University of Qom

Engineering Management and Soft Computing

JEMSC.QOM
Online ISSN: 2538-2675

Three-level supply chain modeling with incomplete and uncertain information in order to analyze its effects

Jahanbakhsh Mahmoudzadeh[1], Mohammad Mahdi Movahedi[2,*], Seyed Ahmad Shayannia[3]

1. Ph.d student, Department of Industrial Management, Firouzkoh Branch, Islamic Azad University, Firozkoh, Iran, jahanmdzd187@gmail.com,
0004-6664-6290-0009
2. Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Industrial Management, Firouzkoh Branch, Islamic Azad University, Firozkoh, Iran, mmmovahedi@gmail.com,
0001-5414-2109-0000
3. Assistant Professor, Department of Industrial Management, Firouzkoh Branch, Islamic Azad University, Firozkoh, Iran, sheibat@yahoo,com,
0002-1601-4496-0000

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 1 - 12 – 2024
Received in revised form 17 - 1 – 2025
Accepted 18 - 2 – 2025
Published online 18 - 3 – 2025

Keywords:
Supply Chain, Meta- heuristic Algorithms, Genetic Algorithm, Particle Swarm Algorithm

ABSTRACT

The present study presents a three-tier model with incomplete and uncertain information of supply chain needs, benefits and services. Objectives of the issue include determining the best decision of each player to determine the optimal order amount and shortage for the manufacturer and the selling price of each player according to the shortage, discount and maintenance costs, purchase and marketing to achieve maximum revenue, minimum costs and The sum is the maximum possible profit for all the players participating in the chain. To solve the model, Gamz software and meta-heuristic algorithms have been used and finally, by producing different examples, the profits of chain members in different leadership conditions were examined and analyzed. Given the complexity of the complexity of closed-loop supply chain problems, the problem ahead cannot be solved in a reasonable time for real-world dimensions. Therefore, to solve it, the meta-heuristic approach in the form of genetic algorithms and optimization of particle aggregation and the combination of these two algorithms have been used. The results show that the combined algorithm of genetics and particle swarming has a better situation compared to genetic and particle swarming algorithms.

Cite this article: ……..

© The Author(s)
DOI: https://doi.org/

Publisher: University of Qom

JEMSC.QOM
شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۵-۲۵۳۸
مدیریت مهندسی و رایانش نرم
دانشگاه قم

مدلسازی زنجیره تامین سه سطحی با اطلاعات ناقص و غیر قطعی به منظور تحلیل اثرات آن

مودزاده[1]، محمد مهدی موحدی[2*]، سید احمد شایان نیا [3]

1. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه ،دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران، رایانامه: jahanmdzd187@gmail.com,
0009-0004-6664-6290

2. نویسنده مسئول ، استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه ،دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران، رایانامه: mmmovahedi@gmail.com,
0000-0001-5414-2109

3. استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه ،دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران، رایانامه: sheibat@yahoo,com,
0000-0002-1601-4496

2. نویسنده مسئول، ..... رایانامه: .....

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: 1403/09/11

تاریخ بازنگری: 1403/10/28

تاریخ پذیرش: 1403/11/30

تاریخ انتشار1403/12/30

چکیده

پژوهش حاضر به ارائه مدل سه سطحی با اطلاعات ناقص وغیر قطعی زنجیره تامین به منظور بررسی نیازها، سودها و خدمات در زنجیره تامین پرداخته است. اهداف مسئله شامل تعیین بهترین تصمیم هر یک از بازیکنان برای تعیین مقدار سفارش بهینه و کمبود برای تولید کننده و قیمت فروش هر بازیکن با توجه به کمبود، تخفیف و هزینه های نگهداری، خرید و بازاریابی برای دستیابی به حداکثر درآمد، حداقل هزینه ها و در مجموع آن، حداکثر سود ممکن برای کل بازیکنان شرکت کننده در زنجیره است. برای حل مدل از نرم افزار گمز و الگوریتم های فرا ابتکاری استفاده شده است . با توجه به در زمره پیچیدگی سخت بودن مسایل زنجیره تامین حلقه بسته، مسئله پیش رو نیز در زمان معقول برای ابعاد موجود در دنیای واقعی حل شدنی نیست. از این رو، برای حل آن از رویکرد فراابتکاری در قالب الگوریتم های ژنتیک و بهینه سازی ازدحام ذرات و ترکیب این دو الگوریتم استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که که الگوریتم ترکیبی ژنتیک و ازدحام ذرات در مقایسه با الگوریتم های ژنتیک و ازدحام ذرات از عملکرد بهتری برخوردار بوده است.

کلیدواژه‌ها:
زنجیره تامین، الگوریتم های فرا ابتکاری، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات

استناد: .....

ناشر: دانشگاه قم

© نویسندگان.

1) مقدمه

امروزه سیر تحولات پرشتاب جهانی، سازمان‌ها را بر آن داشته تا برای غلبه بر شرایط نامطمئن پیرامون خود به تحقیق در مدیریت زنجیره تأمین بپردازند، زیرا تمامی فعالیت‌های سازمان را به منظور تولید محصولات و ارائه خدمات مورد نیاز مشتریان تحت تأثیر قرار می‌دهد به گونه‌ای که تأمین‌کنندگان بایستی قطعات و مواد را با بهترین کیفیت و کمترین هزینه تولید نمایند و تولیدکنندگان و توزیع کنندگان محصولات نیز باید رابطه نزدیکی با سیاست‌های توسعه بازار داشته باشند(کرباسیان و همکاران، 1393). هدف مدیریت زنجیره تأمین، بهبود فعالیت های مختلف اجزا و سطوح یک زنجیره تأمین به منظور دستیابی به حداکثر سود ممکن است، اما دستیابی به این هدف با توجه به این نکته که بین اهداف اجزا و سطوح مختلف تضاد و تناقضات بسیاری مشاهده می شود، به صورت کامل امکان پذیر نخواهد بود و این تناقضات به مرورزمان به کاهش قدرت و رقابت پذیری منجر خواهد شد؛ ازجمله این تناقضات می توان به قیمت گذاری، موجودی و هزینه های مرتبط به اجزا و سطوح اشاره کرد(جابر و همکارانش، 2018).

امروزه با توجه به سرعت تغییرات محیط، پیشرفت تکنولوژی و جهانی شدن بازارها، سازمان‌ها به طور فزاینده‌ای نیازمند بهینه‌سازی عملکرد کل زنجیره تأمین به جای سازمان‌های منفرد، هستند؛ از این رو برای بقا و رقابت موفق در این محیط، شرکت‌ها تلاش می‌کنند که برای اهرم‌سازی منابع و دانش تأمین‌کنندگان و مشتریان، به میزان بیشتری با شرکای زنجیرهٔ تأمین خود هماهنگی داشته باشند(کایی و همکاران[1]، 2019). هماهنگی زنجیره تأمین نوعی شراکت نزدیک و بلندمدت است که در آن اعضای زنجیره تأمین به صورت مشترک کار می‌کنند و میزانی از اطلاعات، منابع و ریسک‌ها را برای کسب اهداف متقابل، تسهیم می‌کنند. هماهنگی می‌تواند میزان منافع مشترک را زیاد کرده، به هرعضو یک قسمتی از منفعت اضافی کسب شده را اختصاص دهد که این به وسیله‌ی هر عضو به تنهایی نمی‌تواند ایجاد شود. در ادبیات مربوط، نویسندگان مختلف منافع متعددی برای هماهنگی زنجیره تأمین برشمرده اند؛ مانند: افزایش درآمد، کاهش هزینه، انعطاف‌پذیری عملیاتی برای تطبیق با عدم اطمینان‌های تقاضا، افزایش فروش، بهبود پیش‌بینی، اطلاعات صحیح و به موقع، کاهش هزینه، کاهش تقسیم کار و تبادل دانش موجودی، بهبود خدمات مشتری، کاهش زمان تأخیر درباره‌ی محصول و فرآیند. همچنین هانسن و نوهریا(2014) بیان کردند که ارزش ایجاد شده از هماهنگی شامل صرفه-جویی به واسطه‌ی افزایش ظرفیت و انعطاف‌پذیری برای اقدامات مشارکتی، اخذ تصمیمات بهتر و افزایش عایدی از طریق هم‌افزایی منابع و نوآوری از طریق ادغام کردن ایده‌ها است.

یکی از جنبه‌های اصلی در ایجاد هماهنگی، به اشتراک گذاری اطلاعات است؛ به طوری که در بافت هماهنگی زنجیرهٔ تأمین، بالا بودن سطح وابستگی متقابل به بالا بودن سطح به اشتراک گذاری اطلاعات بستگی دارد. به اشتراک گذاری اطلاعات تحت عنوان شالوده، عنصر اساسی، مرکز عصبی و نیازمندی اصلی هماهنگی، توصیف می‌شود. بنابراین برای تسهیل هماهنگی زنجیره تأمین، شرکای زنجیره باید اطلاعات خود را به اشتراک بگذارند. مطالعات زیادی نشان داده‌اند، به اشتراک گذاری اطلاعات اثر قابل توجهی بر عملکرد زنجیره تأمین و کاهش اثرشلاقی دارد. اشتراک گذاری اطلاعات کمپانی‌ها را قادر به اخذ تصمیمات بهتر برای عملیات‌شان می‌کند که موجب بهره‌برداری بهتر از منابع و کاهش

[1] Cai S, Jun M, Yang Z

هزینه‌های زنجیره تأمین می‌شود. مدیریت بهتر اطلاعات، اجازه می‌دهد کمپانی بیشترپاسخ گوی تقاضای مشتری باشد(شین و همکاران[۲]، 2017).

