



فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۱۰۹، دوره ۲۸، زمستان ۱۴۰۲، ۱۷۵-۱۴۷

مقاله پژوهشی: یک رویکرد نظریه بازی‌ها در مسئله انتخاب تأمین‌کننده با در نظر گرفتن دو سناریوی همکاری و قرارداد تخفیف

آزاده مبینی*  داود محمدی تبار** 

پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱

بازنگری: ۱۴۰۲/۹/۲۱

دریافت: ۱۴۰۲/۸/۱۲

انتخاب تأمین‌کننده / بازی همکارانه / تقسیم منافع / استکلبرگ / قرارداد تخفیف

چکیده

در این مقاله مسئله انتخاب تأمین‌کننده در دو حالت همکاری و رقابتی مورد بررسی قرار گرفته است. تأمین‌کنندگان محدودیت ظرفیت نداشته و بر اساس سیاست ارسال در حین تولید رفتار می‌کنند. دو سناریوی قرارداد فروش با استفاده از روش‌های تئوری بازی‌ها در نظر گرفته شده است. سناریوی اول شامل بازی همکارانه در قرارداد قیمت عمده‌فروشی و تقسیم سود به سه روش شاپلی، ارزش و روش حداقل هسته است. سناریوی دوم، بازی رقابتی استکلبرگ شامل سیاست تأمین‌کننده رهبر در قرارداد تخفیف است. در این تحقیق با بررسی ویژگی‌های ساختار بازی، نشان داده شده است که مدل بازی همکارانه جوابی پایدار در راستای کاهش هزینه‌های کل سیستم دارد و هزینه فرصت هر واحد ظرفیت تولید، دارای نقشی تعیین‌کننده در مسئله انتخاب تأمین‌کننده است. پس از تعیین توابع عایدی بازیکن‌ها در هر سناریو، نقاط تعادل بازی مشخص شده و نهایتاً با حل یک مثال عددی، عایدی هرکدام از بازیکن‌ها و کل زنجیره مقایسه شده است. منافع کل

*. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
mobini_d@yahoo.com

** دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
d_mohammaditabar@azad.ac.ir

زنجیره در حالت همکاری بهتر از حالت رقابتی است. خریدار بیشترین منفعت را در تقسیم سود به روش ارزش کسب می‌کند در حالیکه روش شاپلی بیشترین منفعت را برای تأمین‌کنندگان دارد.

طبقه‌بندی JEL: L11, C61



۱. مقدمه

انتخاب تأمین‌کننده مناسب گامی ضروری در طراحی زنجیره تأمین است. در بیشتر صنایع هزینه مواد خام و اجزای تشکیل‌دهنده محصول قسمت عمده‌ای از بهای تمام‌شده محصول را در برمی‌گیرد. در چنین شرایطی عملکرد تأمین‌کنندگان می‌تواند نقش کلیدی را در کارایی و اثربخشی سازمان ایفا نماید و تأثیر مستقیمی بر روی کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف‌پذیری یک شرکت داشته باشد. بنابراین ایجاد هماهنگی با تأمین‌کنندگان و انتخاب مکانیسم‌های مناسب که دربرگیرنده منافع همه اعضا باشد گامی ضروری در تداوم و ثبات زنجیره تأمین است. مکانیسم‌های هماهنگی که بین اعضای زنجیره تأمین ایجاد می‌شوند می‌توانند امکان بهبود عملکرد زنجیره تأمین را به‌عنوان یک کل فراهم آورند. از این رو بررسی مکانیسم‌های هماهنگی زنجیره تأمین و لحاظ نکات لازم در عواید حاصل از آن، در بهبود روند ارتباطات اعضای یک زنجیره بسیار اثربخش است.

در این مطالعه دو سناریو همکارانه^۱ و رقابتی^۲ جهت انتخاب تأمین‌کننده و ایجاد هماهنگی در زنجیره تأمین مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این خصوص، این تحقیق بر مبنای رویکرد نظریه بازی‌ها به بررسی یک زنجیره تأمین دوسطحی می‌پردازد که متشکل از یک خریدار و چندین تأمین‌کننده است. تأمین‌کنندگان محصولات خود را بر اساس سیاست ارسال در حین تولید برای خریدار ارسال می‌کنند که از این طریق در هزینه‌های راه‌اندازی تولید صرفه‌جویی خواهد شد. خریدار بر اساس سیاست انباشته سفارش اقتصادی^۳ عمل کرده و سعی در انتخاب یک تأمین‌کننده دارد، به نحوی که در هر سناریو، مناسب‌ترین عایدی نصیب او شود. قرارداد قیمت عمده‌فروشی در رویکرد همکارانه مورد بررسی قرار گرفته، و چگونگی تشکیل ائتلاف و نحوه تسهیم عواید بازیکنان با استفاده از سه روش مختلف مطالعه شده است. در ادامه قرارداد تخفیف در حالت رقابتی که خریدار و تأمین‌کننده هر یک در پی بالا بردن سود خود هستند مورد بررسی قرار گرفته است.

1. Cooperative

2. Non-cooperative

3. Economic Order Quantity

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

پژوهش‌های انجام‌شده مرتبط با مباحث این مقاله، به دو بخش مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده و مکانیسم‌های هماهنگی تقسیم می‌شوند. ادبیات مربوط به مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده کالا را نیز می‌توان به دو حوزه اصلی از مدل‌های توصیفی و تحلیلی تقسیم نمود. محققان مطالعات توصیفی، معیارهای اصلی در انتخاب تأمین‌کننده را مطالعه و روند آن را ارزیابی کرده‌اند. به‌طور مثال وایندها و همکاران به این نتیجه رسیدند که اکثر تصمیم‌گیری‌ها در انتخاب فروشنده، شامل معیارهای چندگانه است. در سال‌های اخیر هو^۱ و همکاران تمام روش‌های چند معیاره انتخاب تأمین‌کننده را در مجلات بین‌المللی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین معیار مورداستفاده در ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان کیفیت است، و پس‌از آن تحویل، قیمت یا هزینه قرار دارند. کبگانی و شاهبندرزاده (۱۳۹۸) به بررسی معیارهای انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین تاب آور پرداخته و نتیجه‌گیری کردند که معیارهای قیمت، کیفیت و ایمنی برترین معیارها هستند.

درخصوص مدل‌های تحلیلی در انتخاب تأمین‌کننده، تکنیک‌های متعددی با لحاظ کردن معیارهای مختلف توسعه داده شده است. در تحلیلی از ادبیات، وبر^۲ و همکاران با بررسی ۷۴ مقاله در انتخاب تأمین‌کننده، به بررسی معیارها و تکنیک‌های مختلف انتخاب تأمین‌کننده در طول ۲۵ سال گذشته پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بسیاری مقالات از تکنیک‌های وزن دهی خطی برای انتخاب تأمین‌کننده استفاده کرده‌اند. عمید^۳ و همکاران پارامترهای فازی را در مدل انتخاب تأمین‌کننده خود در نظر گرفتند. چودهری^۴ و شانکار مسئله تعیین اندازه انباشته موجودی و انتخاب تأمین‌کننده را با مسئله انتخاب حمل‌کننده ادغام نمودند. محمدی‌تبار^۵ و قدسی‌پور یک مدل انتخاب تأمین‌کننده را با در نظر گرفتن سفارش هم‌زمان اقلام بهبود دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که این روش در مسئله انتخاب تأمین‌کننده می‌تواند سبب کاهش هزینه‌های زنجیره تأمین گردد. صالحی و سیاح (۱۳۹۵) به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار

1. Wind, (1968).

2. Ho, (2010).

3. Weber, (1991).

4. Amid, (2011)

5. Choudhary, (2013).

6. Mohammaditabar, (2016).

بر اساس رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها با داده‌های خاکستری پرداختند. حاجتی و همکاران (۱۳۹۸) یک رویکرد چند مرحله‌ای فازی برای شناسایی معیارها، رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان، گروه‌بندی اقلام و تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان ارائه دادند. آنها سه هدف کاهش هزینه‌ها، افزایش مطلوبیت تأمین‌کنندگان انتخاب شده و کاهش تغییر تعداد تأمین‌کنندگان را لحاظ کردند. اوادنی^۱ و چای^۲ مروری بر تحقیقات اخیر در انتخاب تأمین‌کننده انجام داده و زمینه‌های تحقیقاتی آتی را پیشنهاد داده‌اند.

