2$	$s=3$			$s=1$	$s=2$	$s=3$
$i=1$	۲۰	۱۱	۲۰	۴	۲۰	۲۰۰	۱۰۰	۱۰۰
$i=2$	۱۸	۱۰	۲۰	۲	۲۰	۱۰۰	۱۵۰	۷۵

در جدول ۳، تقاضای مشتریان و قیمت فروش به آن‌ها در دوره‌های مختلف نشان داده شده است.

جدول ۳. تقاضای مشتریان و قیمت فروش به آن‌ها در دوره‌های مختلف

اقلام	D_{izn}						W_{izn}^C					
	$z=1$			$z=2$			$z=1$			$z=2$		
	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=1$	$n=2$	$n=3$
$i=1$	۱۰۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۱۵۰	۱۴	۱۱	۱۱	۱۲	۱۳	۱۲
$i=2$	۲۵	۲۵	۵۰	۵۰	۲۵	۵۰	۱۲	۱۰	۱۲	۱۲	۱۲	۱۰

قیمت خرید اقلام از تأمین‌کنندگان نیز در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

جدول ۴. قیمت خرید کالا از تأمین‌کنندگان در دوره‌های مختلف

اقلام	P_{isn}								
	$s=1$			$s=2$			$s=3$		
	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=1$	$n=2$	$n=3$
$i=1$	۹	۹	۷	۹	۸	۶	۹	۸	۷
$i=2$	۷	۷	۶	۶	۶	۵	۷	۵	۶

مسئله با استفاده از نرم‌افزار GAMS و ابزار حل BONMIN حل شده و مقادیر به‌دست‌آمده در جدول‌های ۵ تا ۷، ارائه شده است.

جدول ۵. میزان خرید اقلام از تأمین‌کنندگان در دوره‌ها و روش‌های پرداخت مختلف

	$i=1$						$i=2$		
	$n=1$		$n=2$		$n=3$		$n=1$	$n=2$	$n=3$
	$s=1$	$s=3$	$s=2$	$s=3$	$s=1$	$s=3$	$s=2$		
y_{isn}^C	۱۵۰	۰	۰	۰	۷۵	۰	۰		
$f=1$	y_{isnf}^{CR}	۰	۰	۰	۰	۰	۰		
	y_{isnf}^{CIA}	۰	۱۰۰	۰	۰	۰	۵۰		
$f=2$	y_{isnf}^{CR}	۰	۰	۰	۰	۰	۰		
	y_{isnf}^{CIA}	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰	

میزان خرید از تأمین کنندگان در دوره‌های مختلف در جدول ۵ مشاهده می‌شود. خرید اقلام در دوره اول به شیوه نقدی و در دوره‌های بعدی به صورت پیش‌پرداخت صورت گرفته است. بر اساس نتایج، پیش‌پرداخت سفارش‌های دوره‌های دوم و سوم در دوره اول تسویه شده است؛ به عبارت دیگر پیش‌پرداخت دوره دوم با انحراف پرداخت ۱ دوره و پیش‌پرداخت دوره سوم با انحراف پرداخت ۲ دوره خریداری شده است. با توجه به جدول ۵، در دوره اول تنها از تأمین کننده ۱ خریداری شده است. در دوره دوم نیز تنها تأمین کننده ۳ انتخاب شده است؛ به عبارت دیگر در دوره اول و دوم اقلام به صورت هم‌زمان به تأمین کننده ۱ سفارش داده شده‌اند؛ اما در دوره سوم تأمین کنندگان ۲ و ۳ انتخاب شده‌اند. به بیان دیگر در دوره سوم به دلیل محدودیت ظرفیت، بخشی از سفارش قلم کالای ۲ به صورت هم‌زمان با قلم کالای ۱ به تأمین کننده ۲ داده شده است و بخش دیگر سفارش کالای ۲ به تأمین کننده ۳ داده شده است. از آنجاکه نرخ بهره مؤثر تأمین کننده بیشتر از نرخ مؤثر بازگشت سرمایه خریده‌فروش است، هیچ خرید اعتباری صورت نگرفته است؛ به بیان دیگر خریده‌فروش ترجیح می‌دهد در پیش‌پرداخت اقلام سرمایه‌گذاری کند.