با توجه به اینکه سازمان‌ها و شرکت‌های برتر دنیا در شرایط فعلی به طور فزاینده‌ای بر هماهنگی زنجیره تأمین به عنوان یک منبع جدید از مزیت رقابتی تأکید دارند و همچنین با توجه به اهمیت به اشتراک گذاری اطلاعات، مکانیزم اصلی ایجاد هماهنگی در زنجیره تأمین، دانستن عواملی که بر میزان به اشتراک گذاری اطلاعات در زنجیره تأمین تأثیر مستقیم یا غیرمستقیم دارند بسیار حائز اهمیت است. در صورتی که مدل مناسبی برای به اشتراک گذاری اطلاعات در زنجیره تأمین دردسترس باشد، می‌توان از یک طرف عوامل مؤثر را شناسایی کرد و از طرف دیگر می‌توان با دستکاری این عوامل اثرات ایجاد شده در تسهیم اطلاعات را اندازهگیری و تحلیل کرد(ژانگ و لی[۳]، 2016).

صنعت خودرو از جمله صنایعی است که همواره تلاش برای مشارکت و هماهنگی با شرکای زنجیره تأمین در آن مورد توجه بوده است. نظر به اهمیت مسئله به اشتراک گذاری اطلاعات به عنوان مکانیزم اصلی هماهنگی زنجیره تأمین برای مدیران ارشد شرکت‌های ایرانی فعال در امر خودروسازی، هدف این پژوهش، طراحی و مدلسازی مدل سه سطحی با اطلاعات ناقص غیرقطعی زنجیره تامین بین مشتری و سازمان: بر اساس نیازها، سودها و خدمات است.

صنعت خودرو براساس گفته‌ی پیتر دراکر با گرد هم آوردن تعداد زیادی از صنایع گوناگون، صنعت صنعت‌ها شناخته می‌شود و دارای طیف وسیعی از تأمین‌کنندگان، خودروسازان و مشتریان در زنجیره تأمین خود است. امروزه با توجه به درک اهمیت برون‌سپاری و استفاده از توان اضافه ظرفیت سایر سازمان‌ها، مشارکت و هماهنگی در زنجیره‌ی تأمین شرکت‌های خودروسازی روز به روز گسترده‌تر می‌شود؛ به طوری که موفقیت اتومبیل‌سازان ژاپنی در روابط نزدیک با تأمین‌کنندگانشان بررسی می‌شود. تأمین‌کنندگان اتومبیل‌سازان ژاپنی اطلاعات محرمانه را به طور گسترده با دیگر شرکت‌ها در شبکه به اشتراک می‌گذارند. با وجود این به اشتراک گذاری اطلاعات در شرکت های خودروسازی داخلی به دلیل مسائلی مانند هزینه‌های سنگین سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های اطلاعاتی، تلقی شدن اطلاعات، وسیله‌ای برای ایجاد مزیت رقابتی متمایز از رقبا و ترس از رفتارهای فرصت‌طلبانه شرکا، فاصله‌ی زیادی با سطح ایده‌آل دارد. این مسئله به ویژه درمورد تسهیم اطلاعات استراتژیک که برای مشارکت بلندمدت با شرکا و اخذ تصمیمات اثربخش ضروری است، پررنگتر است؛ پس شرکت‌های خودروسازی همچنان از مسائل ناشی از عدم وجود به اشتراک گذاری اطلاعات در زنجیره، مانند ناهماهنگی بین عرضه و تقاضا، اثر شلاقی، زمان های تأخیر طولانی، سطوح بالای موجودی و ضعف عملکرد رنج می‌برند.

این پژوهش به دنبال طراحی مدلی سه سطحی با اطلاعات ناقص غیرقطعی زنجیره تامین بین مشتری و سازمان برای معرفی عوامل مؤثر بر به اشتراک گذاری اطلاعات در زنجیره تأمین شرکت‌های فعال در زمینه ساخت قطعات خودرو در تهران است؛ از این رو مسئله ی کلیدی پژوهش حاضر این است که مدل(سازه نظری) به اشتراک گذاری اطلاعات در سطح زنجیره شامل چه عواملی است و چگونه سنجیده می‌شود؟ و چگونه می‌توان با توجه به وضعیت فعلی آن،

[2] Shin S. K, Ishman M, Sanders G. L
[3] Zhang C, Li S

راهکارهایی جهت بهبود ارائه کرد؟

مسئله مورد بررسی در این پژوهش، یک زنجیره تأمین سه سطحی، شامل یک یا چند تأمین کننده، تولید کننده و خرده فروش در زمینه ساخت قطعات خودرو در تهران است. هر یک از این بازیکنان با توجه به فرضیات در نظر گرفته شده به دنبال انتخاب بهترین تصمیم ممکن و راهکارهایی برای کاهش هزینه های خود، ازجمله هزینه نگهداری، خرید، سفارش دهی و از طرف دیگر، افزایش فروش و کسب درآمد بیشتر و در نهایت افزایش سود خود می باشند، اما تصمیم آن ها ممکن است درنهایت منجر به کاهش درآمد و افزایش هزینه ها شود، زیرا این تصمیم گیری بدون در نظر گرفتن دیگر عوامل دخیل در شرایط زنجیره تأمین صورت گرفته است(عموزاده و همکاران، 2014). در واقعیت، هر یک از اعضای زنجیره ساخت قطعات خودرو نمی توانند بدون در نظر گرفتن تصمیمات دیگر اعضا اقدام به اخذ تصمیم در راستای افزایش سود خود کنند، زیرا شرایط بازار به گونه ای است که تغییری کوچک در تصمیم هر یک از اعضا می تواند باعث به وجود آمدن تغییرات اساسی در هزینه ها و درآمد دیگر اعضای زنجیره شده و باعث به وجود آمدن تغییر در تصمیم گیری اعضا شود(فخرآبادی و همکاران، 2016).

از آنجائی که هدف اصلی در این مسئله، تحلیل اثرات رفتارهای گوناگون رقابتی میان اعضای زنجیره شرکت‌های ساخت قطعات خودرو در تهران و تأثیر تصمیمات آن ها بر روی تصمیمات بهینه اعضا و درنهایت، سود یک زنجیره تأمین است، استفاده از نظریه بازیها در این گونه مسائل مورد توجه است. در اینجا فرض وجود وابستگی تقاضا به قیمت فروش و هزینه بازاریابی فازی با هدف بیشینه کردن سود مورد بررسی قرار خواهد گرفت. برای حل مسئله از رویکرد نظریه بازی ها در شرایط غیرهمکارانه استفاده خواهد شد و با توجه به غیرهمکارانه بودن بازی، از تعادل استاکلبرگ، با فرض وجود سه سناریو، استفاده خواهد شد که در هر سناریو یکی از سطوح نقش رهبر را بر عهده دارد. هدف از این مدل ها مشخص نمودن قیمت بهینه فروش به خرده فروشان، تولید کنندگان و تأمین کنندگان و مقدار تولید اقتصادی و مقدار کمبود تولیدکننده برای بیشینه سازی سود است. بعد از حل این مدل ها در ابعاد کوچک مسائل با استفاده از نرم افزار گمز و با توجه به NP-HARD بودن مسئله، روش فرا ابتکاری ترکیبی برای حل مسأله مربوط به اطلاعات ناقص غیرقطعی زنجیره تامین بین مشتری و سازمان در شرکت‌های ساخت قطعات خودرو در تهران پیشنهاد می شود.

مدل پیشنهادی با توجه به مفروضات زیر ارائه خواهد شد:

(1) تقاضای محصولات در زنجیره تأمین، تابعی از قیمت خرده‌فروشان به مشتریان و هزینه‌های صرف شده بابت تبلیغات محصول است. (2) هزینه‌های صرف شده برای تبلیغات محصول، جزء آن دسته از هزینه‌هایی است که به طور قطعی نمی‌توان آن را مشخص نمود؛ در این مدل هزینه بازاریابی به صورت عدد فازی در نظر گرفته خواهد شد. (3) برای مواد اولیه‌ای که تأمین‌کنندگان به تولیدکنندگان عرضه می‌کنند، تخفیف به صورت کلی در نظر گرفته خواهد شد. (4) کمبود در سیستم برای تولیدکننده مجاز است و به ازای هر واحد کمبود، هزینه‌ای به تولیدکننده تحمیل خواهد شد. همچنین تولید به صورت تدریجی در نظر گرفته خواهد شد. (5) هزینه تولید هر واحد محصول برای تولیدکننده، تابع خطی از تقاضای محصول است و با افزایش یا کاهش تقاضا، هزینه متغیر تولید هر واحد محصول تغییری نخواهد یافت. (6) هر تولیدکننده تنها یک محصول تولید می‌کند و تنها به خرده‌فروش طرف قرارداد خود محصول را ارائه می‌نماید.

(7) تولیدکننده برای تولید محصول می‌تواند مواد اولیه مورد نیاز را از چندین تأمین‌کننده تهیه کند، اما هر تأمین‌کننده فقط یک نوع ماده اولیه را برای تولیدکنندگان ارسال می‌کند.

در این پژوهش، مسئله زنجیره تأمین سه سطحی با اطلاعات ناقص غیرقطعی با استفاده از رویکرد نظریه بازی‌ها و در نظر گرفتن وابستگی تقاضا به قیمت فروش و هزینه بازاریابی فازی، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. مسئله با فرض عدم همکاری بین سطوح گوناگون و بازی استاکلبرگ که در آن هر یک از سطوح با توجه به شرایط بازار می توانند نقش رهبر را داشته باشند، مدل خواهد شد. اهداف مسئله شامل تعیین بهترین تصمیم هر یک از بازیکنان برای تعیین مقدار سفارش بهینه و کمبود برای تولید کننده و قیمت فروش هر بازیکن با توجه به کمبود، تخفیف و هزینه های نگهداری، خرید و بازاریابی برای دستیابی به حداکثر درآمد، حداقل هزینه ها و در مجموع آن، حداکثر سود ممکن برای کل بازیکنان شرکت کننده در زنجیره است. برای حل مدل از نرم افزار گمز و الگوریتم های فرا ابتکاری استفاده خواهد شد و نهایتاً با تولید مثال های مختلف، سود اعضای زنجیره در شرایط مختلف رهبری مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت.