بسیاری از این تحقیقات بر اساس دیدگاه منافع خریدار به موضوع نگاه می‌کنند و مطالعه مکانیزم‌های بر اساس منافع کل میان خریدار و تأمین‌کننده کمتر مورد توجه قرار گرفته است^۳. در این راستا، تضاد منافع میان خریدار و تأمین‌کننده موجب پیچیدگی مدل‌سازی بر اساس منافع کل می‌شود، بنابراین برخی از محققین منافع کل را در یک زنجیره متمرکز مورد توجه قرار داده‌اند. خلجانی^۴ و همکاران با اشاره به اهمیت توجه به منافع کل زنجیره در مسئله انتخاب تأمین‌کننده، یک مدل انتخاب تأمین‌کننده را بر اساس به حداقل رساندن کل هزینه زنجیره تأمین پیشنهاد دادند. آن‌ها از طریق نمونه‌های عددی نشان دادند که هزینه‌ی کل سیستم در مدل آن‌ها در مقایسه با مدل قدسی پور^۵ و اوبراین که از نقطه‌ی دید خریدار بررسی شده است، کاهش خواهد یافت. کمالی^۶ و همکاران اظهار داشتند که هماهنگی خریدار-فروشنده در انتخاب تأمین‌کننده کالا به ندرت با احتساب تخفیف در نظر گرفته شده است. آن‌ها مدل چند هدفه (سپس تبدیل به یک هدف واحد) را در یک زنجیره تأمین چند منبعی با تخفیف کلی ارائه کردند. تابع هدف آن‌ها متشکل از عملکرد کل زنجیره تأمین بود. اسماعیلی نجف آبادی^۷ و همکاران مسئله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش را در یک زنجیره متمرکز با لحاظ کردن منافع کل زنجیره و ریسک اختلال بررسی کردند.

در قسمت دوم از مرور ادبیات، به بررسی مقالاتی می‌پردازیم که تلاش می‌کنند تا منافع کل

1. Aouadni, (2019).
2. Chai, (2020).
3. Aissaoui, (2007).
4. Kheljani, (2009).
5. Ghodspour, (2001).
6. Kamali, (2011).
7. Esmaeili-Najafabadi, (2019).

خریدار و تأمین‌کننده را بر اساس مکانیسم هماهنگی بین اجزای مختلف زنجیره، بهبود دهند. به‌طور کلی هماهنگی در ادبیات از زوایای مختلف مورد بحث قرار گرفته است و چهار مکانیسم اصلی برای ایجاد هماهنگی شامل تصمیم‌گیری یکپارچه، قراردادها، فناوری اطلاعات، و به اشتراک‌گذاری اطلاعات است.^۱ در این ارتباط کاجن^۲ یک بررسی جامع و تحلیلی در مورد هماهنگی زنجیره تأمین با استفاده از مکانیسم قرارداد را انجام داد. او تأمین‌کننده را بر اساس مدل روزنامه‌فروش فرض کرد و به بررسی انواع مختلف قراردادها (بازخرد^۳، قیمت عمده‌فروشی^۴، تسهیم درآمد^۵ و غیره) و مفروضات (قیمت وابسته به تقاضا، قیمت وابسته به تبلیغات و به‌روزرسانی تقاضا) پرداخت، و بررسی کرد که هر یک از آن‌ها قادر به هماهنگ نمودن زنجیره و اختصاص سود به طرق مختلف بودند. به‌عنوان یک نتیجه‌گیری او پیشنهاد کرد که تحقیقات بیشتری باید در زنجیره تأمین انجام گیرد به طوری که تأمین‌کنندگان برای نفع رساندن به خرده‌فروشان به رقابت بپردازند. هوانگ^۶ و همکاران تئوری بازی همکارانه را در یک مدل تصمیم‌گیری مشترک انتخاب تأمین‌کننده کالا، قیمت‌گذاری و موجودی در زنجیره تأمین چند سطحی به کار گرفتند. آن‌ها با استفاده از ارزش شاپلی^۷ به تخصیص سود کل زنجیره تأمین پرداختند، اما اظهار داشتند که این جواب ممکن است در هسته^۸ بازی نباشد. گویندن^۹ و همکاران یک مرور کلی از قراردادهای هماهنگی بر اساس دو سیاست پرداخت تشویقی^{۱۰} و تسهیم ریسک^{۱۱} مرتبط با موجودی ارائه دادند. برخی از محققین نیز مدل‌های دومارحله‌ای را پیشنهاد داده‌اند که در مرحله اول با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، تأمین‌کنندگان ارزیابی و انتخاب شوند و در مرحله دوم با استفاده تئوری بازی‌ها قیمت تعادلی مشخص می‌شود.^{۱۲} در بسیاری از ادبیات هماهنگی

1. Kanda, (2008).

2. Cachon, (2003).

3. Buy back

4. Wholesale price

5. Revenue sharing

6. Huang, (2012).

7. Shapley value

8. Core

9. Govindan, (2013).

10. Transfer payment incentives

11. Risk sharing

در زنجیره، بحث انتخاب تأمین‌کننده کمتر مورد توجه بوده و بیشتر تلاش شده که منافع کلی خریدار و تأمین‌کنندگان موجود بهبود یابد. در ادامه به برخی از تحقیقات می‌پردازیم که توجه به منافع هر دوی خریدار و تأمین‌کننده را در فرایند انتخاب تأمین‌کننده لحاظ کرده‌اند.

یین^۱ و همکاران به مدل‌سازی یک زنجیره تأمین شامل یک تولیدکننده، یک خرده‌فروش و چندین تأمین‌کننده تحت شرایط عدم قطعیت تقاضا و اطلاعات نامتقارن پرداختند. این مسئله با استفاده از رویکرد بازی استکلبرگ^۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است که در آن تولیدکننده رهبر و تأمین‌کنندگان پیرو هستند. محمدی‌تبار و همکاران (۲۰۱۶) به تحلیل رقابت میان تأمین‌کنندگان در دو حالت همکاری و رقابتی و قرارداد قیمت عمده‌فروشی پرداخته‌اند. آن‌ها نشان دادند که هزینه فرصت برای هر واحد ظرفیت تولید تأمین‌کنندگان نقشی اساسی در انتخاب تأمین‌کنندگان دارد. به طوری که وقتی هزینه فرصت تأمین‌کنندگان یکسان است، رقابت میان آن‌ها منجر به انتخاب تأمین‌کننده‌ای می‌شود که منافع کل زنجیره را حداکثر می‌کند. اما زمانی که هزینه‌های فرصت متفاوت است باید از مکانیسم‌های همکاری و تقسیم سود استفاده کرد. ونتورا^۳ و همکاران تقاضای وابسته به قیمت و سیاست‌های مختلف در تعیین اندازه انباشته را در مسئله انتخاب تأمین‌کننده لحاظ کرده و نتایج را با مدل محمدی‌تبار و همکاران (۲۰۱۶) مقایسه کردند. ماشلی و محمدی‌تبار (۲۰۱۷) به بررسی مسئله انتخاب تأمین‌کننده در حالتی پرداختند که تأمین‌کنندگان می‌توانستند با استفاده از امکان ارسال هم‌زمان ائتلاف کنند. آن‌ها روش‌های مختلف تقسیم سود را باهم مقایسه کردند. عباسپور اوناری^۴ و رضایی با ترکیب نقشه شناخت فازی^۵ و تئوری بازی‌ها به مقایسه دو به دوی تأمین‌کنندگان پرداخته و اولویت آنها را مشخص کرده‌اند.

مرور تحقیقات انجام‌گرفته مشخص نمود که در خصوص مدل‌های مختلف انتخاب تأمین‌کننده، و هماهنگی در زنجیره تأمین پژوهش‌های بسیاری انجام‌گرفته است. بیشتر تحقیقات در حوزه انتخاب تأمین‌کننده تنها به منافع خریدار توجه کرده‌اند و مقالاتی نیز که منافع هر دوی تأمین‌کننده و خریدار را لحاظ کرده‌اند بیشتر در یک زنجیره متمرکز و تصمیم‌گیری یکپارچه

1. Yin, (2014).

2. Stackelberg

3. Ventura, (2021).

4. Abbaspour Onari, (2023).

5. Fuzzy cognitive map

به مدل‌سازی پرداخته‌اند. همچنین در خصوص ادبیات هماهنگی در زنجیره، بیشتر مقالات به بررسی مکانیسم‌های ایجاد هماهنگی در یک زنجیره از پیش تعیین شده پرداخته‌اند. بنابراین لزوم تحقیق بیشتر در مسئله انتخاب تأمین‌کننده با لحاظ کردن منافع کل مخصوصاً در زنجیره‌های غیرمتمرکز کاملاً احساس می‌شود.

بنابراین از نوآوری‌های این مقاله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- انتخاب تأمین‌کننده با لحاظ کردن منافع کل و بررسی عواید حاصله برای هرکدام.
- بررسی مکانیسم‌های مختلف تقسیم عایدی در منافع حاصل از همکاری در انتخاب تأمین‌کننده.
- بررسی تأمین‌کننده انتخاب شده، قیمت و اندازه انباشته تعادلی در قرارداد تخفیف در انتخاب تأمین‌کننده.
- لحاظ کردن سیاست ارسال در حین تولید برای کاهش هزینه‌های راه اندازی متعدد در مدل انتخاب تأمین‌کننده.