جدول ۶. میزان فروش اقلام به مشتریان در دوره‌ها و روش‌های پرداخت مختلف

	$i=1$						$i=2$					
	$n=1$		$n=2$		$n=3$		$n=1$		$n=2$		$n=3$	
	$z=1$	$z=2$	$z=1$	$z=2$	$z=1$	$z=2$	$z=1$	$z=2$	$z=1$	$z=2$	$z=1$	$z=2$
x_{izn}^C	۱۰۰	۵۰	۰	۰	۰	۰	۲۵	۵۰	۰	۰	۰	۰
$f=1$	$\frac{x_{iznf}^{CR}}{x_{iznf}^{CIA}}$	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	$\frac{x_{iznf}^{CIA}}{x_{iznf}^{CR}}$	۰	۰	۵۰	۵۰	۰	۰	۰	۰	۲۵	۲۵	۰
$f=2$	$\frac{x_{iznf}^{CR}}{x_{iznf}^{CIA}}$	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	$\frac{x_{iznf}^{CIA}}{x_{iznf}^{CR}}$	۰	۰	۰	۰	۵۰	۱۵۰	۰	۰	۰	۰	۵۰

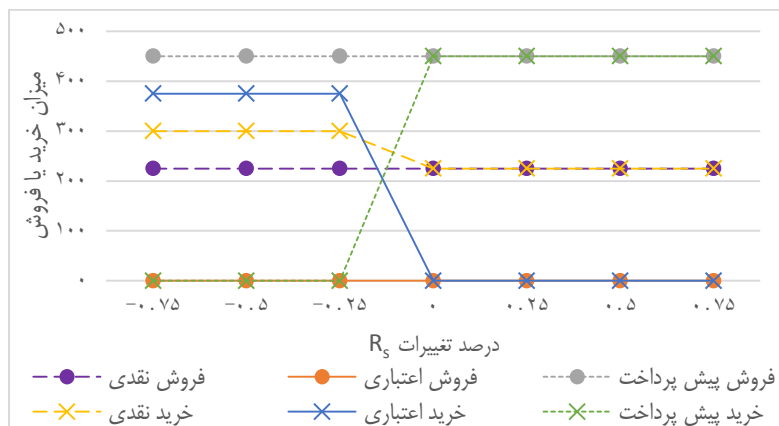
میزان فروش اقلام به مشتریان در جدول ۶ مشاهده می‌شود. فروش اقلام در دوره اول به صورت نقدی و در دوره‌های بعدی به صورت پیش‌پرداخت صورت گرفته است. بر اساس نتایج، پیش‌پرداخت سفارش‌های دوره‌های دوم و سوم در دوره اول از مشتری دریافت شده است. از آنجاکه نرخ مؤثر بازگشت سرمایه خریده‌فروش بیشتر از نرخ بهره مؤثر مشتریان است، هیچ فروش اعتباری صورت نگرفته است؛ به بیان دیگر خریده‌فروش ترجیح می‌دهد که اقلام را به شیوه پیش‌پرداخت به مشتری‌ها عرضه کند.

مقادیر به‌دست‌آمده برای جریان نقدی خالص هر دوره در جدول ۷ مشاهده می‌شود. خرده‌فروش تمام درآمد حاصل از فروش به مشتریان و هزینه‌های خرید اقلام از تأمین‌کنندگان را در دوره اول اعمال کرده است؛ بنابراین در دوره‌های دوم و سوم تنها هزینه‌های ثابت سفارش و نگهداری پرداخت می‌شود.