در ادامه در بخش دوم به مبانی نظری و پیشینه تحقیق پرداخته شده است. در بخش سوم روش تحقیق تشریح شده است. در بخش چهارم نتایج عددی حاصضششسل از الگوریتم ها تحلیل شده و در نهایت در بخش پنجم نتیجه گیری و پیشنهادات ارایه شده است.

2) مبانی نظری و مرور ادبیات تحقیق

امروزه بسیاری از سازمان‌های کسب و کار در قالب شبکه‌هایی از تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان سازماندهی شده‌اند که مواد خام را تأمین، آنها را به محصولات نهایی تبدیل و در میان مشتریان توزیع می‌کنند. اصطلاح شبکه‌های چند سطحی تولید/ توزیع در واقع مترادف با چنین شبکه‌هایی هستند که با عنوان زنجیره‌های تأمین نیز شناخته می‌شوند و به وضعیت‌های اشاره دارند که یک قلم تا پیش از رسیدن به مشتری نهایی گام‌های مختلفی را طی می‌کند(گوموس و گونری۴، 2007) در تعریف زنجیره تأمین، چوپرا آن را به صورت کلیه اعضایی می‌داند که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در برآوردن نیاز یک مشتری دخالت دارند. معمولاً یک زنجیره تأمین از پنج مرحله مشتریان، خرده‌فروش‌ها، عمده فروش‌ها/ توزیع‌کنندگان، تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان قطعات/ مواد اولیه تشکیل شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در هر یک از گزینه‌های فوق همواره می‌توان ساختاری چند سطحی را تجسم نمود. ضرورت توجه به سیستم‌های چند سطحی را می‌توان با نگرش به ضرورت و اهمیت هماهنگی در تصمیمات زنجیره تأمین مشاهده نمود. در هر یک از مراحل زنجیره‌های تأمین، صدها و هزاران تصمیم اتخاذ می‌شود. این تصمیمات، دامنه‌ای از تصمیمات جزئی تا کلان را شامل می‌شود. هرچه اهمیت یک تصمیم بیشتر باشد، برنامه‌ریزی برای آن از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود(استدلر و کیکلر۵، 2007) در یک زنجیره تأمین اتخاذ تصمیماتی هماهنگ و با در نظر گرفتن نیازمندی‌ها و

4 Gumus & Guneri

5 Stadtler & Kilger

ویژگی‌های مراحل مختلف زنجیره اهمیت بسیاری دارد. به‌طور کلی، زنجیره تأمین از بخش‌ها و سطوح مختلفی تشکیل شده است که هر کدام از این سطوح با یکدیگر در تعامل هستند. این تعامل از نوع تأمین‌کننده - مشتری بوده که در کل زنجیره تأمین، از تأمین‌کننده اولیه و اصلی، تا مشتری نهایی به چشم می‌خورد. در تعامل بین هر دو بخش از زنجیره تأمین، تعیین مواردی چون: اندازه دسته، مقدار سفارش، قیمت پیشنهادی، سهم و مشارکت در بازاریابی، قیمت نهایی و مواردی از این قبیل، بررسی می‌شود. هر یک از موارد فوق در فرایند چانه‌زنی طرفین مورد مباحثه قرار گرفته و در راستای تأمین اهداف هر یک از طرفین، و در صورت امکان توافق نهایی صورت می‌پذیرد. بنابراین، ایجاد توافق، همکاری و هماهنگی بین سطوح و اجزای یک زنجیره تأمین به‌منظور حداکثرسازی منافع کل زنجیره و همچنین، هر یک از اجرا، از اهمیت بالایی برخوردار است(چوپرا و میندل۶، 2007).

پیشینه پژوهش

جونگ و جئونگ۷(2004) برای طراحی شبکه توزیع با هدف کمینه سازی هزینه‌های توزیع و تولید از مدلسازی ریاضی استفاده نمودند. آن‌ها سیستم برنامه‌ریزی تولید- توزیع غیرمتمرکز را در زنجیره تامین ارایه کردند که درآن یک نماینده مشارکت کننده شکاف بین برنامه‌ریزی تولید و توزیع را پر می‌کند. آن‌ها اعتبار مدل خود را با یک مثال عددی نشان دادند. لیم و همکاران۸(2006)به منظور برنامه‌ریزی بهینه توزیع در زنجیره تامین رویکردی ترکیبی شامل الگوریتم ژنتیک و شبیه سازی ارایه کردند. آن‌ها فاکتورهای دارای عدم قطعیت مثل صف، خرابی و زمان تعمیر را در زنجیره تامین در نظر گرفتند. سلیم و ازکاراهان۹(2008) به‌وسیله برنامه‌ریزی آرمانی فازی طراحی شبکه توزیع را انجام دادند. نتایج نشان می دهد که مساله طراحی شبکه توزیع را می‌توان به صورت انعطاف‌پذیر و واقع‌گرایانه به‌وسیله مدل پیشنهادی حل نمود. زو و همکاران۱۰(2011)برای انتخاب توزیع‌کننده از تئوری ناهموار به‌دلیل ماهیت کیفی داده‌ها استفاده کردند. آن‌ها بیان می‌دارند که اگرچه در زمینه انتخاب تولیدکننده مطالعات بسیاری انجام شده ولی در زمینه انتخاب توزیع‌کننده مطالعات کمی انجام گرفته و این مساله به طورعمیق بررسی نشده است. قربانی و همکاران(2012)انتخاب و طبقه بندی توزیع‌کننده را با استفاده از نظریه تشدید انطباقی که یکی از انواع شبکه‌های عصبی مصنوعی است براساس مشابهت بین آن‌ها انجام دادند. در مرحله اول، معیارها توسط تصمیم گیرندگان تعریف شدند. سپس تصمیم گیرندگان با استفاده از یک مقیاس طبقه بندی برای مرتب سازی توزیع‌کنندگان استفاده کردند. به منظور بهبود عملکرد این الگوریتم، الگوریتم با استفاده از داده‌های گذشته آموزش و در نهایت، اعتبار الگوریتم پیشنهادی با استفاده از یک مثال عددی نشان

6 Chopra, S., & Meindel, P

7 Jung, H., Jeong, B

8 Lim,

9 Selim, H., Ozkarahan, I

10 Zou

داده شد. هوانگ۱۱ و همکارانش(2017) مدل سه سطحی زنجیره تأمین را برای انتخاب تأمین کنندگان، قیمت گذاری و سیاست های موجودی با استفاده از نوع بازی غیر همکاری ارائه کردند که هدف از مدل، تعیین نقطه تعادلی نش برای دستیابی به حداکثر سود می باشد. سینها۱۲ و همکارانش(2017) مدل سه سطحی زنجیره تأمین را با استفاده از نوع بازی استاکلبرگ و با در نظر گرفتن هزینه و تقاضا، به صورت غیرخطی ارائه کردند که هدف مدل، انتخاب بهترین استراتژی برای هریک از بازیکنان برای دستیابی به حداکثر سود ممکن است. جابر۱۳ و همکارانش(2018) مدل سه سطحی زنجیره تأمین را با استفاده از نوع بازی همکاری و با در نظر گرفتن تخفیف به صورت کلی و وابستگی تقاضای خرده فروش به قیمت با هدف تقسیم سود بین اعضا و دستیابی به حداکثر سود اعضای زنجیره را ارائه کردند. جابر و همکارانش(2018) مدل سه سطحی را با استفاده از دو نوع بازی همکاری و غیر همکاری بین اعضای زنجیره ارائه کردند که هدف از این مدل، مقایسه هزینه و سود برای هر یک از اعضا در دو حالت همکاری و عدم همکاری است. یو۱۴ و همکارانش(2018) مدل سه سطحی را با استفاده از دو نوع مختلف بازی نش۱۵ ارائه کردند که هدف از این مدل، به دست آوردن بهترین انتخاب برای هر یک از اعضای زنجیره با توجه به استراتژ ی های بازاریابی، پلتفرم های تولید محصول و سیاست های موجودی است؛ برای به دست آوردن جواب از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. آوست۱۶ و همکاران(2019) در پژوهشی مدل دوسطحی زنجیره تامین شامل تولیدکننده و خرده فروش را با استفاده از رویکرد نظریه بازیها و نوع بازی غیر همکاری و همکاری بین اعضا ارائه کردند که هدف از آن، تصمیم گیری در مورد هزینه بازاریابی و قیمت فروش برای دستیابی به حداکثر سود اعضای زنجیره در بازی های مختلف است. کای۱۷ و همکارانش(2019) در پژوهشی مدل دوسطحی زنجیره تأمین شامل خریدار و فروشنده را با استفاده از رویکرد نظریه بازی ها در شرایطی که کمبود به صورت فروش ازدست رفته، مجاز بود ه و تقاضا به دو صورت قطعی و غیرقطعی در نظر گرفته شده را ارائه کردند. هدف از مدل مشخص نمودن قیمت گذاری و مقدار سفارش دهی بهینه برای رسیدن به حداکثر سود هر یک از اعضای زنجیره است و برای حل آن، از الگوریتم جستجو استفاده شده است. ژاوو۱۸ و همکارانش(2019) مدل دوسطحی زنجیره تأمین را با استفاده از بازی همکاری در شرایطی که تقاضا فازی بوده و به