۳. مدل‌سازی تحقیق و تحلیل داده‌ها

در این بخش ابتدا به بیان مسئله به صورت دقیق می‌پردازیم. در این مقاله، بر اساس رویکرد نظریه بازی‌ها به بررسی انتخاب تأمین‌کننده در یک زنجیره تأمین دوسطحی با یک خریدار و چند تأمین‌کننده در شرایط همکاری و رقابت پرداخته می‌شود. مبنای رفتار خریدار بر اساس سیاست انباشته سفارش اقتصادی و تأمین‌کنندگان بر اساس سیاست ارسال در حین تولید است. خریدار محصول را از تأمین‌کننده خریده و با تقاضای ثابت و قیمت ثابت در بازار به فروش می‌رساند. هر تأمین‌کننده ظرفیت تأمین کل سفارش خریدار در هر دوره از سفارش را دارد و لذا فقط به یک تأمین‌کننده برای تأمین تقاضای خریدار نیاز خواهد بود. معیار انتخاب تأمین‌کنندگان کاهش هزینه کل در بازی همکارانه و تسهیم عواید حاصل از آن، و کاهش هزینه طرفین در بازی رقابتی است.

در این مسئله فرض شده است که تأمین‌کننده میزان تولید مشخصی را به صورت مستمر تا نیمه‌های هر دوره انجام می‌دهد و در بخش دوم دوره عملیات تولید متوقف است. لذا برنامه‌ریزی تولید برای تأمین‌کننده انتخاب شده به صورتی است که بابت ارسال چند محموله به

خریدار فقط یک دوره تولید و یک هزینه راه‌اندازی داشته باشد. سفارش خریدار به تأمین‌کننده در نوبت‌های مختلف، یکسان و ثابت است.

درآمد خریدار با فروش محصول به بازار حاصل شده و هزینه‌هایی که با آن مواجه است عبارت‌اند از هزینه نگهداری، هزینه خرید محصول از تأمین‌کننده، و هزینه‌های مربوط به سفارش. هزینه‌های مفروض برای تأمین‌کننده شامل هزینه‌های نگهداری، هزینه راه‌اندازی و هزینه‌های تولید در هر دوره است. علاوه بر این‌ها برای تأمین‌کنندگان و خریدار هزینه‌ی فرصتی در نظر گرفته شده است که مشخص‌کننده میزان هزینه هر کدام بیرون از ائتلاف است. به این معنا که اگر میزان هزینه‌ای که هر ائتلاف برای هر بازیکن در نظر می‌گیرد از این مقدار بیشتر شود، ترجیح بازیکن به خروج از ائتلاف بوده و این امری بدیهی است.

بنابراین مفروضات مسئله به صورت زیر بیان می‌شود:

- زنجیره تأمین دوسطحی و متشکل از یک خریدار و چند تأمین‌کننده است.
- در سناریوی همکاری، امکان ائتلاف میان اجزای زنجیره وجود دارد.
- یک محصول وجود دارد.
- تابع عایدی هر بازیکن بر اساس هزینه آن محاسبه می‌شود.
- اندازه دسته تولیدی تأمین‌کننده برابر است با مضرب صحیحی از میزان انباشته سفارش شده به او توسط خریدار.
- کمبود موجودی برای خریدار و تأمین‌کننده مجاز نیست.
- تأمین‌کننده انتخاب شده به محض رسیدن سطح موجودی به مقدار سفارش مشتری، اولین محموله خود را ارسال می‌کند.
- هر محموله به محض اتمام محموله قبلی تحویل خریدار می‌گردد.
- اندازه‌ی محموله‌های ارسالی از تأمین‌کننده انتخاب شده به خریدار یکسان است.
- تقاضای سالیانه خریدار ثابت است.
- مقدار هزینه نگهداری برای هر واحد کالا برابر حاصل ضرب نرخ هزینه نگهداری در هزینه تولید هر واحد کالا است.

بنابراین سوالات تحقیق به شرح زیر است:

- در سناریوی همکاری بر اساس منافع کل کدام تأمین‌کنندگان انتخاب می‌شوند؟
 - بر اساس روش‌های مختلف تقسیم سود عواید حاصل هرکدام از خریدار و تأمین‌کننده چگونه خواهد بود؟
 - رقابت میان تأمین‌کنندگان بر اساس قرارداد تخفیف چه نتایجی دارد؟
- بر این اساس، در ادامه پس از تعریف پارامترها و متغیرهای لازم، مدل‌سازی ریاضی مسئله در سناریوهای مختلف ارائه می‌شود. سپس بر اساس مفاهیم تئوری بازی‌ها، نقاط تعادل هرکدام از سناریوها بدست می‌آید. برای تشریح نتایج مدل، مثال عددی ارائه شده و توسط نرم‌افزار گمز حل می‌شوند.

۴. مدل‌سازی و روش حل

برای مدل‌سازی مسئله، ابتدا به تعریف پارامترها و متغیرهای تصمیم می‌پردازیم.

مجموعه‌ها

V : مجموعه تأمین‌کنندگان، B : مجموعه تک عضوی خریدار، $N = V \cup B$: مجموعه همه بازیکن‌ها

پارامترها

D : مقدار تقاضای خریدار، A_i : هزینه سفارش خریدار به تأمین‌کننده i ام، h_i^b : هزینه نگهداری خریدار برای هرواحد محصول خریداری شده از تأمین‌کننده i ام، h_i^v : هزینه نگهداری هرواحد محصول برای تأمین‌کننده i ام، P_i : قیمت فروش خریدار، c_i : هزینه تولید تأمین‌کننده i ام، S_i : هزینه راه‌اندازی تأمین‌کننده i ام، P_i : نرخ تولید تأمین‌کننده i ام، Δ_i : هزینه فرصت تأمین‌کننده i ام، A_B : هزینه فرصت خریدار، t : نرخ هزینه نگهداری موجودی، cap_i : ظرفیت تولید تأمین‌کننده i ام

متغیرهای تصمیم

y_i : اگر تأمین‌کننده i ام انتخاب شود یک و در غیر این صورت صفر است.

Q : اندازه انباشته‌ی خریدار و درواقع تعداد واحد محصولی که در هر بار حمل از تأمین‌کننده برای خریدار ارسال می‌شود.

N_i : تعداد ارسال محموله از تأمین‌کننده i ام به خریدار در هر سیکل تولیدی (درواقع نشان‌دهنده این است که تأمین‌کننده هراندازه انباشته تولیدی خود را به یک‌باره برای خریدار ارسال نمی‌کند،

بلکه آن را به اندازه‌های کوچک‌تر Q تقسیم کرده و سپس ارسال می‌نماید)

W_i : قیمت فروش تأمین‌کننده i ام به خریدار

w_i^d : قیمت تخفیف تأمین‌کننده i ام در قرارداد تخفیف

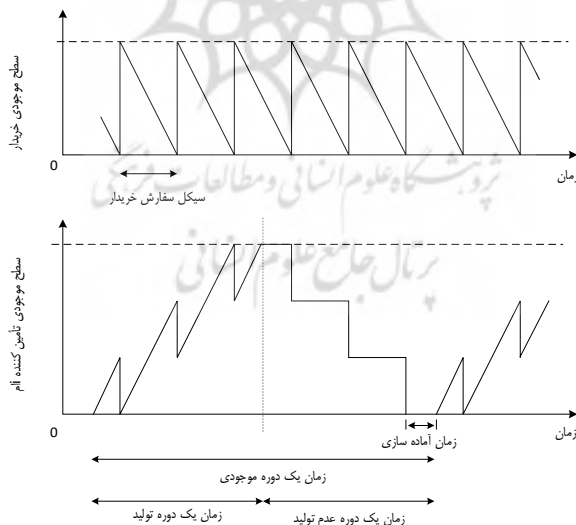
Q_i^d : نقطه تخفیف تأمین‌کننده i ام در قرارداد تخفیف

با توجه به بیان مسئله و مفروضات بیان‌شده، نمودار (۱) سطح موجودی خریدار و تأمین‌کننده انتخاب‌شده را نشان می‌دهد.

برای محاسبه هزینه‌های نگهداری تأمین‌کنندگان، باید متوسط موجودی آن‌ها را محاسبه کنیم. قضیه ۱: متوسط موجودی تأمین‌کننده را ارائه می‌کند که فرایند محاسبه آن در خلیجانی^۱ (۲۰۰۸) نیز یافت می‌شود.

قضیه ۲: با توجه به مفروضات مسئله و نمودار جریان موجودی تأمین‌کننده که در شکل نشان داده شده است، اگر تأمین‌کننده i ام انتخاب‌شده باشد متوسط موجودی آن توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{متوسط موجودی تأمین‌کننده } i \text{ ام} = \left(\frac{Q}{2} \right) \left((N_i - 1) - (N_i - 2) \frac{D}{P_i} \right) \quad (1)$$



نمودار ۱- سطح موجودی خریدار و تأمین‌کننده انتخاب‌شده

اثبات: با توجه به مفروضات مسئله، سطح موجودی تجمعی تأمین‌کننده i ام در هر سیکل تولیدی به صورت نمودار (۲) است.