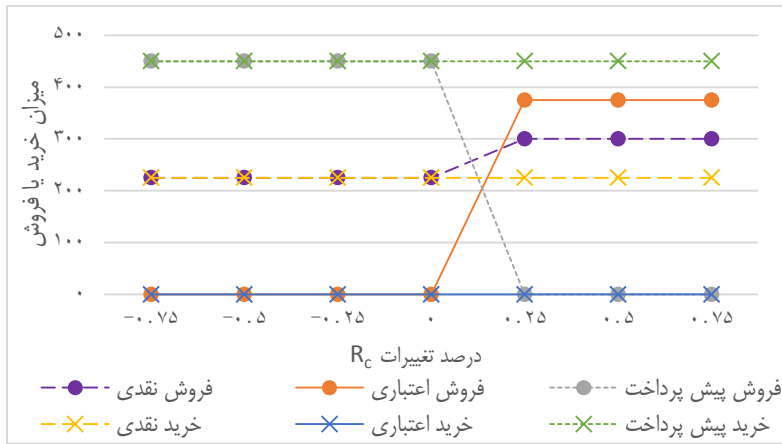
جدول ۷. جریان خالص نقدی در هر دوره

	$n=1$	$n=2$	$n=3$
NCF_n	۲۰۱۷/۹۳۰	۲۸۶۸/۲۲۹	۲۴۱۵/۰۳۲

تحلیل حساسیت نتایج. رفتار خرده‌فروش در انتخاب شیوه‌های پرداخت به نرخ بهره مؤثر سه سطح زنجیره وابستگی دارد؛ بنابراین در این قسمت، تغییر نرخ بهره مؤثر هر یک از اجزای زنجیره و بررسی میزان خرید و فروش به هر یک از شیوه‌های پرداخت، بررسی می‌شود. در ابتدا تغییرات R_s مورد بررسی قرار می‌گیرد.

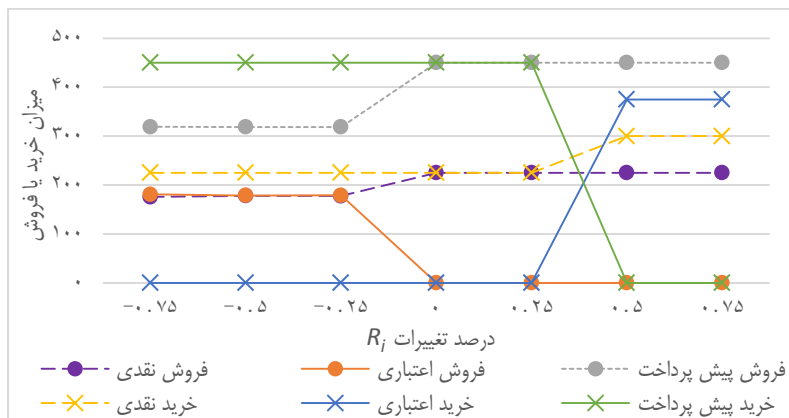
شکل ۲. میزان خرید از تأمین‌کنندگان به روش‌های مختلف پرداخت نسبت به تغییرات R_s

شکل ۲، میزان خرید و فروش به شیوه‌های مختلف پرداخت را بر اساس تغییرات نرخ بهره مؤثر تأمین‌کننده نشان می‌دهد. تغییرات R_s تأثیری در روش فروش به مشتریان ایجاد نمی‌کند؛ اما میزان خرید از تأمین‌کنندگان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به شکل ۲، تغییر رفتار خرده‌فروش در نقطه‌ای اتفاق می‌افتد که نرخ بهره مؤثر تأمین‌کننده و نرخ بازگشت سرمایه خرده‌فروش از هم عبور می‌کنند. در حالتی که R_s از R_i بزرگ‌تر است، خرید اعتباری انجام نمی‌شود و در حالتی که R_s از R_i کوچک‌تر است، پیش‌خرید صورت نمی‌گیرد.



شکل ۳. میزان فروش اقلام به مشتریان به روش‌های مختلف پرداخت نسبت به تغییرات R_c

شکل ۳، میزان خرید و فروش به شیوه‌های مختلف پرداخت را با توجه به تغییرات نرخ بهره مؤثر مشتریان نشان می‌دهد. طبق انتظار، تغییرات R_c تأثیری در روش خرید از تأمین‌کنندگان ایجاد نمی‌کند؛ اما میزان فروش به مشتریان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. تغییر رفتار شکل، در نقطه‌ای حادث می‌شود که نرخ بهره مؤثر مشتری از نرخ مؤثر بازگشت سرمایه خرده‌فروش عبور می‌کند. در حالتی که R_c از R_i بزرگ‌تر است، فروش پیش‌پرداخت صورت نمی‌گیرد و در حالتی که R_c از R_i کوچک‌تر است، فروش اعتباری انجام نمی‌شود.