11 Huang

12 Sinha

13 Jaber

14 Yu

15 Nash

16 Aust

17 Cai

18 Zhao

قیمت فروش وابسته است، در دو مدل مختلف ارائه کردند که در مدل اول اطلاعات به صورت کامل و در مدل دوم اطلاعات به صورت ناقص در اختیار خریدار قرار گرفته شده است. موتاز خوجا[19] مدل سه سطحی زنجیره تأمین را با استفاده از بازی همکاری و با در نظر گرفتن سه سیکل زمانی مختلف برای هر یک از اعضای زنجیره ارائه کرد که هدف از این مدل کاهش هزینه ها و دستیابی به سود بیشتر برای هر یک از اعضای زنجیره است. جهانگیری و همکاران، (2021)، در مطالعه خود به ارزیابی عناصر زنجیره تأمین بشردوستانه برای پیاده سازی موفقیت آمیز آن در بیمارستان های ایران از یک روش ترکیبی تصمیم گیری مبتنی بر BWM-TOPSIS پرداخته اند. در این مطالعه با تعیین اهمیت هر یک از شاخص های اثرگذار بر روی منابع با استفاده از روش BWM[20]، اولویت بندی منابع کلیدی با استفاده از روش TOPSIS انجام شده است. ناظمی و همکاران (2022)، در تحقیقی، سعی کرد اند با ارائه یک مدل چند هدفه در کنار بیشینه سازی سود، کیفیت محصولات جابجا شده در طول زنجیره حداکثر گردد و زمان تحویل نهایی حداقل گردد. پس از ارائه‌ی مدل مذکور، در ادامه به حل قطعی مدل تحت نرم افزار بهینه ساز گمز و حل غیرقطعی آن با الگوریتم های فرا ابتکاری NSGAIIو MOIWO تحت نرم افزار متلب پرداخته اند و نتایج حاصل از حل مساله با این دو روش با یکدیگر مقایسه شده اند. نتایج نشان داده، الگوریتم فراابتکاری MOIWO در همه ی شاخص ها به جز شاخصNPS، از الگوریتم فراابتکاری NSGAIIبرتر است. سعدی و همکاران (2023)، یک مدل برنامه‌ریزی خطی عددصحیح مختلط برای مسئله زنجیره تأمین حلقه بسته چنددوره‌ای، چندمحصولی، چندهدفه با چندین تأمین‌کننده و در نظر گرفتن برگشت مجدد محصولات معیوب به چرخه تولید و سیاست تخفیف توأم کلی و نموی توسعه داده اند. مدل پیشنهادی با استفاده از دو الگوریتم فراابتکاری پیشنهادی بهینه‌سازی ازدحام ذرات چندهدفه و الگوریتم ژنتیک مرتب‌سازی نامغلوب و ترکیب آن‌ها به تولید جواب‌های پارتو می‌پردازد .جهت مقایسه عملکرد روش‌های حل، پنج شاخص تعریف گردیده و نتایج عددی حاصله نشانگر کارایی و کیفیت الگوریتم ترکیبی پیشنهادی است. نیاوند و همکاران (2024) در تحقیق خود مشکلات انتخاب تامین کننده سبز را مورد بررسی قرار داده اند. مشکلات انتخاب تامین کننده سبز به یک موضوع بسیار مهم تبدیل شده است که در تحقیق خود با تلفیق تکنیک داده کاوی یعنی روش خوشه بندی دو مرحله ای و روش MADMکه در این تحقیق روش MULTI MOORA است برای انتخاب تامین کننده سبز استفاده کرده اند. همچنین یک مطالعه موردی در دنیای واقعی در شرکت فروشگاه های زنجیره ای اتکا ارائه شده که با توجه به زمینه های کسب و کار و معیارها از پرسشنامه ای استفاده کرده اند که میزان سبز بودن تامین کنندگان را در 13 معیار کلی بررسی می کند.

3) روش تحقیق

پژوهش از نظر روش، توصیفی و استراتژی پژوهش، همبستگی است. پژوهش از نوع کمی بوده و روش جمع آوری اطلاعات مربوط به ادبیات و پیشینه پژوهش از نوع کتابخانه ای و روش گردآوری داده های مورد نیاز پژوهش، بررسی اسناد و مدارک است.

19 Khouja

[20] Best-worst method (BWM)

ساختار بازی مورد بررسی

تعامل و موازنه بین سیاست‌ها و برنامه‌های بازاریابی و کنترل موجودی، رویکردی مناسب و مفید به منظور بهبود عملکرد زنجیره تأمین و شرکت‌های تابعه و فعال در آن است. در تحقیق حاضر تصمیم‌گیری در زمینه قیمت‌گذاری، هزینه‌های بازاریابی و خرید کالا در یک زنجیره تأمین سه سطحی، متشکل از چندین تأمین‌کننده، تولیدکننده و خرده‌فروش مدّ نظر است. با توجه به رقابت موجود بین تمامی سطوح سه‌گانه اشاره شده، از مدل‌های رایج در نظریه بازی‌ها به منظور یافتن نقطه تعادلی استفاده خواهد شد. ساختار یک زنجیره تأمین سه سطحی شامل M تأمین‌کننده، Nتولیدکننده و همچنین Rخرده فروش است.

مدل توابع

مدل پایه براساس پژوهش جابر و همکارانش(2018) بنا شده و در نتیجه انتخاب توابع هدف، متغیرهای تصمیم، پارامترها براساس این پژوهش صورت خواهد گرفت. گفتنی است مدل دو سطحی موجود در ادبیات به مدل واقعی‌تر سه سطحی تبدیل خواهدشد و نیز وابستگی تقاضا به قیمت فروش و هزینه بازاریابی فازی و تخفیف در مدل گنجانده خواهد شد و مدل به‌روزآوری شده است. اندیس‌های استفاده شده در تمام مدل‌ها به صورت تعداد تأمین‌کنندگان $M=\{۱,۲,۳,...,m\}$، تعداد تولیدکنندگان $N=\{۱,۲,۳,...,n\}$، تعداد خرده‌فروشان $R=\{۱,۲,۳,...,r\}$ است.

بازی‌های استاکلبرگ

در اینجا در یک سناریوی رهبر پیرو که بازی‌کننده‌ی رهبر می‌تواند قبل از بازی‌کننده‌ی پیرو عمل کند، استراتژی بهینه برای هر بازی‌کننده می‌تواند از طریق یافتن تعادل استاکلبرگ تعیین شود. در تعادل استاکلبرگ یکی از بازی‌کنندگان می‌تواند قبل از بازی‌کنندگان دیگر حرکت کند و نقش رهبر را بر عهده گیرد. به عنوان مثال، یکی از اعضای زنجیره تأمین، در بعضی مواقع، با اعلام استراتژی خود قبل از سایر اعضای زنجیره تأمین، نقش رهبری را بازی می‌کند؛ یا برای مثال، در یک مسئله‌ی تخفیف مقداری قیمت، شامل یک فروشنده و یک خرده‌فروش، ممکن است در ابتدا فروشنده سیاست تخفیف خود را به خریدار اعلام کند و خریدار در پاسخ به فروشنده، به عنوان پیرو، تصمیم به خرید می‌گیرد.

مدل استاکلبرگ خرده‌فروش

در حالت اول فرض می‌شود که خرده‌فروش پیشرو بوده و تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان پیرو هستند. در این حالت هدف حداکثرسازی سود خرده‌فروشان با در نظر گرفتن بهترین پاسخ‌های تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان است. به عبارتی دیگر، وقتی خرده‌فروش رهبر است، می‌داند دیگر بازیکنان براساس چه تصمیمی به دنبال دستیابی به حداکثر سود خود در زنجیره تأمین هستند. بنابراین با توجه به اینکه خرده‌فروش می‌تواند زودتر از دیگر بازیکنان بهترین تصمیم خود را اتخاذ کند، در تابع هدف، تابع سود خرده‌فروش قرار گرفته و در محدودیت‌ها بهترین پاسخ‌های تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان لحاظ خواهد شد؛ بنابراین با در نظر گرفتن شرط عقلانیت و بهترین پاسخ برای سایر بازیکنان، براساس تعاریف رویکرد نظریه بازی‌ها، سود خرده‌فروش مطابق مدل زیر حداکثر خواهد شد:

$$MaxT_{z_r} = \sum_{r=1}^{K}\left[(K.P_r^{-\alpha}.C_{m_r}^{\beta}[P_r - P_n^* - C_{m_r} - C_{s_r}.Q_n^{*-1}]) - \frac{1}{2}Q_n^*.K_n'.P_n^*\right] \quad (1)$$

$$S.t: P_n^* = \phi_n'\left(\left[\sum_{s=1}^{M}(K_{s_n}.C_{p_s}^{-1})\right] + \left[\frac{(\sum_{s=1}^{M}(C_{o_m}) + (C_{s_n})}{Q_n^*}\right]\right)\forall_n \in N \quad (2)$$

$$Q_n^* = \sqrt{\frac{2.(\sum_{s=1}^{M}(C_{o_m}) + C_{s_n}).D_n}{E_n.\lambda_n.C_{B_n}}} \quad \forall n \in N \quad (3)$$

$$B_n^* = \sqrt{\frac{2.(\sum_{s=1}^{M}(C_{o_m}) + C_{s_n}).D_n.E_n.\lambda_n}{C_{B_n}}} \quad \forall n \in N \quad (4)$$

$$C_{p_s}^{*1} = \phi_s^l\left[C_{s_o} + \frac{(\sum_{n=1}^{N}\frac{D_n}{Q_n^*}C_{s_s})}{\sum_{n=1}^{N}K_{s_n}.D_n} + \frac{(\sum_{n=1}^{N}K_{s_s}.C_{s_o}.K_{s_n}.\frac{Q_n^*}{2})}{\sum_{n=1}^{N}K_{s_n}.D_n}\right] \forall s \in M \quad (5)$$

$$P_r - P_n^* \geq 0 \qquad \forall r \in R, \forall n \in N \quad (6)$$

$$D_n \leq PC_n \qquad \forall n \in N \quad (7)$$

$$K > 0, u > 0, P_n > 0, K_{s_n} > 0, C_{p_s}^1 > 0, D_n \geq 0, C_{o_m} > 0, C_{s_r} > 0, Q_n \geq 0, P_r^{-\alpha} > 0,$$
$$C_{m_r}^{\beta} > 0, PC_n > 0, B_n \geq 0, C_{B_n} \geq 0, C_{h_n} \geq 0, \alpha > 1, 0 < \beta < 1, \alpha - \beta > 1 \quad (8)$$

$$\phi_n' > 1 \qquad \forall n \in N \quad (9)$$

$$\phi_s^l > 1 \qquad \forall s \in M \quad (10)$$

تابع هدف (1) نشان دهنده مجموع سود خرده‌فروشان است که از تفاضل درآمد و هزینه‌های هر یک از خرده‌فروشان (هزینه خرید، هزینه بازاریابی و هزینه سفارش‌دهی) به دست خواهد آمد. همچنین محدودیت (2) نشان دهنده بهترین تصمیم تولیدکننده برای قیمت فروش انبوه محصول nام، محدودیت (3) نشان‌دهنده مقدار کمبود بهینه مورد انتظار برای تولیدکننده محصول nام، محدودیت (4) نشان دهنده مقدار بهینه قیمت فروش هر واحد از ماده اولیه sام با توجه به محدودیت تخفیف lام است. همچنین محدودیت‌های منطقی نیز برای مدل وجود دارد؛ از جمله محدودیت (5) که نشان می‌دهد قیمت فروش انبوه محصول nام از سوی تولیدکننده باید بزرگ‌تر یا مساوی مجموع هزینه خرید مواد اولیه مورد