فرض کنید T_1, T_2, \dots, T_n به ترتیب بیان‌کننده زمان اولین ارسال، دومین ارسال تا N امین ارسال از تأمین‌کننده i ام به خریدار باشد. تأمین‌کننده در زمان T_1 به محض رسیدن سطح موجودی به مقدار Q اولین محموله را ارسال می‌نماید. در این صورت $T_0 T_1 = \frac{Q}{P_i}$ و نیز $T_1 T_2 = T_2 T_3 = \dots = T_{N-1} T_N = \frac{Q}{D}$

در طول هر سیکل تولیدی این تأمین‌کننده به اندازه $N_i Q$ واحد تولید می‌کند. بنابراین با توجه به اینکه نرخ تولید این تأمین‌کننده برابر با P_i واحد در سال است، لذا مدت زمان لازم برای تولید $N_i Q$ واحد برابر است با $\frac{N_i Q}{P_i}$ و چون نرخ تقاضا از این تأمین‌کننده توسط خریدار برابر است با D واحد در سال، لذا مدت زمان لازم برای مصرف $N_i Q$ واحد تولیدشده برابر با $\frac{N_i Q}{D}$ است.

مساحت مثلث $T_0 T_E E$ برابر است با

$$\frac{1}{2} (N_i Q) \left(\frac{N_i Q}{P_i} \right) \quad (2)$$

از طرفی، با توجه به رابطه $T_0 T_N = (N_i - 1) \frac{Q}{D} + \frac{Q}{P_i}$ و رابطه $T_E T_n = T_0 T_N - T_0 T_E$ ، مساحت مستطیل $ET_E T_n A_n$ برابر است با:

$$ET_E T_n A_n = N_i Q \left((N_i - 1) \left(\frac{Q}{D} \right) - \left(\frac{Q}{P_i} \right) \right) \quad (3)$$

مجموع مساحت‌های مستطیل‌های $T_1 A_1 C_1 T_N$ و $B_1 A_2 C_2 C_1$ تا مستطیل $B_{N-2} A_{N-1} B_{N-1} C_{N-2}$ برابر است با:

$$Q \left((N_i - 1) \frac{Q}{D} + (N_i - 2) \frac{Q}{D} + \dots + \frac{Q}{D} \right) = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{D} N_i (N_i - 1) \quad (4)$$

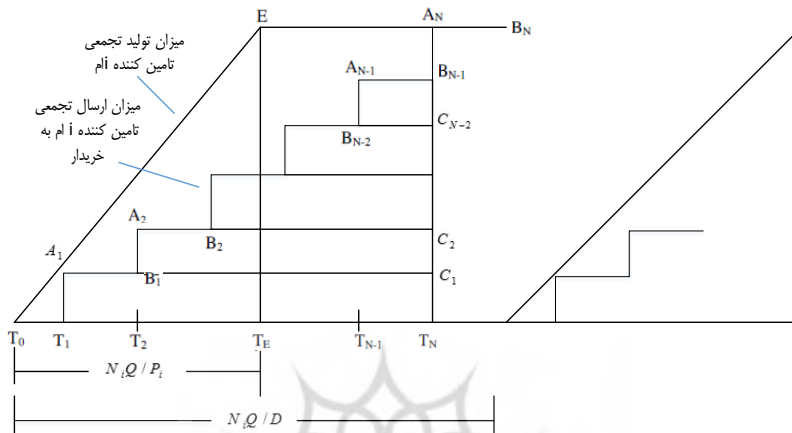
با جمع دو عبارت و و کسر عبارت، مقدار موجودی تجمعی تأمین‌کننده i ام در یک سیکل به دست خواهد آمد که برابر است با:

$$\left(\frac{N_i q_i^2}{2} \right) \left(\frac{(N_i - 1)}{D_i} - \frac{(N_i - 2)}{P_i} \right) \quad (5)$$

با تقسیم معادله بر طول زمان یک سیکل یعنی $\frac{N_i Q}{D}$ متوسط موجودی تأمین‌کننده i ام برابر است با:

$$i = \left(\frac{Q}{2}\right) \left((N_i - 1) - (N_i - 2) \frac{D}{P_i} \right) \quad (6)$$

حال به کمک قضیه فوق به تشریح سناریوها و روش‌های حل می‌پردازیم.



نمودار ۲- سطح موجودی تجمعی تأمین‌کننده

۱-۴. سناریوی ۱: بازی همکارانه و قرارداد قیمت عمده‌فروشی

در این سناریو، خریدار و تأمین‌کنندگان تشکیل ائتلاف می‌دهند. یکی از تأمین‌کنندگان انتخاب شده و به تولید سفارش خریدار می‌پردازد. هزینه‌های کل سیستم محاسبه گردیده و هزینه‌ها بین بازیکنان تقسیم می‌گردد.

مسئله را به صورت یک مسئله مینیمم‌سازی هزینه مطرح می‌کنیم. مسئله شامل یک خریدار و n تأمین‌کننده است. هریک از بازیکنان به شرح زیر دارای هزینه هستند:

$$\pi^b = D \sum_{i \in V} y_i w_i + \frac{D}{Q} \sum_{i \in V} y_i A_i + \frac{Q}{2} \sum_{i \in V} y_i h_i^b - D.Pr \quad (7)$$

هزینه خریدار:

هزینه تأمین‌کننده i ام:

$$\pi_i^v = D y_i c_i + D \frac{y_i}{N_i Q} S_i + r c_i \frac{Q y_i}{2} \left(\frac{D}{P_i} (2 - N_i) + (N_i - 1) \right) - D y_i w_i \quad (8)$$

$$+ \Delta_i \left(1 - \frac{D y_i}{cap_i} \right)$$

در نتیجه در ساختار متمرکز برای محاسبه هزینه کل زنجیره، هزینه خریدار و تمامی تأمین‌کنندگان با یکدیگر جمع می‌شود.

$$\text{Min } \pi^S = \frac{D}{Q} \sum_{i \in V} y_i A_i + \frac{Q}{2} \sum_{i \in V} y_i h^b - D.Pr + \quad (9)$$

$$\sum_{i \in V} \left(\begin{aligned} & Dy_i c_i + D \frac{y_i}{N_i Q} S_i + rc_i \frac{Q y_i}{2} \left(\frac{D}{P_i} (2 - N_i) + (N_i - 1) \right) \\ & + \Delta_i \left(1 - \frac{Dy_i}{cap_i} \right) \end{aligned} \right)$$

بنابراین تابع عایدی ائتلاف $S \subseteq V \cup B$ و تعداد محموله‌های ارسالی به خریدار از مسئله بهینه‌سازی (۱۴) - (۱۰) به دست می‌آید. نکته قابل توجه این است که اگر خریدار عضو ائتلاف S نباشد، یا $c(S)$ بیشتر از $\sum_{i \in S} \Delta_i$ باشد، آنگاه به $c(S)$ مقدار برابر با $\sum_{i \in S} \Delta_i$ تخصیص می‌دهیم و این به آن معنی است که تولیدی صورت نگرفته و هر بازیکن از هزینه فرصت خود بهره‌مند می‌شود.

$$c(S) = \text{Min } \pi^S = \frac{D}{Q} \left(\sum_{i \in S/B} y_i A_i \right) + \frac{Q}{2} \left(\sum_{i \in S/B} y_i h^b \right) - D.Pr \quad (10)$$

$$+ \sum_{i \in S/B} \left(\begin{aligned} & Dy_i c_i + D \frac{y_i}{N_i Q} S_i + rc_i \frac{Q y_i}{2} \left(\frac{D}{P_i} (2 - N_i) + (N_i - 1) \right) \\ & + \Delta_i \left(1 - \frac{Dy_i}{cap_i} \right) \end{aligned} \right)$$

Subject to

$$\sum_{i \in S/B} y_i = 1 \quad (11)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in S/B \quad (12)$$

$$Q \geq 0 \quad (13)$$

$$N_i \in \{1, 2, \dots\}, \quad \forall i \in S/B \quad (14)$$

رابطه (۱۰) ارائه‌دهنده تابع عایدی ائتلاف است. محدودیت (۱۱) تضمین می‌کند که یک

تأمین‌کننده انتخاب گردد. محدودیت‌های (۱۲) تا (۱۴) نوع متغیرها را مشخص می‌کند. این مدل بهینه‌سازی، مدل عایدی ائتلاف است که با حل آن میزان عایدی هر ائتلاف محاسبه می‌شود.

با توجه به رابطه (۱۰) مشخص است که اگر نسبت هزینه فرصت به ظرفیت همه تأمین‌کنندگان یکسان باشد $((\frac{\Delta_1}{cap_1} = \dots = \frac{\Delta_n}{cap_n}))$ ، یا به عبارت دیگر اگر هزینه فرصت هر واحد ظرفیت تولیدی میان همه تأمین‌کنندگان برابر باشد، می‌توان از آن صرف نظر کرد. برای بررسی این موضوع کافی است که جملات شامل هزینه فرصت در تابع عایدی را باهم جمع کنیم. زمانی که نسبت هزینه فرصت به ظرفیت میان همه تأمین‌کنندگان یکسان باشد، جمع جملات حاوی هزینه فرصت در تابع عایدی عددی ثابت خواهد بود و مشخص است که تفریق یک عدد ثابت از تابع هدف یک مسئله بهینه‌سازی تأثیری در مقدار بهینه متغیرهای تصمیم ندارد. بنابراین زمانی که تأمین‌کنندگان هزینه‌های فرصت متفاوتی در بازار دارند توجه به آن برای به دست آوردن تعادل در بازی همکاری ضروری است.