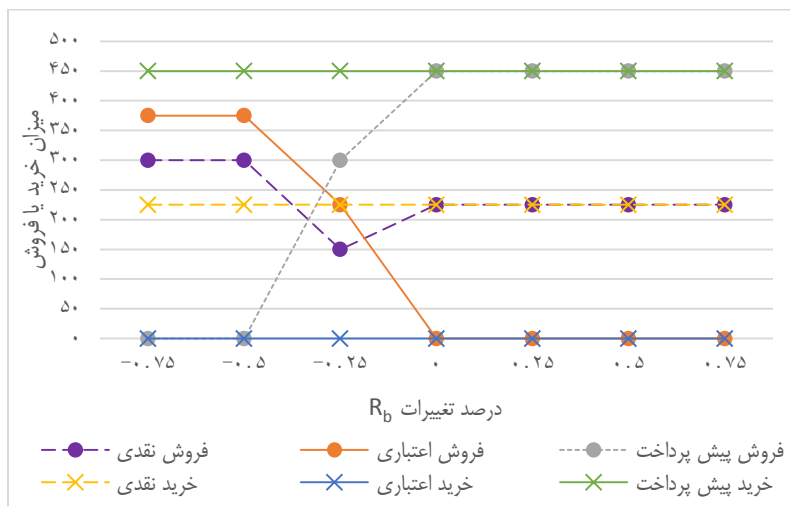
شکل ۴. میزان فروش اقلام به مشتریان به روش‌های مختلف پرداخت نسبت به تغییرات R_i

تغییرات میزان خرید و فروش به شیوه‌های مختلف پرداخت به نرخ مؤثر بازگشت سرمایه خرده‌فروش وابستگی زیادی دارد. رفتار خرده‌فروش در میزان خرید و فروش به شیوه‌های مختلف

بر اساس تغییرات R_i در شکل ۴، نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، رفتار خرده‌فروش در نقاطی تغییر می‌کند که نرخ مؤثر بازگشت سرمایه خرده‌فروش از نرخ بهره مؤثر وام، مشتری و تأمین‌کننده عبور می‌کند. در حالتی که نرخ بازگشت سرمایه خرده‌فروش از همه نرخ‌های بهره دیگر بزرگ‌تر است (افزایش بالاتر از ۲۵ درصد)، خرده‌فروش ترجیح می‌دهد از تأمین‌کننده به‌صورت اعتباری خرید کند و به مشتری پیش‌فروش کند.

در بازه‌ای که R_i از R_s کوچک‌تر و از R_c و R_b بزرگ‌تر است (افزایش کمتر از ۲۵ درصد) خرده‌فروش ترجیح می‌دهد به‌صورت پیش‌پرداخت از تأمین‌کننده خرید کرده و به مشتری نیز پیش‌فروش کند. در بازه‌ای که R_i کوچک‌تر از نرخ بهره مؤثر وام، مشتری و تأمین‌کنندگان است (کاهش بیش از ۲۵ درصد)، سرمایه‌گذاری برای خرده‌فروش ارجحیت ندارد؛ اما از آنجاکه نرخ بهره وام بیشتر از نرخ بهره مشتری است، خرده‌فروش دریافت از مشتری را به اخذ وام ترجیح می‌دهد و تلاش می‌کند جریان‌های نقدی دوره اول و دوم نزدیک صفر شود؛ به عبارت دیگر جریان‌های نقدی دوره‌های اول و دوم را بدون استفاده از وام انجام می‌دهد. در این حالت ترجیح خرید از تأمین‌کننده به‌صورت پیش‌پرداخت است.