نیاز محصول باشد و محدودیت (6) که نشان می‌دهد ظرفیت تولیدکننده محدود است یعنی تقاضای مشتری محصول nام باید کوچک‌تر یا مساوی ظرفیت تولید برای تولیدکننده nام باشد. در نهایت خرده‌فروش با توجه به این محدودیت‌ها به دنبال انتخاب بهترین تصمیم برای دستیابی به حداکثر سود ممکن است.

مدل استاکلبرگ تولیدکننده

در حالت دوم، تولیدکننده پیشرو بوده و خرده‌فروشان و تأمین‌کنندگان پیرو هستند. در چنین حالتی، هدف حداکثرسازی سود تولیدکنندگان با در نظر گرفتن بهترین پاسخ‌های خرده‌فروشان و تأمین‌کنندگان است. بدین منظور در تابع هدف، تابع تولیدکننده قرار گرفته و در محدودیت‌ها بهترین پاسخ‌های تأمین‌کنندگان و خرده‌فروشان لحاظ شده است؛ بنابراین با در نظر گرفتن شرط عقلانیت و بهترین پاسخ برای سایر بازیکنان براساس تعاریف رویکرد نظریه بازی‌ها، سود تولیدکنندگان مطابق مدل زیر، حداکثر خواهد شد:

$$MaxT_{z_n} = \sum_{n=1}^{N}\left[\begin{array}{l}\left[(P_n - \sum_{s=1}^{M}(K_{s_n}.C_{p_s}^{*l}))D_n\right] + \left[(\sum_{s=1}^{M}(C_{o_m}) + C_{s_n})\frac{D_n}{Q_n}\right] - \left[\frac{C_{B_n}B_n^2}{2\lambda_n.Q_n}\right] \\ -\left[u.K.P_r^{*-\alpha}.C_{m_r}^{\beta}\right] - \left[C_{h_n}\frac{(\lambda_n.Q_n - B_n)^2}{2\lambda_n.Q_n}\right]\end{array}\right] \quad (11)$$

$$S.t: P_r^* = \frac{\alpha(P_n + C_{m_r} + C_{s_r}.Q_n^{-1})}{\alpha - 1} \qquad \forall n \in N \quad (12)$$

$$C_{p_s}^{*1} = \phi_s^l\left[C_{s_o} + \frac{(\sum_{n=1}^{N}\frac{D_n}{Q_n^*}C_{s_s})}{\sum_{n=1}^{N}K_{s_n}.D_n} + \frac{(\sum_{n=1}^{N}K_{s_s}.C_{s_o}.K_{s_n}.\frac{Q_n^*}{2})}{\sum_{n=1}^{N}K_{s_n}.D_n}\right] \forall s \in M \quad (13)$$

$$(P_n - \sum(K_{s_n}.C_{p_s}^{*1})) \geq 0 \quad \forall n \in N \quad (14)$$

$$D_n \leq PC_n \qquad \forall n \in N \quad (15)$$

$$\phi_n > 1 \qquad \forall s \in M \quad (16)$$

$$K>0, u>0, P_n>0, K_{s_n}>0, C_{p_s}^1>0, D_n \geq 0, C_{o_m}>0, C_{s_r}>0, Q_n \geq 0, P_{r_n}^{-\alpha}>0,$$
$$C_{m_r}^{\beta}>0, PC_n>0, B_n \geq 0, C_{B_n} \geq 0, C_{h_n} \geq 0, \alpha>1, 0<\beta<1, \alpha-\beta>1 \quad (17)$$

تابع هدف (11) نشان دهنده مجموع سود تولیدکنندگان است که از تفاضل درآمد و هزینه‌ها (هزینه خرید، هزینه سفارش‌دهی، هزینه تولید، هزینه نگهداری و هزینه کمبود) به دست خواهد آمد. همچنین محدودیت (12) نشان دهنده

قیمت بهینه فروش از سوی خرده‌فروش rام به مشتری نهایی، محدودیت (13) نشان دهنده مقدار بهینه قیمت فروش هر واحد از ماده اولیه sام با توجه به محدوده تخفیف lام است. همچنین محدودیت‌های منطقی نیز برای مدل وجود دارد؛ از جمله محدودیت (14) که نشان می‌دهند که قیمت فروش انبوه محصول nام از سوی تولیدکننده باید بزرگ‌تر یا مساوی مجموع هزینه خرید مواد اولیه مورد نیاز محصول باشد و محدودیت (15) که نشان می‌دهد ظرفیت تولیدکننده محدود است؛ یعنی تقاضای مشتری محصول nام باید کوچک‌تر یا مساوی ظرفیت تولید برای تولیدکننده nام باشد. در نهایت، با توجه به این محدودیت‌ها خرده‌فروش به دنبال انتخاب بهترین تصمیم برای دستیابی به بیشترین سود ممکن است.

مدل استاکلبرگ تأمین‌کننده

در حالت سوم، تأمین‌کننده پیشرو بوده و خرده‌فروشان و تولیدکنندگان پیرو هستند. در چنین حالتی، هدف حداکثرسازی سود تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن بهترین پاسخ‌های خرده‌فروشان و تولیدکنندگان است. بدین منظور در تابع هدف، تابع تأمین‌کنندگان قرار گرفته و در محدودیت‌ها بهترین پاسخ‌های تولیدکنندگان و خرده‌فروشان لحاظ شده است؛ بنابراین با در نظر گرفتن شرط عقلانیت و بهترین پاسخ برای سایر بازکنان براساس تعاریف رویکرد نظریه‌بازی‌ها سود تأمین‌کنندگان مطابق مدل زیر حداکثر خواهد شد:

$$MaxT_{z_s} = \sum_{s=1}^{M}\left[\left[(C^{l}_{p_s} - C_{s_o})\sum_{n=1}^{N} K_{s_n}.D_n\right] - \left[\sum_{n=1}^{N}\frac{D_n}{Q^{*}_{n}}C_{s_s}\right] - \left[\sum_{n=1}^{N} K_{s_s}.C_{s_o}.K_{s_n}.\frac{Q^{*}_{n}}{2}\right]\right] \quad (18)$$

$$S.t: P^{*}_{r}\ \frac{\alpha(P_n + C_{m_r} + C_{s_r}.Q_n^{-1})}{\alpha - 1} \qquad \forall n \in N \quad (19)$$

$$P^{*}_{n} = \phi'_n\left(\left[\sum_{s=1}^{M}(K_{s_n}.C^{*l}_{p_s})\right] + \left[\frac{(\sum_{s=1}^{M}(C_{o_m}) + (C_{s_n})}{Q^{*}_{n}}\right]\right) \qquad \forall_n \in N \quad (20)$$

$$B^{*}_{n} = \sqrt{\frac{2.(\sum_{s=1}^{M}(C_{o_m}) + C_{s_n}).D_n.E_n.\lambda_n}{C_{B_n}}} \quad \forall n \in N \quad (21)$$

$$C^{l}_{p_s} - C_{s_o} \geq 0 \qquad \forall s \in M \quad (22)$$

$$\phi'_n > 1 \qquad \forall n \in N \quad (23)$$

$$K > 0, u > 0, P_n > 0, K_{s_n} > 0, C^{l}_{p_s} > 0, D_n \geq 0, C_{o_m} > 0, C_{s_n} > 0, Q_n \geq 0, P^{-\alpha}_{r_n} > 0,$$
$$C^{\beta}_{m_r} > 0, PC_n > 0, B_n \geq 0, C_{B_n} \geq 0, C_{h_n} \geq 0, \alpha > 1, 0 < \beta < 1, \alpha - \beta > 1 \quad (24)$$

تابع هدف (18) نشان دهنده مجموع سود تولیدکنندگان است که از تفاضل درآمد و مجموع هزینه‌ها (هزینه خرید، هزینه سفارش‌دهی، هزینه تولید، هزینه نگهداری و هزینه کمبود) به دست خواهد آمد. همچنین محدودیت (19) نشان دهنده قیمت بهینه فروش سوی خرده‌فروش rام به مشتری نهایی، محدودیت (20) نشان دهنده مقدار تولید بهینه تولیدکننده محصول nام، محدودیت (21) نشان دهنده مقدار کمبود بهینه مورد انتظار برای تولیدکننده محصول nام است. همچنین محدودیت‌های منطقی (22) نشان می‌دهد که قیمت فروش هر واحد از ماده اولیه sام با توجه به محدوده تخفیف lام باید بزرگ‌تر یا مساوی هزینه ثابت هر بار تأمین یا استخراج ماده اولیه sام برای تأمین‌کننده sام باشد و محدودیت (23) و (24) حدود پارامترها و متغیرها را نشان می‌دهد. در نهایت، با توجه به این محدودیت‌ها تأمین‌کننده به دنبال انتخاب بهترین تصمیم برای دستیابی به بیشترین سود ممکن است.