یکی دیگر از ویژگی‌های بازی همکارانه (۱۴) - (۱۰) خاصیت فروجمع پذیری^۱ می‌باشد. یک بازی همکارانه فروجمع‌پذیر نامیده می‌شود اگر برای هر دو گروه از بازیکنان غیرمشترک، هزینه ائتلاف آن‌ها کمتر یا مساوی مجموع هزینه آن دو گروه باشد. در این نوع بازی‌ها انگیزه ائتلاف وجود دارد. با توجه به اینکه در سناریوی همکاری هر بازیکن کمتر یا مساوی هزینه فرصتش عایدی کسب می‌کند این موضوع به سادگی و مشابه قضایای ارائه شده در ماشلی و محمدی تبار (۲۰۱۷) اثبات می‌شود.

پس از مدل‌سازی تابع عایدی ائتلاف‌ها در بازی همکارانه نیازمند به‌کارگیری روش تقسیم هزینه هستیم. هسته بازی از مهم‌ترین مفاهیم موجود در نظریه بازی همکارانه است که مجموعه‌ای از تخصیص‌های اثربخش و پایدار را ارائه می‌دهد. بدین ترتیب که مجموع تخصیص همه بازیکن‌ها برابر عایدی ائتلاف کل شود و همچنین برای هر ائتلاف مجموع تخصیص اعضای آن ائتلاف کمتر یا مساوی (در بازی هزینه) عایدی آن ائتلاف باشد. بنابراین هیچ ائتلافی از بازیکن‌ها انگیزه ترک ائتلاف کل را نداشته و این تخصیص پایدار خواهد بود^۲. به این ترتیب

1. Sub additive
2. Schulz, (2013).

هسته بازی مجموعه تمام بردارهای تسهیم عایدی است که در روابط (۱۷)-(۱۵) صدق کند که در آن π_i عایدی هر بازیکن است.

$$\sum_{i \in N} \pi_i = c(N) \quad (15)$$

$$\sum_{i \in S} \pi_i \leq c(S) \quad \forall S \subset N \quad (16)$$

$$\pi_i \in R \quad (17)$$

با توجه به اینکه جواب بدیهی که در آن هر تأمین‌کننده به اندازه هزینه فرصت خود عایدی دارد و باقی عایدی کل سهم خریدار باشد در روابط (۱۴)-(۱۰) صدق می‌کند، می‌توان نتیجه گرفت که بازی همکارانه ارائه شده در این مقاله دارای هسته غیر تهی است. بنابراین تخصیص‌های پایدار برای هزینه‌های ائتلاف کل وجود داشته و انتخاب تأمین‌کنندگان با مدل همکاری امکان‌پذیر است. در خصوص تخصیص عایدی به روش هسته، اولاً ممکن است هسته شامل مجموعه‌ای از تخصیص‌ها باشد نه یک تخصیص منحصر به فرد. ثانیاً اگرچه هسته بازی تخصیص‌های پایداری ارائه می‌کند اما ممکن است رضایت همه بازیکن‌ها را از جانب انصاف نداشته باشد. برخی روش‌های تخصیص عایدی مانند حداقل هسته^۱، ارزش شاپلی^۲ و ارزش τ ^۳ تلاش دارند تا تخصیصی منصفانه ارائه دهند.

روش حداقل هسته تلاش می‌کند تا تسهیم عایدی به نحوی انجام شود که حداکثر نارضایتی را کمینه کند و تسهیم منصفانه‌ای از عایدی انجام دهد. در این راستا فضای هسته را از جهات مختلف کوچک می‌کند تا در نهایت به یک نقطه برسد. سهم عایدی بازیکن i در روش حداقل هسته $\pi_i^{least\ core}$ با حل مسئله بهینه‌سازی (۲۱)-(۱۸) به دست می‌آید.

$$\min v \quad (18)$$

1. Schulz, (2013).
2. Mohebbi, (2015).
3. Branzei, (2008).

s.t

$$\sum_{i \in N} \pi_i^{least\ core} = c(N) \quad (19)$$

$$\sum_{i \in S} \pi_i^{least\ core} - c(S) \leq v \quad S \subset N \quad (20)$$

$$\pi_i^{least\ core} \in R \quad (21)$$

یکی دیگر از روش‌های تسهیم عایدی روش شاپلی است. در این روش هر بازیکن به اندازه متوسط ارزشی که به ائتلاف‌ها اضافه می‌کند سهم می‌گیرید. این روش تسهیم برپایه اصول تقارن، خاصیت جمع‌پذیر بودن، عدم تخصیص به بازیکن بی ارزش و برابری مجموع عایدی‌ها با ارزش ائتلاف کل است. سهم عایدی هر بازیکن در روش شاپلی به روش زیر محاسبه می‌شود:

$$\pi_i^{Shapley} = \sum_{\substack{S \subset N \\ i \in S}} \frac{(|S| - 1)! (|N| - |S|)!}{|N|!} [c(S) - c(S - \{i\})] \quad (22)$$

در روش تقسیم عایدی ارزش τ به هر بازیکن به اندازه متوسط وزنی حداقل (m_i) و حداکثر (M_i) حق او از عایدی کل سهم تخصیص داده می‌شود. سهم هر بازیکن در روش ارزش τ از روابط زیر بدست می‌آید که در آن ضریب وزنی (α) به صورت منحصر به فرد از حل رابطه (۲۶) بدست می‌آید.

$$M_i = c(N) - c(N - \{i\}) \quad (23)$$

$$m_i = \max_{S: i \in S} \{c(S) - \sum_{i' \in S - \{i\}} M_{i'}\} \quad (24)$$

$$\pi_i^{\tau\ value} = m_i + \alpha(M_i - m_i) \quad (25)$$

$$\sum_{i \in N} \pi_i^{\tau\ value} = c(N) \quad (26)$$

در این مقاله، به کمک سه روش تقسیم سود شرح داده شده مقدار عایدی تمامی ائتلاف‌ها به دست می‌آید. تعداد ائتلاف‌ها برابر با $2^n - 1$ است که در آن n تعداد بازیکنان است. مقدار عایدی هر ائتلاف با کدنویسی و حل در نرم‌افزار گمز محاسبه می‌شود.

۲-۴. سناریوی ۲: بازی رقابتی و قرارداد تخفیف

در حالت رقابتی، در ابتدا تأمین‌کنندگان برای تأمین نیازهای خریدار با یکدیگر به رقابت می‌پردازند و تأمین‌کننده‌ای که توانایی کاهش بیشتر هزینه‌های خریدار را داشته باشد انتخاب می‌شود. سپس تأمین‌کننده انتخاب شده و خریدار در چارچوب قرارداد تخفیف، قیمت فروش را تعیین می‌کند که توسط بازی استکلبرگ مدل‌سازی می‌شود. تأمین‌کننده اطلاعات کاملی از هزینه‌های خریدار و مقدار بهینه انباشته موجودی خریدار داشته و به‌عنوان رهبر در بازی استکلبرگ عمل می‌نماید.

تأمین‌کنندگان برای انتخاب شدن باهم در رقابت هستند. یک نقطه تعادل نش^۱ بین تأمین‌کنندگان به‌عنوان رهبر و یک نقطه تعادل استکلبرگ بین تأمین‌کننده انتخاب شده و خریدار وجود دارد. مسئله استکلبرگ با قیاس معکوس قابل حل است اما در ابتدا نیاز داریم بهترین واکنش خریدار را به دست آوریم:

عایدی خریدار به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\pi^{QD,b*} = \min_{i \in V} (\pi_i^{QD,b}) \quad (27)$$

$$\pi_i^{QD,b} = \min \left\{ \left(\sqrt{2D.A.r.w_i} + Dw_i - D.Pr \right), \left(Dw_i^d + \frac{D}{Q_i^d} . A_i + \frac{Q_i^d}{2} . r.w_i^d - D.Pr \right) \right\} \quad (28)$$

فرض بر این است که همه تأمین‌کنندگان مطلع‌اند که خریدار یک ماکزیمم هزینه قابل قبول به‌عنوان هزینه فرصت دارد (Δ_r). همچنین هیچ تأمین‌کننده‌ای نمی‌تواند هزینه خریدار را بیش از مقداری کاهش دهد که با کمک مسئله بهینه‌سازی (۳۳)-(۲۹) قابل محاسبه است و با $\pi_i^{QD,b}$ نشان داده می‌شود:

$$\pi_i^{QD,b} = \min \left(Dw_i^d + \frac{D}{Q_i^d} A_i + \frac{Q_i^d}{2} r w_i^d - DPr \right) \quad (29)$$