میزان فروش اعتباری به مشتری نیز افزایش می‌یابد؛ اما بخشی از فروش به مشتری به‌صورت پیش‌پرداخت صورت می‌گیرد تا از دریافت وام اجتناب شود. در حالتی که R_i از نرخ بهره مشتری بزرگ‌تر و از نرخ بهره وام و تأمین‌کننده کوچک‌تر باشد، فروش به مشتری به‌صورت پیش‌پرداخت و خرید از تأمین‌کننده نیز به‌صورت پیش‌خرید انجام می‌شود. این موضوع سبب می‌شود جریان‌های نقدی دوره‌ها مثبت شود و همچنان نیازی به اخذ وام نباشد.



شکل ۵. میزان فروش اقلام به مشتریان به روش‌های مختلف پرداخت نسبت به تغییرات R_b میزان

خریدوفروش به شیوه‌های مختلف پرداخت و بر اساس تغییرات R_b در شکل ۵، نشان داده شده است. در بازه‌ای که نرخ بهره وام بیشتر از نرخ بهره مشتری باشد (افزایش بیش از صفر درصد) هیچ وامی اخذ نمی‌شود و خرده‌فروش ترجیح می‌دهد تا درآمد حاصل از فروش را به جای دریافت وام استفاده کند؛ اما با کاهش نرخ بهره وام و کمتر شدن آن از نرخ بهره مشتری، دریافت وام برای خرده‌فروش ارجحیت پیدا می‌کند. در بازه‌ای که نرخ بهره وام بسیار کمتر از نرخ بهره مشتری است (کاهش بیش از ۵۰ درصد) خرده‌فروش ترجیح می‌دهد تا به صورت پیش‌پرداخت از تأمین‌کننده خریداری کرده و به مشتری پیش‌فروش کند.

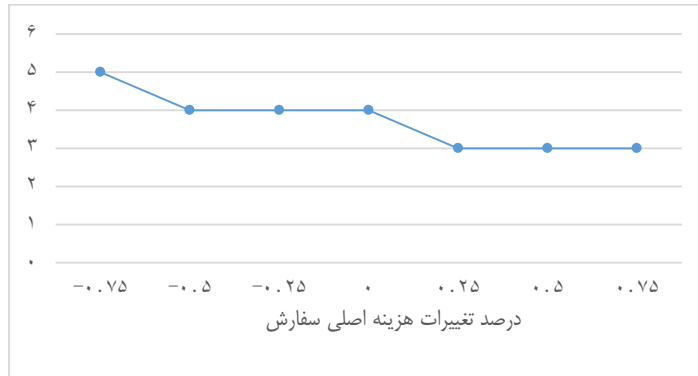
در این حالت هزینه‌های لازم برای پیش‌خرید از تأمین‌کننده را با دریافت وام انجام می‌دهد؛ بنابراین هرچه نرخ بهره وام کمتر شود، خرده‌فروش وام بیشتری دریافت می‌کند و بخش بزرگ‌تری از فروش را به صورت اعتباری انجام می‌دهد. با کمتر شدن فاصله نرخ بهره وام و نرخ بهره مشتری (کاهش بین ۲۵ تا ۵۰ درصد)، میزان وام دریافتی نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه برای پرداخت هزینه‌ها میزان پیش‌فروش اقلام به مشتری‌ها افزایش پیدا می‌کند. خلاصه نتایج تحلیل حساسیت میزان خریدوفروش نسبت به تغییرات مقادیر نرخ بهره در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸. روش ارجح خریدوفروش به‌ازای ترتیب‌های مختلف مقادیر نرخ بهره

روش ارجح خرید از تأمین‌کننده	روش ارجح فروش به مشتری	ترتیب مقادیر نرخ بهره
پیش‌پرداخت	پیش‌پرداخت	$R_s > R_i > R_b > R_c$
پیش‌پرداخت	پیش‌پرداخت	$R_b > R_s > R_i > R_c$
پیش‌پرداخت	پیش‌پرداخت	$R_s > R_b > R_i > R_c$
اعتباری	پیش‌پرداخت	$R_i > R_b > R_c > R_s$
اعتباری	پیش‌پرداخت	$R_i > R_s > R_b > R_c$
پیش‌پرداخت	اعتباری	$R_c > R_s > R_i > R_b$
پیش‌پرداخت	ترکیب اعتباری و پیش‌پرداخت	$R_s > R_b > R_c > R_i$
پیش‌پرداخت	اعتباری (اخذ وام)	$R_s > R_i > R_c \gg R_b$