بهترین پاسخ‌های بازیکنان

همواره تمامی بازیکنان نسبت به بهترین تصمیمات سایر بازیکنان از خود واکنش نشان می‌دهند. به این دلیل که سایر بازیکنان نیز از آگاهی برخوردار بوده و هیچ‌گاه به کمتر از حد بهینه‌ی خود رضایت نخواهند داد، بنابراین هر یک از تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و خرده‌فروشان بهترین تصمیم ممکن برای رسیدن به حداکثر سود را شناسایی و در حل بازی از آن بهره خواهند برد. حال با توجه به اینکه بازی مورد بررسی در این تحقیق، بازی غیر همکاری با استفاده از تعادل استاکلبرگ است، بنابراین بازیکنان پیرو بهترین پاسخ ممکن به تصمیم رهبر را انتخاب می‌کنند و رهبر با توجه به پاسخ پیرو تابع هدفش را بهینه می‌کند؛ یا به عبارت دیگر هر یک از اعضا به دنبال حداکثر سود ممکن خود هستند و بهترین تصمیم ممکن را با توجه به تابع هدف خود دنبال می‌کنند. حال که یکی از اعضای زنجیره تأمین در نقش رهبر قرار می‌گیرد و تصمیم اولیه از او شروع می‌شود، پس بهترین تصمیم برای رهبر همان تصمیمی خواهد بود که منجر به دستیابی به حداکثر سود ممکن شود، زیرا می‌داند که دیگر اعضای زنجیره، بهترین تصمیمشان به چه صورتی خواهد بود. بنابراین بعد از تصمیم رهبر، دیگر اعضای مجموعه باید با توجه به تصمیم رهبر اقدام به حداکثرسازی سود خود نمایند. حال با توجه به توضیحات ارائه شده، به منظور مشخص شدن بهترین پاسخ ممکن برای هر یک از بازیکنان، بدون توجه به دیگر بازیکنان، باید از تابع سود برحسب متغیرهای تصمیم مشتق گرفته شود. با توجه به اینکه توابع ارائه شده همگی از نوع حداکثرسازی، و نسبت به متغیرهای تصمیم مقعر هستند، در نتیجه جوابی که از مشتق‌گیری به دست خواهد آمد، بهترین جواب ممکن خواهد بود. بنابراین برای به دست آوردن بهترین جواب بازیکنان، از تابع سود خرده‌فروش برحسب قیمت فروش، از تابع سود تولیدکننده برحسب قیمت فروش محصول به خرده‌فروش و مقدار سفارش‌دهی و کمبود و از تابع سود تأمین‌کننده برحسب قیمت فروش مواد اولیه مشتق گرفته می‌شود. در جدول 1 وضعیت کلی بازیکنان زنجیره تأمین خلاصه شده است:

جدول 1: وضعیت کلی بازیکنان زنجیره تأمین

نام بازیکن	نماد	تعداد	متغیرها	بهترین پاسخ

خرده‌فروش	R	$r \in \{1,2,...,k\}$	P_{r_n}	$P_r^* = \frac{\alpha(P_n + C_{m_r} + C_{s_r}.Q_n^{-1})}{\alpha - 1}$
تولیدکنندگان	N	$n \in \{1,2,...,N\}$	P_n Q_{r_n} B_n	$P_n = \phi_n'(\left[\sum_{s=1}^{M}(K_{s_n}.C_{p_s}^{*l})\right] + \left[\frac{(\sum_{s=1}^{M}(C_{o_m}) + C_{s_n})}{Q_n^*}\right]$ $Q_n = \sqrt{\frac{2.(\sum_{s=1}^{M}(C_{o_m}) + C_{s_n}).D_n}{E_n.\lambda_n.C_{B_n}}}$ $B_n = \sqrt{\frac{2.(\sum_{s=1}^{M}(C_{o_m}) + C_{s_n}).D_n.E_n.\lambda_n}{C_{B_n}}}$
تأمین‌کنندگان	S	$s \in \{1,2,...,M\}$	$C_{p_s}^1$	$C_{p_s}^1 = \phi_s^l\left[C_{s_o} + \frac{(\sum_{n=1}^{N}\frac{D_n}{Q_n}C_{s_s}) + (\sum_{n=1}^{N}K_{s_s}.C_{s_o}.K_{s_n}.\frac{Q_n}{2}}{\sum_{n=1}^{N}K_{s_n}.D_n}\right]$

روش های حل پیشنهادی

با توجه به در زمره پیچیدگی سخت بودن مسایل زنجیره تامین حلقه بسته، مسئله پیش رو نیز در زمان معقول برای ابعاد موجود در دنیای واقعی حل شدنی نیست. از این رو، برای حل آن از رویکرد فراابتکاری در قالب الگوریتم های ژنتیک و بهینه سازی تجمع ذرات و ترکیب این دو الگوریتم استفاده شده است. بدین منظور، پس از معرفی مختصر الگوریتم ها، ساختار چگونگی استفاده از آنها به گونه ای که برای حل تقریبی این مدل ها مناسب باشند، تشریح می شوند

الگوریتم ژنتیک (GA)

در پی تلاش های فراوان برای شبیه سازی پدیده تکامل بر کامپیوترها، مفهوم الگوریتم ژنتیک به عنوان ابزار عمومی بهینه سازی برای نخستین بار توسط جان هالند (۱۹۷۵) مطرح گردید. الگوریتم های ژنتیک، تکنیک های جستجوی تصادفی بر اساس مکانیزم انتخاب طبیعی هستند و با الگوبرداری از تکامل ژنتیکی، رویه هایی را برای حل مسئله ارایه می کنند. این الگوریتم که شکل معمول آن توسط گلدبرگ (۱۹۸۹) معرفی شد، به دلیل شروع با مجموعه ای از حل های تصادفی اولیه که جمعیت نامیده می شوند تا اندازه ای از تکنیک های جستجوی کلاسیک متفاوت است. این ویژگی سبب می شود که به جای یافتن نقطه مناسب، محدوده های مناسب در فضای متغیرها شناسایی شده و امکان یافتن نقطه بهینه کلی افزایش یابد.

نحوه نمایش جواب‌ها

برای نمایش جواب در الگوریتم پیشنهادی از یک کروموزوم با پنج بخش استفاده شده است. از کنار هم قرار گرفتن تمامی این بخش ها و پس از رمزگشایی آن، مقادیر هر یک از متغیرهای مسئله به دست می آید. از آن جا که از روش

اولویت بندی در کروموزوم ها استفاده شده، بخش عمده محدودیت های ظرفیتی در کروموزوم در نظر گرفته می شوند. اما با وجود این در برخی حالت ها، با توجه به ترتیب تخصیصها ممکن است این کروموزم به جواب نشدنی منتهی گردد که در آن صورت از استراتژی ردی استفاده شده و جواب جدید تولید و جایگزین می گردد. در ادامه هر یک از بخش ها به تفصیل تشریح می شود.

بخش اول کروموزوم از یک ماتریس به ابعاد MxT ایجاد شده است. مقادیر درایه های این ماتریس قیمت محصولات در هر دوره را نشان می دهد. با تعیین قیمت محصول، میزان تقاضا و میزان برگشتی آن قابل محاسبه است که در محاسبات مسئله از آنها استفاده می شود.

بخش دوم کروموزوم از یک رشته به طول تعداد مکان های بالقوه جهت احداث مرکز جمع آوری و دمونتاژ ایجاد شده است. هر درایه از این رشته نماینده یک مکان بالقوه می باشد و مقدار آن با یک عدد حقیقی در بازه [1 0] نمایش داده می شود که بیانگر اولویت مکان بالقوه مورد نظر جهت احداث مرکز جمع آوری و دمونتاژ می باشد.

بخش سوم کروموزوم از یک ماتریس با ابعاد CxT ایجاد شده است. درایه های این ماتریس اعداد حقیقی در بازه [0 V] هستند. هر سطر مربوط به یک مشتری و هر ستون متعلق به یک دوره است. از مقدار هر درایه می توان دریافت که در دوره مربوطه کدام وسیله حمل به مشتری مورد نظر سرویس خواهد داد. بدین منظور، عدد مربوط به درایه به کوچکترین عدد صحیح بزرگ تر از آن گرد خواهد شد که عدد به دست آمده، نشان دهنده شماره وسیله حملی است که به آن مشتری در آن دوره خدمات ارایه خواهد کرد.

بخش چهارم کروموزوم نیز همانند بخش قبلی از یک ماتریس با ابعاد CxT تشکیل شده است. درایه های این ماتریس اعداد حقیقی در بازه [1 0] هستند که نشان دهنده اولویت سرویس دهی به هر یک از مشتری ها در هر دوره است و تعیین کننده مسیر وسایل حمل هستند.

هر سطر مربوط به یک مشتری و هر ستون متعلق به یک دوره است. پس از مشخص شدن مشتریانی که به هریک از وسایل حمل اختصاص یافتند از بخش سوم کروموزوم، وسایل حمل به ترتیب اولویتی که توسط بخش چهارم کروموزوم مشخص می گردد به مشتریان رجوع می نمایند. به عنوان مثال از بخش سوم در نمونه قبلی داریم که در دوره اول مشتری های ۲ و ۳ توسط وسیله حمل ۳ سرویس دهی می شوند.