Subject to

$$Dc_i + \frac{D}{Q_i^d} S_i + \frac{Q_i^d}{2} r c_i \left(\frac{D}{P_i} (2 - N_i) + (N_i - 1) \right) - Dw_i^d \leq \Delta_i \quad (30)$$

$$Q_i^d \geq \sqrt{\frac{2DA_i}{rw_i^d}} \quad (31)$$

$$Q_i^d \geq 0 \quad (32)$$

$$w_i^d \geq 0 \quad (33)$$

در ابتدا رقابت میان تأمین‌کنندگان بر اساس تعادل نش محاسبه می‌شود. هر تأمین‌کننده یک قیمت عمده‌فروشی c_i و یک قیمت تخفیف w_i^d برای تمام واحدهای کالا ارائه می‌کند و عایدی خریدار نیز باید بین دو مقدار Δ_b و $\pi_i^{OD,b}$ باشد. اگر تأمین‌کنندگان بتوانند پیشنهاد خود را تصحیح کنند، این بازی شبیه به بازی مزایده معکوس خواهد بود که نقطه تعادل دومین مقدار به دست آمده $\pi_i^{OD,b}$ است که این‌گونه نمایش داده می‌شود $\pi_{(2)}^{OD,b}$. بنابراین تأمین‌کننده‌ای که کمترین میزان $\pi_i^{OD,b}$ را دارد انتخاب خواهد شد و در پیشنهاد قیمت خود به‌گونه‌ای عمل خواهد کرد که هزینه خریدار کمتر یا مساوی $\pi_{(2)}^{OD,b}$ شود. در مرحله دوم، پیشنهاد قیمت تخفیف تأمین‌کننده انتخاب شده با استفاده از بازی استکلبرگ به دست می‌آید. اگر تأمین‌کننده i^* تأمین‌کننده انتخاب شده باشد، تصمیم وی از طریق مدل (۳۸)–(۳۴) قابل محاسبه است. به این ترتیب نقطه تعادل بازی برای تأمین‌کننده‌ای که کمترین مقدار $\pi_i^{OD,b}$ را دارد به دست می‌آید.

$$\pi_i^{OD,b} = \min \left(Dw_i^d + \frac{D}{Q_i^d} A_i + \frac{Q_i^d}{2} rw_i^d - DPr \right) \quad (34)$$

Subject to

$$Dc_i + \frac{D}{Q_i^d} S_i + \frac{Q_i^d}{2} rc_i \left(\frac{D}{P_i} (2 - N_i) + (N_i - 1) \right) - Dw_i^d \leq \Delta_i \quad (35)$$

$$Q_i^d \geq \sqrt{\frac{2DA_i}{rw_i^d}} \quad (36)$$

$$Q_i^d \geq 0 \quad (37)$$

$$w_i^d \geq 0 \quad (38)$$

برای مشخص تر شدن نتیجه، الگوریتم زیر قدم‌های محاسبه نقطه تعادلی سناریو دو را مشخص می‌کند.

قدم اول: برای هر تأمین‌کنندگان مقدار $\pi_i^{QD,b}$ را با استفاده از مدل‌سازی (۳۳)-(۲۹) تعیین کنید.

قدم دوم: تأمین‌کننده‌ای که کمترین مقدار $\pi_i^{QD,b}$ را دارد تأمین‌کننده انتخاب شده است و برای محاسبه متغیرهای قرارداد تخفیف به قدم ۳ بروید.

قدم سوم: با توجه به تأمین‌کننده انتخاب شده، مدل (۳۸)-(۳۴) را حل کنید. پاسخ این مسئله بهینه‌سازی مقادیر متغیرهای قرارداد تخفیف را مشخص می‌کند.

۵. مثال عددی

به منظور تحلیل سناریوی‌های ارائه شده در مقاله به تشریح یک مثال عددی می‌پردازیم. فرض می‌کنیم یک خریدار قصد انتخاب یک تأمین‌کننده از بین چهار تأمین‌کننده موجود را دارد. تأمین‌کننده یک باتجربه است و سال‌هاست که در این بازار کار می‌کند اما به دلیل فناوری قدیمی وی قیمت تمام شده او بالاتر از بقیه است و همین‌طور هزینه فرصت وی از تأمین‌کننده دو و چهار کمتر اما از تأمین‌کننده سه بیشتر است. تأمین‌کننده دو و چهار هزینه فرصت به نسبت بالا و در نتیجه توان کمتری برای گرفتن سهمی در بازار دارند. تأمین‌کننده سه از فناوری ساخت خوبی برخوردار بوده و به همین خاطر دارای قیمت تمام شده کمتر است اما هزینه‌های راه‌اندازی و سفارش او از سایرین بیشتر است. هزینه سفارش خریدار برابر با ۱۰۰ دلار است. قیمت فروش هر واحد محصول مشخص و برابر ۲۳ دلار است و خریدار برای نگهداری هر واحد محصول برابر ۰٫۱۲ دلار در سال هزینه می‌کند در حالی که هزینه نگهداری هر واحد محصول برای تأمین‌کنندگان برابر با یک درصد هزینه تولید است. تقاضای خریدار برابر ۱۰۰۰۰ واحد و هزینه فرصت او نیز برابر ۵۰۰۰۰- دلار است. نرخ تولید تأمین‌کنندگان برابر با ظرفیت تولید در نظر گرفته شده است. اطلاعات دیگر مربوط به تأمین‌کنندگان به شرح جدول (۱) است.

جدول ۱- پارامترهای مثال عددی

پارامترها	تأمین‌کننده ۱	تأمین‌کننده ۲	تأمین‌کننده ۳	تأمین‌کننده ۴
C_i	۸	۶	۵	۷
P_i	۱۲۰۰۰	۱۱۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۴۰۰۰
cap_i	۱۲۰۰۰	۱۱۰۰۰	۱۲۰۰۰	۱۴۰۰۰
S_i	۴۰۰۰۰	۲۰۰۰۰	۹۰۰۰۰	۶۰۰۰۰
A_i	۸۰	۱۰۰	۱۱۰	۱۰۰
Δ_i	-۲۰۶۰۰	-۱۸۰۰۰	-۲۱۷۰۰	-۱۶۵۰۰

عایدی هرکدام از ائتلاف‌های ممکن با توجه به داده‌ها به دست آمده و در جدول ۲ قابل مشاهده است. تعداد ائتلاف‌ها برابر با $2^n - 1$ می‌باشد که n برابر با تعداد بازیکنان است. بنابراین ۳۱ ائتلاف در این مثال عددی وجود دارد. جدول (۲) نشان می‌دهد که در قرارداد قیمت عمده‌فروشی که یک بازی همکارانه است، بهترین عایدی برای همه بازیکنان در صورتی قابل دسترسی است که همه افراد در بازی شرکت کنند که این همان عایدی ائتلاف کل است. در این حالت سود کل زنجیره تأمین به بیشترین حد خود می‌رسد و هیچ‌کدام از بازیکنان نیز تمایلی به ترک ائتلاف ندارند. در این ائتلاف تأمین‌کننده سه انتخاب می‌شود.

جدول ۲- عایدی ائتلاف‌ها

ائتلاف‌ها	عایدی ائتلاف (بدون خریدار)	عایدی ائتلاف (به همراه خریدار)
خریدار	-	-۵۰۰۰۰
تأمین‌کننده ۱	-۲۰۶۰۰	-۱۴۹۶۴۰
تأمین‌کننده ۲	-۱۸۰۰۰	-۱۶۹۵۷۷
تأمین‌کننده ۳	-۲۱۷۰۰	-۱۷۹۱۵۲
تأمین‌کننده ۴	-۱۶۵۰۰	-۱۵۹۲۶۷
تأمین‌کنندگان ۱ و ۲	-۳۸۶۰۰	-۱۹۰۱۷۷
تأمین‌کنندگان ۱ و ۳	-۴۲۳۰۰	-۱۹۹۷۵۲
تأمین‌کنندگان ۱ و ۴	-۳۷۱۰۰	-۱۷۹۸۶۷

ائتلاف‌ها	عایدی ائتلاف (بدون خریدار)	عایدی ائتلاف (به همراه خریدار)
تأمین‌کنندگان ۲ و ۳	-۳۹۷۰۰	-۱۹۷۱۵۲
تأمین‌کنندگان ۲ و ۴	-۳۴۵۰۰	-۱۸۶۰۷۷
تأمین‌کنندگان ۳ و ۴	-۳۸۲۰۰	-۱۹۵۶۵۲
تأمین‌کنندگان ۱ و ۲ و ۳	-۶۰۳۰۰	-۲۱۷۷۵۲
تأمین‌کنندگان ۱ و ۲ و ۴	-۵۵۱۰۰	-۲۰۶۶۷۷
تأمین‌کنندگان ۱ و ۳ و ۴	-۵۸۸۰۰	-۲۱۶۲۵۲
تأمین‌کنندگان ۲ و ۳ و ۴	-۵۶۲۰۰	-۲۱۳۶۵۲
تأمین‌کنندگان ۱ و ۲ و ۳ و ۴	-۷۶۸۰۰	-۲۳۴۲۵۲