با توجه به جدول ۸، تنها در حالت آخر که نرخ بهره وام بسیار کوچک‌تر از نرخ بهره مشتری است، خرده‌فروش به اخذ وام تمایل دارد. در مثال مورد بحث این پژوهش، دریافت وام در شرایطی اتفاق افتاد که اختلاف نرخ بهره وام با مشتری بیش از اختلاف نرخ بهره مشتری و سرمایه‌گذاری باشد؛ به عبارت دیگر وقتی نرخ بهره وام اختلاف کمی با نرخ بهره مشتری داشت، خرده‌فروش همچنان وامی دریافت نمی‌کرد.

در حالات دیگر جدول ۸، خرده‌فروش تلاش می‌کند که تمام هزینه‌های خود را از طریق درآمد فروش پرداخت کند و بدین ترتیب وامی دریافت نمی‌شود؛ همچنین انتخاب بین روش پیش‌پرداخت و اعتباری برای خرید از تأمین‌کننده و فروش به مشتری معمولاً به مقایسه نرخ بهره آن‌ها با نرخ بهره سرمایه‌گذاری وابسته است.



شکل ۶ حساسیت مجموع تعداد تأمین‌کنندگان در همه دوره‌ها نسبت به هزینه سفارش‌دهی عمده

تغییرات هزینه عمده سفارش تأثیری در میزان خرید و فروش به شیوه‌های پرداخت مختلف ندارد؛ اما بر مجموع تعداد تأمین‌کننده‌های انتخاب‌شده در همه دوره‌ها اثرگذار است. بدین ترتیب که با افزایش هزینه عمده سفارش، خرده‌فروش ترجیح می‌دهد که به تعداد دفعات کمتری به تأمین‌کنندگان سفارش دهد تا در هزینه‌های سفارش‌دهی صرفه‌جویی کند. این موضوع در شکل ۶ نشان داده شده است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در سال‌های اخیر با توسعه بازارهای اقتصادی و گسترش فناوری اطلاعات، بسیاری از شرکت‌ها دریافته‌اند که طراحی و اجرای مناسب سیستم مدیریت زنجیره تأمین یکی از مهم‌ترین ابزارها برای بهبود مزایای رقابتی است. مسئله انتخاب تأمین‌کننده به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل در مدیریت زنجیره تأمین مطرح است؛ چراکه هزینه و کیفیت کالا و خدمات فروخته‌شده به‌طور مستقیم در ارتباط با هزینه و کیفیت کالای خریداری‌شده است؛ به‌علاوه سفارش هم‌زمان اقلام موجودی، فرصت‌هایی برای کاهش هزینه سفارش‌دهی، ایجاد می‌کند که در بیشتر مواقع در مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده نادیده گرفته می‌شود. کاهش هزینه‌های موجودی در این روش به این دلیل امکان‌پذیر است که هزینه اصلی سفارش مستقل از اقلام موجود در هر سفارش است.

از طرف دیگر بسیاری از مباحث کنترل موجودی تقریبی از ارزش سرمایه را در محاسبات خود لحاظ می‌کنند. در کاربردهایی که نرخ بهره و تورم، اعداد بالایی باشند نیاز به محاسبات دقیق بر مبنای ارزش زمانی پول است. در این پژوهش، مدلی ارائه شده است که به انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آن‌ها می‌پردازد. این مدل با رویکرد سفارش‌دهی هم‌زمان اقلام فرموله شده و زنجیره تأمین را در سه سطح لحاظ کرده است. در این پژوهش از تجزیه و تحلیل ارزش خالص آتی برای تحلیل جریان‌های نقدی استفاده شد؛ به این ترتیب که ارزش خالص آتی تحت چارچوب پرداخت‌های مختلف فرمول‌بندی شده و ارزش خالص آتی در آخرین دوره حداکثرسازی شد.