پس از تعیین میزان تقاضای مشتریان با توجه به قیمت تعیین شده در بخش اول کروموزوم می توان میزان مواد اولیه مورد نیاز برای تولید این مقدار تقاضا را مشخص نمود که برای نحوه تعیین این مواد اولیه از بخش پنجم کروموزوم استفاده شده است. بنابراین، بخش پنجم کروموزوم مربوط به نحوه سفارش دهی برای مواد اولیه توسط تولید کننده می باشد. این بخش از یک ماتریس با ابعاد RxT تشکیل شده است. درایه های این ماتریس مقادیر حقیقی با توزیع نرمال استاندارد هستند که میزان سفارش تولید کننده در هر دوره را معین می نماید.

عملگر تقاطع

در این مسئله از دو نوع عملگر تقاطع استفاده شده است که به صورت ترکیبی از آنها جهت تولید جواب استفاده می گردد. عملگر تقاطع مورد استفاده در این الگوریتم، براساس یک ماتریس راهنما ایجاد می گردد. این ماتریس راهنما

دارای درایه های باینری است و برای هریک از بخش ها کروموزمی به صورت جداگانه با ابعادی برابر همان بخش وجود دارد. در این روش، بر والدینی که از طریق رویکرد چرخ رولت انتخاب شده اند، عملگر تقاطع اعمال می شود. بدین ترتیب برای هر یک از درایه ها در هر یک از بخش های کروموزم، یک درایه متناظر از ماتریس راهنما وجود دارد. برای تولید فرزندان جدید، در صورتی که مقدار درایه متناظر در ماتریس راهنما برابر 1 باشد، مقادیر مربوط به آن درایه در دو والد جابه جا می گردد، در غیر این صورت، آن درایه بدون تغییر رها می شود.

در عملگر تقاطع نوع دوم که برخلاف نوع اول به صورت پیوسته می باشد نیز از یک ماتریس راهنما همانند نوع اول استفاده می گردد با این تفاوت که درایه های آن مقادیر حقیقی در بازه [1 0] هستند. مقادیر این ماتریس به تعیین نقاطی برای کروموزوم های فرزند در فاصله خطی بین والدین کمک می نماید. نحوه عملکرد این عملگر بدین صورت است که به ازای هر درایه از کروموزوم های والدین یک درایه در ماتریس راهنما وجود دارد. به عنوان مثال، اگر درایه a مربوط به والد 1 و درایه b مربوط به والد ۲ باشد.

عملگر جهش

در این الگوریتم برای جهش در هر یک از بخش های کروموزوم، دو سطر و یا دو ستون آن به تصادف، انتخاب می گردد و درایه های میان آن به صورت وارونه جابه جا می شوند. برای بخش هایی از کروموزوم که بیش از یک بعد دارند، برای هر بعد آن این عمل به کار برده می شود.

الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات (PS0)

الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات یکی از مهم ترین الگوریتم های بهینه سازی هوشمند است که در حوزه هوش جمعی جای می گیرد. این الگوریتم، نخستین بار توسط کندی و ابر هارت و (۱۹۹۵) با الگو گرفتن از رفتار اجتماعی حیواناتی مانند ماهی ها یا پرندگان که به صورت گروهی زندگی می کنند، معرفی شد. با توجه به این که قوانین منطقی خاصی بر نحوه رفتار موجودات اجتماعی حاکم است، پرندگان تنها، با تنظیم حرکت فیزیکی خود با اجتناب از تصادف به دنبال غذا می گردند و به طور نظری هر پرنده به عنوان یکی از اعضای گروه از تجربه های قبلی خود و تجربه های سایر پرندگان برای یافتن غذا بهره می برد. ایده اصلی الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات همین تسهیم اطلاعات بین اعضای گروه است (پولی و همکاران ،۲۰۰۷)

در الگوریتم PSO استاندارد، جمعیت با راه حل های تصادفی مقداردهی اولیه می شود و تا رسیدن به شرط خاتمه به صورت تکراری شایستگی جمعیت توسط مقادیر P_{best} و G_{best} محاسبه شده سپس سرعت و موقعیت نیز به ترتیب به روزرسانی می شوند. در آخر هم G_{best} و مقدار شایستگی آن به عنوان خروجی بیان می شوند. شرط خاتمه می تواند رسیدن به ماکسیمم تعداد نسل ها یا رسیدن به یک مقدار خاص شایستگی در G_{best} باشد. نحوه نمایش ذرات تعریف شده برای جواب های مناسب در الگوریتم بهینه سازی تجمع ذرات همانند نحوه نمایش کروموزوم ها بوده و با توجه به پیوسته آن، این نحوه نمایش به راحتی برای الگوریتم بهینه سازی تجمع ذرات نیز قابل استفاده است.

به دلیل پیوسته بودن ذات حرکت در الگوریتم تجمع ذرات از یک سو و همچنین پیوسته بودن نحوه نمایش جواب ارائه شده در الگوریتم ژنتیک، می توان از این نحوه نمایش جواب در الگوریتم تجمع ذرات نیز بهره گرفت. با این ملاحظه که چنانچه در هر بخش از نمایش جواب، حرکت منجر به خروج مقدار درایه مربوطه از بازه مجاز آن گردد، در صورت بالاتر بودن از حد مجاز، حد بالای بازه و در صورت پایین تر بودن از حد مجاز، حد پایین بازه جایگزین درایه مربوطه می شود. همچنین سایر بخش های الگوریتم تجمع ذرات طبق استانداردهای این الگوریتم اجرا می شود.

اعتبارسنجی الگوریتم های فراابتکاری

متوسط شاخص درصد انحراف نسبی برای هر یک از الگوریتم های مورد بررسی به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$RPD = \frac{(Alg_{sol}) - Best_{sol}}{Min_{Best}} \times 100$$

که Alg_{sol} ارزش هدفی است که به ازای یک آزمایش توسط یک الگوریتم به دست می آید و $Best_{sol}$ نیز بهترین مقداری است که به ازای هر آزمایش توسط تمامی الگوریتم های پیشنهاد شده، محاسبه می شود.

برای اعتبار سنجی الگوریتم های ژنتیک و بهینه سازی تجمع ذرات ارائه شده باید ابتدا نتایج آنها را با نتایج بخش 4 که از روش دقیق محاسبه شده اند، مقایسه نمود. بدین منظور، در رابطه فوق مقدار $Best_{sol}$ برابر با نتیجه به دست آمده از روش دقیق قرار داده شده است.

4) یافته‌ها

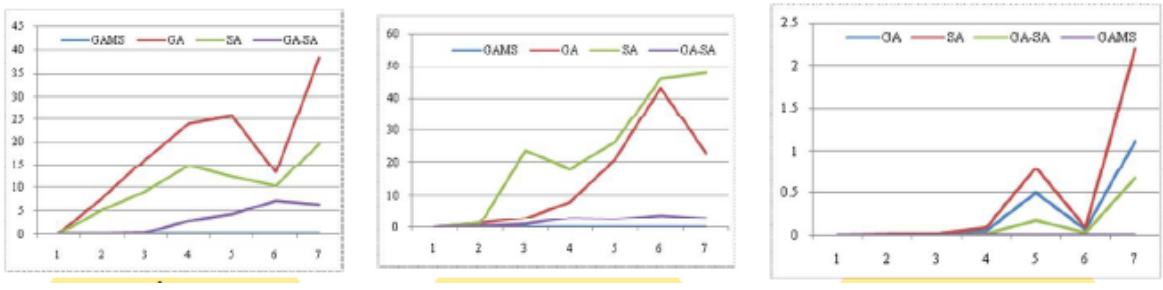
جدول 2. مثال های عددی در سایز کوچک و بزرگ

			مثالهای با سایز کوچک				مثال های با سایز بزرگ			
			2و3	4و4	8و8	9و11	12و15	16و20	8و20	20و20
تابع تولید کننده	الگوریتم	زنتیک	533	656/7	614/8	451	234	429	212	203
		ازدحام ذرات	7/552	517/2	574/3	304	191/4	292	171	150
		ترکیبی	553	671/3	757/4	565	422	645	385	35
		گمز	533	677/4	778/6	584	125708	1581894	113654	3047630
تابع خرده فرو	الگوریتم	زنتیک	12635	116453	103365	35580	125691	1574062	113208	2614296
		ازدحا	12635	116447	103055	35190	125968	1603848	114054	3435371

ش		م ذرات							
		ترکیبی	12636	116460	103706	35740	839330	118869	2453064 5
		گمز	12636	116462	103888 4	35982	854642	129453	2563897 8
تابع تامین کننده	الگوریتم	زنتیک	3061	6368	193940	37112	888623	132689	2713016 4
		ازدحام ذرات	3061	6569	228460	48419	234	212	203
		ترکیبی	3061	6984	249730	56469	191/4	171	150
		گمز	3061	7001	260763	60278	---	---	---

مقایسه شاخص GAP الگوریتم های پیشنهادی

شکل 1 مقدار شاخص انحراف از بهترین جواب یافته شده برای هر مدل را نشان می دهد که در آن، محور افقی مثال موردنظر و محور عمودی مقدار شاخص است. از شکل می توان دریافت که الگوریتم ترکیبی ژنتیک و ازدحام ذرات در مقایسه با الگوریتم های ژنتیک و ازدحام ذرات از وضعیت بهتری برخوردار بوده است.



استاکلبرگ خرده فروش استاکلبرگ تولیدکننده استاکلبرگ تأمین کننده

شکل 1. مقدار شاخص انحراف از بهترین جواب یافته شده

آزمون معناداری

در طراحی آزمایش نیز هرگاه بخواهیم اثر عاملی با بیش از دو سطح را بر متغیر پاسخ بررسی کنیم، از آنالیز واریانس یک طرفه کمک می گیریم. به این منظور بایستی پیش فرض های تصادفی، مستقل و نرمال بودن متغیر تصادفی به همراه برابری واریانس جوامع مورد بررسی قرار گیرند. با توجه به نتایج حاصل از بکارگیری نرم افزار SPSS22.0 مشخص شد که تمامی فرضها به جز فرض نرمال بودن برقرار بوده در نتیجه ابتدا با استفاده از مفهوم در صد تفاوت نسبی، جوامع نرمال شده سپس آزمون فرض انجام گرفته است. نتایج تحلیل واریانس برای سه مدل ارائه شده به شرح جداول 1،2 و 3 بوده و همچنانکه ملاحظه می کنید در هر سه حالات فرض صفر رد شده و در نتیجه نمی توان فرض برابری میانگین های جوامع را پذیرفت.