در جدول (۳) نتایج تقسیم عایدی ائتلاف کل که در آن تأمین‌کننده سوم جهت تأمین خریدار انتخاب می‌شود بین همه بازیکنان به سه روش حداقل هسته، شاپلی و ارزش τ نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج سناریوی بازی همکارانه

	تأمین‌کننده ۱	تأمین‌کننده ۲	تأمین‌کننده ۳	تأمین‌کننده ۴	خریدار	کل زنجیره
Dy_i	۰	۰	۱۰۰۰۰	۰	-	-
$\pi_i^{least\ core}$	-۲۰۶۰۰	-۱۸۰۰۰	-۲۷۵۷۴	-۱۶۵۰۰	-۱۵۱۵۷۷	-۲۳۴۲۵۲
$\pi_i^{shapley}$	-۲۴۵۵۲	-۲۴۵۶۴	-۳۱۲۰۱	-۲۱۵۹۵	-۱۳۲۳۳۸	-۲۳۴۲۵۲
$\pi_i^{\tau\ value}$	-۲۰۶۰۰	-۱۸۰۰۰	-۲۷۲۷۰	-۱۶۵۰۰	-۱۵۱۸۸۲	-۲۳۴۲۵۲
Q^{CO}	۰	۰	۴۵۲۴	۰	-	-
N_i^{CO}	۰	۰	۱۰۰	۰	-	-

همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، هزینه تأمین‌کنندگان در روش تقسیم سود شاپلی کمتر از روش‌های حداقل هسته و ارزش τ است در حالی که هزینه‌های خریدار عکس این موضوع

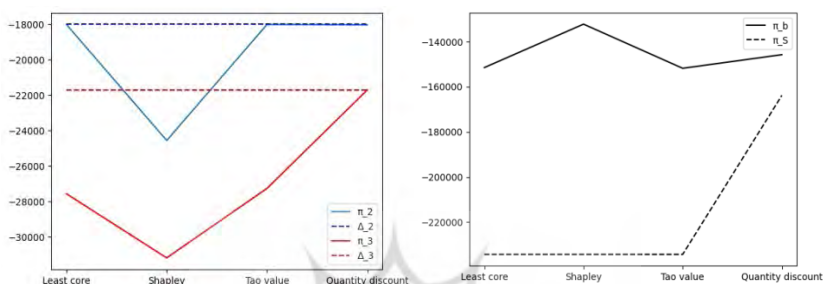
است. در روش تقسیم سود شاپلی به تأمین‌کنندگانی که انتخاب نشده‌اند نیز عایدی تخصیص یافته و هزینه‌های آن‌ها را کمتر از هزینه فرصت کرده است. بنابراین به نظر می‌رسد روش شاپلی برای تقسیم سود در این بازی مناسب نیست.

جدول (۴) نتایج حل مدل رقابتی طی قرارداد تخفیف را نشان می‌دهد. در حالت رقابتی در ابتدا مقادیر $\pi_i^{OD, b}$ در قرارداد تخفیف محاسبه می‌شود تا مشخص شود کدام تأمین‌کننده در رقابت میان تأمین‌کنندگان در بازی حراج معکوس انتخاب می‌شود. همان‌طور که در جدول (۴) نشان داده شده است، تأمین‌کننده دو کمترین میزان $\pi_i^{OD, b}$ را دارد. بنابراین تأمین‌کننده دوم انتخاب خواهد شد و پیشنهاد قیمتی خود را در قرارداد تخفیف و تحت شرایط بازی استکلبرگ ارائه خواهد داد به نحوی که هزینه‌های خریدار کمتر یا مساوی هزینه $\pi_{(2)}^{OD, b}$ شود که در این مثال برابر ۱۴۵۸۵۶- و مربوط به تأمین‌کننده سوم است. نقطه تعادل بازی استکلبرگ میان تأمین‌کننده دو و خریدار در جدول (۴) نشان داده شده است. هزینه کل زنجیره تأمین در حالت قرارداد تخفیف برابر ۱۶۳۸۸۱- شده است که بیشتر از هزینه ۲۳۴۲۵۲- در حالت همکاری است. بنابراین با وجود اینکه از قرارداد تخفیف برای ایجاد هماهنگی استفاده شده است اما تضمینی برای رسیدن به شرایط همکاری نبوده است.

جدول ۴- نتایج سناریوی بازی رقابتی

	تأمین‌کننده ۱	تأمین‌کننده ۲	تأمین‌کننده ۳	تأمین‌کننده ۴
$\pi_i^{OD, b}$	-۱۱۹۱۷۹	-۱۴۵۸۸۱	-۱۴۵۸۵۶	-۱۳۱۵۸۱
Q^{OD, b^*}		۱۶۶۸۴		
N_i^{OD, b^*}		۴		
π^{OD, b^*}		-۱۴۵۸۵۶		
π_i^{OD, v^*}		-۱۸۰۲۵		
π^{OD, s^*}		-۱۶۳۸۸۱		

در نمودار (۳-الف) عایدی خریدار و کل زنجیره در سناریوهای مختلف مقایسه شده است. همان‌طور که از شکل مشخص است در حالت همکاری عایدی کل زنجیره بهتر از حالت رقابتی است و در سناریوهای مختلف تقسیم عایدی، هزینه کل زنجیره تفاوتی ندارد و تنها سهم بازیکن‌ها از عایدی کل تغییر می‌کند. همچنین عایدی خریدار در روش‌های تقسیم سود حداقل هسته و ارزش τ در حالت همکاری از عایدی آن در حالت رقابتی بهتر است.



نمودار ۳ الف- عایدی خریدار و کل زنجیره
ب- عایدی تأمین‌کنندگان در سناریوهای مختلف

تأمین‌کنندگان یک و چهار در هیچ‌کدام از سناریوها انتخاب نشده‌اند. بنابراین عایدی تأمین‌کنندگان دو و سه در نمودار (۳-ب) در حالت‌های مخالف مقایسه شده است. همان‌طور که از نمودار (۳-ب) مشخص است در حالت همکاری با وجود اینکه تأمین‌کننده دو انتخاب نشده است اما در روش تقسیم عایدی شاپلی، سهم دریافت کرده و هزینه کل آن از هزینه فرصت کمتر شده است. تأمین‌کننده سه در حالت همکاری انتخاب شده و در هر سه روش تقسیم عایدی، سهم دریافت کرده و هزینه کل آن از هزینه فرصت کمتر شده است.

۶. نتایج و جمع‌بندی

با توجه به رقابت روزافزون میان زنجیره‌های تأمین، در این مقاله به بررسی انتخاب تأمین‌کننده در حالت همکاری و رقابتی و تأثیر آن در هزینه کل زنجیره و عایدی هرکدام از بازیکن‌ها پرداختیم. در حالت همکاری به بیان ویژگی‌های بازی پرداخته و نشان دادیم که مسئله فروجمع‌پذیر

بوده و تشکیل ائتلاف سود مند است، همچنین هسته بازی تهی نبوده و امکان ایجاد ائتلاف پایدار که بازیکن‌ها تمایلی به ترک آن ندارند وجود دارد. با توجه به اینکه هسته بازی شامل مجموعه‌ای از تخصیص عایدی است، از سه روش تقسیم عایدی شاپلی، حداقل هسته و ارزش τ برای تخصیص هزینه میان بازیکن‌ها استفاده کردیم. در حالت رقابتی نیز تأمین‌کنندگان در یک رقابت حراج معکوس به رقابت پرداخته و تأمین‌کننده‌ای که بیشترین توانایی را در کاهش هزینه‌های خریدار داشت انتخاب شد. تأمین‌کننده انتخاب شده در قالب قرارداد تخفیف کلی و بازی رهبر-پیرو با خریدار رقابت داشت تا اندازه سفارش خریدار و قیمت فروش تأمین‌کننده در تعادل استکبرگ مشخص شود. برای این منظور یک الگوریتم حل شرح داده شد.

با بررسی کلی نتایج به دست آمده و حل مثال عددی نتیجه می‌گیریم که بازی همکاریانه سیاست مناسبی برای افزایش عایدی بازیکنان و کمینه کردن هزینه کل می‌باشد. همکاری میان تأمین‌کنندگان و خریدار دارای هسته غیر تهی بوده و خاصیت فروجمع پذیری دارد. به عبارت دیگر امکان ایجاد ائتلافی پایدار در همکاری میان تأمین‌کنندگان و خریدار وجود دارد. در روش‌های تقسیم سود به روش حداقل هسته و ارزش τ عایدی بازیکنانی که از طرف خریدار انتخاب نشدند برابر با میزان هزینه فرصت آن‌ها به دست می‌آید اما در روش تقسیم سود شاپلی عایدی همه بازیکنان کمتر هزینه فرصتشان می‌گردد در حالی که خریدار در این روش نسبت به دیگر روش‌ها هزینه‌های بیشتری دارد. بنابراین در بازی همکاریانه بیشترین رضایت برای تأمین‌کنندگان و کمترین رضایت برای خریدار در روش تقسیم سود شاپلی مشاهده گردید و برعکس در روش ارزش τ میزان رضایت برای خریدار بیشتر و برای تأمین‌کنندگان نسبت به روش‌های دیگر کمتر بود. می‌توان نتیجه گرفت که مناسب‌ترین قرارداد از دید تأمین‌کنندگان قرارداد همکاریانه قیمت عمده‌فروشی با تقسیم سود شاپلی و کم سودترین قرارداد، قرارداد تخفیف است. همین‌طور مناسب‌ترین قرارداد از نظر خریدار بازهم قرارداد همکاریانه قیمت عمده‌فروشی اما با روش تقسیم سود ارزش τ و کم عایدی‌ترین قرارداد برای وی قرارداد همکاریانه قیمت عمده‌فروشی با روش تقسیم سود شاپلی است. همچنین هزینه فرصت هر واحد ظرفیت تولیدی نقش پررنگی در انتخاب تأمین‌کنندگان دارد.