در نتیجه این مدل‌سازی، تأمین‌کنندگان انتخاب شده و مشخص می‌شود کدام اقلام به صورت هم‌زمان از تأمین‌کنندگان خریداری شوند؛ همچنین با توجه به متفاوت بودن میزان عایدی بر اساس روش پرداخت، مقدار خرید اقلام به هر یک از روش‌ها به گونه‌ای تعیین می‌شود که ارزش خالص آتی را حداکثر کند. به همین ترتیب میزان فروش اقلام به هر روش برای تأمین تقاضای مشتریان با هدف حداکثر کردن ارزش خالص آتی تعیین می‌شود. نتایج مثال عددی نشان داد که با افزایش هزینه سفارش‌دهی عمده تأمین‌کنندگان، تعداد آن‌ها برای ایجاد فرصتی برای کمتر شدن هزینه‌ها، کاهش می‌یابد. علاوه بر این در تحلیل حساسیت مدل بر اساس مقادیر نرخ بهره، مشخص شد که میزان خرید و فروش به شیوه‌های پرداخت مختلف و همچنین استفاده کردن از وام به بزرگی مقادیر نرخ بهره نسبت به هم وابسته است.

کاربردهای متعددی از مدل ارائه شده در دنیای واقعی وجود خواهد داشت که می‌توان از آن‌ها به عنوان پیشنهاد پژوهش‌های آتی نام برد. مانند حل مدل در ابعاد بزرگ‌تر و به کارگیری الگوریتم‌های ابتکاری برای یافتن جواب می‌تواند یکی از زمینه‌های پژوهش‌های آتی باشد. ریسک‌های مربوط به روش‌های پرداخت و عدم وصول مطالبات می‌تواند به عنوان ایده‌ای که مدل را به شرایط واقعی نزدیک‌تر می‌کند در نظر گرفته شود؛ در نهایت می‌توان پارامترهای احتمالی تقاضا و قیمت را برای توسعه مدل در نظر گرفت.

منابع

1. Azaron, A., Venkatadri, U., & Farhang Doost, A. (2018). A Stochastic Approach for Designing Supply Chain Networks under Uncertainty. *IFAC PapersOnLine*, 51(11), 1465-1469.
2. Beullens, P., & Janssens, G. K. (2014). Adapting inventory models for handling various payment structures using net present value equivalence analysis. *International Journal of Production Economics*, 157, 190-200.
3. Cha, B., & Moon, I. (2005). The joint replenishment problem with quantity discounts under constant demand. *OR Spectrum*, 27(4), 569-581.
4. Chan, C. K., Li, L. Y.-o., Ng, C. T., Cheung, B. K.-s., & Langevin, A. (2006). Scheduling of multi-buyer joint replenishments. *International Journal of Production Economics*, 102(1), 132-142.
5. Choudhary, D., & Shankar, R. (2013). Joint decision of procurement lot-size, supplier selection, and carrier selection. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(1), 16-26.
6. Ghiami, Y., & Beullens, P. (2016). Planning for shortages? Net Present Value analysis for a deteriorating item with partial backlogging. *International Journal of Production Economics*, 178, 1-11.
7. Grubbström, R. W. (1980). A principle for determining the correct capital costs of work-in-progress and inventory. *International Journal of Production Research*, 18(2), 259-271.
8. Hadley, G. (1964). A comparison of order quantities computed using the average annual cost and the discounted cost. *Management Science*, 10(3), 472-476.
9. Kardan, B., Vajedi Noqabi, A.H., & Rostami, A. (2016). Application of Fuzzy Regression in Explaining the Relationship between Supply Chain Management and Financial Performance. *Industrial Management Perspective*, 5, Issue (20), 119-141 (In Persian).
10. Khouja, M., & Goyal, S. (2008). A review of the joint replenishment problem literature: 1989–2005. *European Journal of Operational Research*, 186(1), 1-16.
11. Khouja, M., Park, S., & Saydam, C. (2005). Joint replenishment problem under continuous unit cost change. *International Journal of Production Research*, 43(2), 311-326.
12. Klein, C., & Ventura, J. (1995). An optimal method for a deterministic joint replenishment inventory policy in discrete time. *Journal of the Operational Research Society*, 46(5), 649-657.
13. Lee, C. H., & Rhee, B.-D. (2010). Coordination contracts in the presence of positive inventory financing costs. *International Journal of Production Economics*, 124(2), 331-339.
14. Majumder, P., Bera, U. K., & Maiti, M. (2016). An EPQ model for two-warehouse in unremitting release pattern with two-level trade credit period concerning both supplier and retailer. *Applied Mathematics and Computation*, 274, 430-458.
15. Marchi, B., Ries, J.M., Zanoni, S., & Glock, C.H. (2016). A joint economic lot size model with financial collaboration and uncertain investment opportunity. *International Journal of Production Economics*, 176, 170-182.
16. Mohammadi, A., Khalifeh, M., Abbasi, A., Ali Mohammadlu, M., & Eghtesadifard, M. (2017). Supply chain design with a financial and operational