جدول 3. تحلیل واریانس فرض برابری میانگین های جوامع در مدل استاکلبرگ خرده فروش

عامل تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معناداری
بین گروه ها	0/985	2	0/493	16/283	0/000
داخل گروه ها	1/180	39	0/030		
جمع	2/165	41			

جدول 4. تحلیل واریانس فرض برابری میانگین های جوامع در مدل استاکلبرگ تولید کننده

عامل تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معناداری
بین گروه ها	2/696	2	1/348	5/058	0/011
داخل گروه ها	10/393	39	0/266		
جمع	13/089	41			

جدول 5. تحلیل واریانس فرض برابری میانگین های جوامع در مدل استاکلبرگ تامین کننده

عامل تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معناداری
بین گروه ها	109/036	2	54/518	17/335	0/000
داخل گروه ها	122/653	39	3/145		
جمع	231/688	41			

5) بحث و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر سعی شده است با استفاده از رویکرد نظریه بازی‌های غیرهمکارانه و علی‌الخصوص بازی استکلبرگ در مورد رهبری زنجیره تأمین در حالت غیرهمکارانه مدل ارائه گردد. در تحقیق حاضر زنجیره تأمین مورد بررسی دارای سه سطح شامل خرده‌فروشان، تولیدکنندگان و تأمین کنندگان بود، که به منظور دستیابی به مدلی جامع در زمینه ایجاد همکاری در زنجیره تأمین، افزایش سطوح زنجیره تأمین در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد. در ضمن، رابطه بین تولیدکنندگان و خرده‌فروشان از نوع یک به یک بود و هر تولیدکننده محصول خود را تنها به یک خرده‌فروش ارائه می‌نمود که این موضوع نیز می‌تواند در پژوهش‌های آتی بدون در نظر گرفتن تعامل یک به یک بررسی مجدد شود. در تحقیق جاری، مسئله مدیریت زنجیره تأمین سه سطحی با فرض وجود وابستگی تقاضا به قیمت فروش و هزینه بازاریابی مورد بررسی قرار گرفته است. در اینجا فرض شده است که تابع هدف بیشینه کردن سود بوده و تولید کننده، طبق قرارداد، محصول خود را فقط می تواند به یکی از خرده فروشان ارائه دهد پس درنتیجه تعداد خرده فروشان و تولیدکنندگان با یکدیگر برابر بوده و تولید کننده برای تولید محصول خود نیز می تواند از چند تأمین کننده، مواد اولیه موردنیاز را تهیه نماید. با توجه به غیر همکارانه زنجیره، در اینجا از تعادل استاکلبرگ استفاده شده است. به این منظور سه سناریو مختلف در نظر گرفته شد که در هر سناریو یکی از سطوح، نقش رهبر و باقی سطوح، نقش پیرو را خواهند داشت. هدف از این مدل ها مشخص نمودن قیمت بهینه فروش به خرده فروشان، تولید کنندگان و تأمین کنندگان و مقدار تولید اقتصادی و مقدار کمبود تولید کننده برای بیشینه سازی سود است. بعد از حل بهینه این مدل ها در ابعاد کوچک با استفاده از نرم افزار گمز و با توجه به NP-Hard بودن مدلها، از روش های فرا ابتکاری برای حل مدل استفاده و در نهایت، از چندین الگوریتم رقیب که از ادبیات موضوع برداشت شده، برای اعتبارسنجی الگوریتم پیشنهادی استفاده شده است. برای گسترش مدل، پیشنهاد می شود که شرایط زنجیره تأمین بدون در نظر گرفتن تعامل یک به یک بررسی شود، یعنی فرض شود که هر تولید کننده می تواند محصول خود را در بین تمامی خرده فروشان عرضه نماید. حل مسئله زنجیره تأمین چند سطحی در شرایط همکاری، از دیگر پیشنهادها برای مطالعات آتی می باشد.

منابع

Akbarfakhrabadi, H.R., Gheidar-Kheljani, J., & Ghodsypour, S.H. (2016). Competition modeling in coordinating a three level supply chain, Modern Research in Decision Making, 1(3), 1-22. (in Persian). https://journal.saim.ir/article_22017.html

Aust, G., & Buscher, U. (2019). Vertical cooperative advertising and pricing decisions in a manufacturer–retailer supply chain: A game-theoretic approach. European Journal of Operational Research, 223(2), 473-482. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2012.06.042

Cai, G. G., Chiang, W. C., & Chen, X. (2019).Game theoretic pricing and ordering decisions with partial lost sales in two-stage supply chains. International Journal of Production Economics, 130(2), 175-185. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.12.007

Jaber, M. Y., Osman, I. H., & Guiffrida, A. L. (2018). Coordinating a three-level supply chain with price discounts, price dependent demand, and profit sharing. International Journal of Integrated Supply Management, 2(1), 28-48. https://doi.org/10.1504/IJISM.2006.008337

Jaber, M. Y., & Goyal, S. K. (2018). Coordinating a three-level supply chain with multiple suppliers, a vendor and multiple buyers. International Journal of Production Economics, 116(1), 95-103. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.001

Hansen M. T, Noharia N. How to build collaborative advantage. MIT Sloan Management Review 2014; 46(1): 22-30. https://sloanreview.mit.edu/article/how-to-build-collaborative-advantage/
Huang, Y., Huang, G. Q., & Newman, S. T. (2017). Coordinating pricing and inventory decisions in a multi-level supply chain: A game-theoretic approach.Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 47(2), 115-129. https://doi.org/10.1016/j.tre.2010.09.011
Shin S. K, Ishman M, Sanders G. L. An empirical investigation of sociocultural factors of information sharing in China. Information & Management 2017; 44: 165–174. https://doi.org/10.1016/j.im.2006.11.004
Sinha, A., Malo, P., Frantsev, A., & Deb, K. (2017). Finding optimal strategies in a multi-period multi-leader–follower Stackelberg game using an evolutionary algorithm. Computers & Operations Research, 41, 374-385. https://doi.org/10.1016/j.cor.2013.07.010
Lim, S. J., Jeong, S. J., Kim, K. S., Park, M. W., (2006). Hybrid approach to distribution planning reflecting a stochastic supply chain. International Journal of Advance manufacturing Technology, 28, 618-625. https://doi.org/10.1007/s00170-004-2398-7
Jung, H., Jeong, B., (2004). Decentralised production-distribution planning system using collaborative agents in supply chain network. International Journal of Advance manufacturing Technology, 25, 167-173. https://doi.org/10.1007/s00170-003-1792-x
Selim, H., Ozkarahan, I., (2008). A supply chain distribution network design model: An interactive fuzzy goal programming-based solution approach. International Journal of Advance manufacturing Technology, 36, 401-418. https://doi.org/10.1007/s00170-006-0842-6
Zhang, C., & Li, S. (2006). Secure information sharing in internet-based supply chain management systems. *Journal of Computer Information Systems*, *46*(4), 18-24. https://doi.org/10.1080/08874417.2006.11645910
Zou, Z., Tseng, T. L., Sohn, H., Song, G., Gutierrez, R., (2011). A rough set based approach to distributor selection in supply chain management. Expert Systems with Applications, 38, 106-115. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.021
Zhao, J., & Wei, J. (2019). The coordinating contracts for a fuzzy supply chain with effort and price dependent demand. Applied Mathematical Modelling,38, 2476-2489. https://doi.org/10.1016/j.apm.2013.10.063
Abdoli, G., (1387). Game Theory and Applications, Tehran, Nashr Press.
Chopra, S., & Meindel, P. (2007). Supply Chain Management (Vol. 3rd edition). New York: Prenticehall. https://orca.cardiff.ac.uk/id/eprint/45603
Gumus, T. A., & Guneri, F. A. (2007). "Multi-echelon inventory management in supply chains with uncertain demand and lead times: literature review from an operational research perspective". Proceedings- Institution Of Mechanical Engineers Part B:Journal Of Engineering Manufacture, 221 , 1553-1570. https://doi.org/10.1243/09544054JEM889
Kim, D., & Lee, J. W. (1998). Optimal Joint Pricing And Lotsizing With Fixed And Virable Capacity. European Journal Of Operation Research , 212-227. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(97)00100-8
Nash, J. (1950). Equilibrium Points In N-Person Games. Proceeding Of National Academy Of Science , 48-49.
Nash, J. (1951). Non Cooperative Games. Annal Of Mathematics , 286-295.
Rasmusen, E., & Blackwell, B. (2005). Games And Information; An Introduction To Game Theory (fourth ed). Indiana: Indiana University Press. https://thuvienso.hoasen.edu.vn/handle/123456789/9973
Stadtler, H., & Kilger, C. (2007). Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software, and Case Studies (Vol. 4th edition). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55309-7

Niavand, M., Adibi, M. A., & Pourghader Chobar, A. (2024). Selection of green supplier by multi-moora combination method and two-stage clustering. *Engineering Management and Soft Computing*, *10*(1), 14-49. doi: 10.22091/jemsc.2024.10977.1181

Saadi, E., fathi, K., & Radfar, R. (2023). Designing a Multi-Objective Closed-loop Supply Chain Mathematical Model with Supplier Selection Approach and considering Discount. *Engineering Management and Soft Computing*, *8*(2), 43-71.

Nazemi, E., Yousefi Nejad Attari, M., & Ghaffari, M. (2022). Presenting and Solving a Three-layer Supply Chain Model to Maximize Quality and Minimize the Estimated Delivery Time. *Engineering Management and Soft Computing*, *7*(2), 145-177. doi: 10.22091/jemsc.2018.1544.1046