در نظر گرفتن تقاضای احتمالی موجب می‌شود که پیدا کردن نقطه تعادل بازی پیچیده‌تر شود و می‌تواند زمینه‌ای برای تحقیقات آتی باشد. لحاظ کردن محدودیت ظرفیت برای

تأمین‌کنندگان و همچنین تقاضای وابسته به قیمت و تأثیر آن در مقایسه بازی رقابتی و همکاری نیز می‌تواند برای تحقیقات آتی مورد توجه باشد.

دسترسی به داده‌ها

داده‌های استفاده شده یا تولید شده در این پژوهش در متن مقاله ارائه شده است.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

منابع

حاجتی، ریحانه؛ نوجوان، مجید و محمدی تبار، داود. (۱۳۹۸). یک رویکرد ترکیبی فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص مقدار سفارش، مجله مدیریت توسعه و تحول، دوره ۱۱ (ویژه نامه)، ص ۲۷۸-۲۶۵.

خریدار، فاطمه و پویا، علیرضا. (۱۳۹۵). تاکسونومی استراتژی‌های انتخاب تأمین‌کننده و عملکرد کسب و کار آنها (مورد مطالعه: شرکت‌های کاشی و سرامیک). پژوهشنامه بازرگانی، ۲۰(۸۰)، ۱۱۹-۱۴۷.

کبگانی، محمد حسین و شاهبندرزاده، حمید. (۱۳۹۸). تحلیل کمی معیارهای انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین تاب آور با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره. پژوهشنامه بازرگانی، ۲۳(۹۰)، ۱۱۵-۱۴۰.

صالحی سربیزن، مرتضی و سیاح مرکبی، محسن. (۱۳۹۵). ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کارا در شرایط عدم قطعیت- رویکرد تحلیل پوششی داده‌های خاکستری. پژوهشنامه بازرگانی، ۲۱(۸۱)، ۱۸۱-۲۰۳.

ماشلی، عطیه و محمدی تبار، داود. (۲۰۱۷). انتخاب تأمین‌کنندگان با رویکرد تئوری بازی همکارانه با در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت و ارسال همزمان اقلام. نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، ۵(۱۰)، ۸۳-۹۷.

Abbaspour Onari, M., & Jahangoshai Rezaee, M. (2023). Implementing bargaining game-based fuzzy cognitive map and mixed-motive games for group decisions in the healthcare supplier selection. *Artificial Intelligence Review*, 1-34. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10432-4>

Aissaoui, N., Haouari, M., & Hassini, E. (2007). Supplier selection and order lot sizing modeling: A review. *Computers & Operations Research*, 34(12), 3516-3540. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.01.016>

Amid, A., Ghodsypour, S., & O'Brien, C. (2011). A weighted max-min model for fuzzy

- multi-objective supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 139-145. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.044>
- Aouadni, S., Aouadni, I., & Rebaï, A. (2019). A systematic review on supplier selection and order allocation problems. *Journal of Industrial Engineering International*, 15, 267-289. <https://doi.org/10.1007/s40092-019-00334-y>
- Branzei, R., Dimitrov, D., & Tijs, S. (2008). *Models in cooperative game theory* (Vol. 556): Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-77954-4>
- Cachon, G. P. (2003). Supply chain coordination with contracts. *Handbooks in operations research and management science*, 11, 227-339. [https://doi.org/10.1016/S0927-0507\(03\)11006-7](https://doi.org/10.1016/S0927-0507(03)11006-7)
- Chai, J., & Ngai, E. W. (2020). Decision-making techniques in supplier selection: Recent accomplishments and what lies ahead. *Expert Systems with Applications*, 140, 112903. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.112903>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2012.08.002>
- Esmaili-Najafabadi, E., Nezhad, M. S. F., Pourmohammadi, H., Honarvar, M., & Vahdatzad, M. A. (2019). A joint supplier selection and order allocation model with disruption risks in centralized supply chain. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 734-748. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.017>
- Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (2001). The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. *International Journal of Production Economics*, 73(1), 15-27. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00093-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00093-7)
- Govindan, K., Popiuc, M. N., & Diabat, A. (2013). Overview of coordination contracts within forward and reverse supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 47, 319-334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.001>
- Hajati, R., Nojavan, M., & Mohammaditabar, D. (2020). A fuzzy hybrid approach for supplier selection and order allocation. *Journal of Development & Evolution Mngement*, 11(special issue), 265-278. [In Persian]
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.009>
- Huang, Y., & Huang, G. Q. (2012). Integrated supplier selection, pricing and inventory decisions in a multi-level supply chain. In *Decision-Making for Supply Chain Integration* (pp. 47-62): Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4033-7_3
- Kabgani, M., Shahbandarzadeh, H. (2019). Quantitative Analysis Criteria for Selecting Suppliers in The Resilience Supply Chain Using Multi Criteria Decision Making Techniques. *Iranian Journal of Trade Studies*, 23(90), 115-140. [In Persian]

- Kamali, A., Ghomi, S. F., & Jolai, F. (2011). A multi-objective quantity discount and joint optimization model for coordination of a single-buyer multi-vendor supply chain. *Computers & Mathematics with Applications*, 62(8), 3251-3269. <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2011.08.040>
- Kanda, A., & Deshmukh, S. (2008). Supply chain coordination: perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Production Economics*, 115(2), 316-335. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.05.011>
- Kharidar, F., Pouya, A. (2016). The Taxonomy of supplier selection strategies and their business performance (The case study of ceramic and tile companies). *Iranian Journal of Trade Studies*, 20(80), 119-147. [In Persian]
- Kheljani, J. G., Ghodsypour, S., & O'Brien, C. (2009). Optimizing whole supply chain benefit versus buyer's benefit through supplier selection. *International Journal of Production Economics*, 121(2), 482-493. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.04.009>
- Masheli, A., & Mohammaditabar, D. (2017). A game theoretic model for capacity-constrained supplier selection by considering joint shipment. *Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems*, 5(10), 83-97. [In Persian]
- 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. <https://doi.org/10.1080/00207721.2014.951418>
- Mohammaditabar, D., Ghodsypour, S. H., & Hafezalkotob, A. (2016). A game theoretic analysis in capacity-constrained supplier-selection and cooperation by considering the total supply chain inventory costs. *International Journal of Production Economics*, 181, 87-97. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.11.016>
- Mohebbi, S., & Li, X. (2015). Coalitional game theory approach to modeling suppliers' collaboration in supply networks. *International Journal of Production Economics*, 169, 333-342. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.08.022>
- Salehi, M., & Sayyah, M. (2017). Evaluation and Selection of Efficient Suppliers in terms of Uncertainty -The Grey Data Envelopment Analysis Approach. *Iranian Journal of Trade Studies*, 21(81), 181-203. [In Persian]
- Schulz, A. S., & Uhan, N. A. (2013). Approximating the least core value and least core of cooperative games with supermodular costs. *Discrete Optimization*, 10(2), 163-180. <https://doi.org/10.1016/j.disopt.2013.02.002>
- TAŞ, M. A., & ÇAKIR, E. (2021). Green Supplier Selection Using Game Theory Based on Fuzzy SWARA. *Sakarya University Journal of Science*, 25(4), 885-897. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.877919>
- Ventura, J. A., Bunn, K. A., Venegas, B. B., & Duan, L. (2021). A coordination mechanism for supplier selection and order quantity allocation with price-sensitive demand and finite production rates. *International Journal of Production Economics*, 233, 108007. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.108007>

- Weber, C. A., Current, J. R., & Benton, W. (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research*, 50(1), 2-18. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(91\)90033-R](https://doi.org/10.1016/0377-2217(91)90033-R)
- Wind, Y., & Robinson, P. J. (1968). The determinants of vendor selection: the evaluation function approach. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 4(3), 29-41.
- Yin, S., & Nishi, T. (2014). A supply chain planning model with supplier selection under uncertain demands and asymmetric information. *Procedia CIRP*, 17, 639-644. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.109>
- Yousefi, S., Jahangoshai Rezaee, M., & Solimanpur, M. (2021). Supplier selection and order allocation using two-stage hybrid supply chain model and game-based order price. *Operational Research*, 21, 553-588. <https://doi.org/10.1007/s12351-019-00456-6>