- integration approach. *Industrial Management Perspective*, 26, 139-168 (In Persian).
17. Mohammaditabar, D., & Ghodsypour, S. H. (2016). A supplier-selection model with classification and joint replenishment of inventory items. *International Journal of Systems Science*, 47(8), 1745-1754.
18. Moon, I., Goyal, S., & Cha, B. (2008). The joint replenishment problem involving multiple suppliers offering quantity discounts. *International Journal of Systems Science*, 39(6), 629-637.
19. Mousavi, S. M., Hajipour, V., Niaki, S. T. A., & Alikar, N. (2013). Optimizing multi-item multi-period inventory control system with discounted cash flow and inflation: two calibrated meta-heuristic algorithms. *Applied Mathematical Modelling*, 37(4), 2241-2256.
20. Porteus, E. L. (1985). Undiscounted approximations of discounted regenerative models. *Operations Research Letters*, 3(6), 293-300.
21. Rezaei, J., & Davoodi, M. (2008). A deterministic, multi-item inventory model with supplier selection and imperfect quality. *Applied Mathematical Modelling*, 32(10), 2106-2116.
22. Ries, J.M., Glock, C.H. & Schwindl, K. (2016). Economic ordering and payment policies under progressive payment schemes and time-value of money. *International Journal of Operations and Quantitative Management*, 22(3), 231-251.
23. Shu, F. T. (1971). Economic ordering frequency for two items jointly replenished. *Management Science*, 17(6), B-406-B-410.
24. Siajadi, H., Ibrahim, R., Lochert, P., & Chan, W. (2005). Joint replenishment policy in inventory-production systems. *Production Planning & Control*, 16(3), 255-262.
25. Stadtler, H., & Kilger, C. (2002). Supply chain management and advanced planning. In: Springer.
26. Starr, M. K., & Miller, D. W. (1962). *Inventory control: theory and practice*: Prentice-Hall.
27. Taleizadeh, A. A. (2014). An EOQ model with partial backordering and advance payments for an evaporating item. *International Journal of Production Economics*, 155, 185-193.
28. Tavakoli, A., Didekhani, H., Kariznoie, A., & Sadeghpor, H. (2011). Using the appropriate mathematical model for evaluating suppliers using Mikhailov's method. *Industrial Management Perspective*, 4, 153-173 (In Persian).
29. Vanteddu, G., Chinnam, R.B., & Gushikin, O. (2011). Supply chain focus dependent supplier selection problem. *International Journal of Production Economics*, 129, 204-216.
30. Wang, L., Fu, Q.-L., Lee, C.-G., & Zeng, Y.-R. (2013). Model and algorithm of fuzzy joint replenishment problem under credibility measure on fuzzy goal. *Knowledge-Based Systems*, 39, 57-66.
31. Weber, C. A., Current, J. R., & Benton, W. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research*, 50(1), 2-18.
32. Zhang, Q., Tsao, Y.-C., & Chen, T.-H. (2014). Economic order quantity under advance payment. *Applied Mathematical Modelling*, 38(24), 5910-5921.
33. Zia, N. P., & Taleizadeh, A. A. (2015). A lot-sizing model with backordering under hybrid linked-to-order multiple advance payments and delayed payment. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 82, 19-37.