Industrial Management Perspective

Print ISSN: 2251-9874, Online ISSN: 2645-4165
Volume 12, Serial Number 45, Spring 2022, Pages 9-44 (Original Article)
DOI: 10.52547/JIMP.12.1.9

A Bi-Level Optimization Model for Supply Chain with Incremental Discount Structure

Maryam Kolyaei[*], Adel Azar[**], Ali Rajabzadeh Gatari[***], Mahmoud Dehghan Nayeri[****]

Abstract

This research aims to design a bi-level optimization model for a supply chain that integrates decentralized quantitative and qualitative decisions at strategic and tactical levels. The manufacturer, as upper-level decision-maker, offers quantity discounts to encourage customers to order more quantity. At the lower level, customers tend to obtain economies of scale by aggregating their orders through cooperative purchasing. This is one of the first studies that investigate the model of customer expectations with the optimization model of manufacturers at the same time with real data from the supply chain in order to find the optimal solutions to the problem of the medical equipment supply chain in Iran. In addition, there have been no studies to date that consider quantitative discount strategies for the seller and customer behavior in a bi-level planning model simultaneously. The results and analyses reveal that the designed bi-level model compared to the one-level model for the customer and the manufacturer is more suited to the real world and will lead to a long-term relationship between the parties through customer participation. Research suggestions and directions for future research are also provided.

Keywords: Bi-Level Optimization; Group Purchasing; Quantity Discount; Supply Chain Design; Medical Equipment Industry.

Received: May. 09, 2021; Accepted: Sep. 12, 2021.
* Ph.D Student, Tarbiat Modares University.
** Professor, Tarbiat Modares University (Corresponding Autor).
Email: Azara@modares.ac.ir
*** Associate Professor, Tarbiat Modares University.
**** Assistant Professor, Tarbiat Modares University.

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

شاپای چاپی: ۹۸۷۴-۲۲۵۱، شاپای الکترونیکی: ۴۱۶۵-۲۶۴۵

سال دوازدهم، شماره ۴۵، بهار ۱۴۰۱، ص‌ص ۹ – ۴۴ (**نوع مقاله: پژوهشی**)

DOI: 10.52547/JIMP.12.1.9

طراحی مدل بهینه‌سازی دوسطحی برای زنجیره تأمین با ساختار تخفیف پلکانی

مریم کولیائی*، عادل آذر، علی رجب‌زاده قطری***، محمود دهقان نیری*****

چکیده

هدف این پژوهش، طراحی مدل بهینه‌سازی دوسطحی برای زنجیره تأمین است؛ به‌طوری‌که تصمیم‌گیری غیرمتمرکز کمّی و کیفی را در سطوح استراتژی و تاکتیکی ادغام کند. کارخانه تولیدی در نقش تصمیم‌گیرنده سطح بالا با ارائه تخفیف مقداری، به دنبال ترغیب مشتریان به سفارش خرید بیشتر است. در سطح پایین، مشتریان به‌عنوان تصمیم‌گیرنده سطح پایین تمایل دارند با ادغام مقادیر سفارش از طریق خرید مشارکتی، به مقیاس اقتصادی دست یابند. این مدل یکی از نخستین پژوهش‌هایی است که با هدف یافتن راه‌حل‌های بهینه برای مسئله زنجیره تأمین تجهیزات پزشکی در ایران، مدل توقعات مشتریان را با مدل بهینه‌سازی تولیدکننده‌ها به‌طور هم‌زمان با داده‌های واقعی از زنجیره تأمین بررسی کرده است. طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده تاکنون هیچ مطالعه‌ای انجام نشده است که استراتژی‌های تخفیف مقداری برای فروشنده و نحوه تصمیم خرید مشتریان را به‌طور هم‌زمان به‌عنوان یک مسئله برنامه‌ریزی دوسطحی در نظر بگیرد. تحلیل‌ها حاکی از آن است که مدل طراحی‌شده دوسطحی در مقایسه با مدل تک‌سطحی برای مشتری و تولیدکننده از طریق کاهش هزینه‌ها، انطباق بیشتری با دنیای واقع دارد و به ایجاد رابطه بلندمدت بین طرفین از طریق مشارکت مشتری‌ها منجر خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: بهینه‌سازی دوسطحی؛ خرید گروهی؛ تخفیف در مقدار؛ طراحی زنجیره تأمین؛ صنعت تجهیزات پزشکی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۲۱.

* دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

** استاد، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول).

Email: Azara@modares.ac.ir

*** دانشیار، دانشگاه تربیت مدرس.

**** استادیار، دانشگاه تربیت مدرس.

۱. مقدمه

در دنیای رقابتی امروز، زنجیره‌های تأمین نقش مهمی در موفقیت کسب‌وکارها دارند. شرکت‌ها دیگر به‌عنوان واحدهای مستقل فعالیت نمی‌کنند؛ بلکه هر یک از آن‌ها عضو جدانشدنی از سیستم زنجیره تأمینی شناخته می‌شوند که در آن فعالیت دارند. این امر موجب می‌شود تا کسب‌وکارها در اتخاذ هرگونه استراتژی رقابتی به‌کل زنجیره تأمین به‌صورت یکپارچه توجه کنند [۵۱]. طراحی شبکه زنجیره تأمین از جمله فعالیت‌های مهمی است که در عملکرد کلی سیستم زنجیره تأمین مؤثر است. زنجیره به‌خوبی طراحی‌شده به کاهش هزینه و افزایش سودآوری هر یک از اعضای زنجیره کمک زیادی می‌کند [۱۶].

در حالت ساده، فرض می‌شود که تصمیمات زنجیره تأمین توسط یک تصمیم‌گیرنده متمرکز که به کل اطلاعات موجود دسترسی دارد، اخذ می‌شود. این حالت زمانی امکان‌پذیر است که تصمیم‌گیرنده واحد زنجیره تأمین را تحت کنترل داشته باشد. این نوع زنجیره تأمین یک سیستم متمرکز نامیده می‌شود. در این زنجیره شرکت‌ها عملاً از هم مستقل بوده و به‌جای افزایش سود کل زنجیره تأمین علاقه‌مند به افزایش سود شرکت خود هستند [۲۹]. در دنیای واقعی با گسترده‌شدن فعالیت شرکت‌ها و ورود به بازارهای جهانی در اغلب موارد، اعضای زنجیره تأمین دارای سطح اطلاعات مخصوص به خود و همچنین حق تصمیم‌گیری مستقل هستند؛ چراکه هر یک موجودیت اقتصادی مستقل از دیگری بوده و به دنبال تحقق بخشیدن به اهداف خود هستند. این زنجیره تأمین، یک سیستم غیرمتمرکز نامیده می‌شود و شامل مجموعه‌ای از شرکت‌ها تحت مدیریت غیرمتمرکز است که نقطه بهینه آن باید با توجه به‌کل اعضای زنجیره تأمین ازجمله تأمین‌کننده‌های مواد خام، تولیدکننده‌ها و توزیع‌کننده‌ها و طبق خواسته مشتریان اتخاذ شود [۳].در این مفهوم زنجیره تأمین را می‌توان به‌صورت یک سیستم سلسله‌مراتبی رهبر – پیرو نگریست که عناصر آن در دو سطح شامل رهبر و پیرو در زنجیره شناخته می‌شوند. این سیستم توسط رهبر کنترل می‌شود و تصمیمات هر سطح زنجیره بر تصمیم اخذشده سایر سطوح مسلماً مؤثر خواهد بود [۸]. ازجمله مسائل کلیدی در زنجیره تأمین توسعه سازوکارهایی است که اهداف اعضای مستقل زنجیره را هم‌راستا کرده و تصمیمات آن‌ها را در جهت افزایش سطح عملکرد سیستم، هماهنگ می‌کند. برنامه‌ریزی ریاضی که برای مسائل غیرمتمرکز توسعه داده شده است، «برنامه‌ریزی چندسطحی» نامیده می‌شود. در حالتی که مسئله دارای دو سطح باشد، آن را «بهینه‌سازی دوسطحی» می‌نامند که در آن یک مدل بهینه‌سازی ریاضی در محدودیت مدل بهینه‌سازی دیگر قرار می‌گیرد.

در این پژوهش ابتدا از یک مدل برنامه‌ریزی دوسطحی برای به‌حداکثررساندن سود تولیدکنندگان در سطح راهبردی استفاده می‌شود که تصمیمات فنی (تخصیص، میزان تولید در هر مرکز تولید و جریان محصولات در میان توزیع‌کنندگان) را نیز در نظر می‌گیرد تا ارزیابی

دقیق‌تری از تصمیمات کلیدی راهبردی در مورد توزیع‌کنندگان را فراهم آورد؛ همچنین به‌طور هم‌زمان به‌دنبال حداقل‌کردن هزینه کل مشتریان در یک شبکه زنجیره تأمین که مستقل از یکدیگر کار می‌کنند، است. برای به‌حداقل‌رساندن هزینه کل مشتریان باید هزینه حمل‌ونقل اضافی را که مشتری ممکن است با تهیه محصولات از یک توزیع‌کننده متحمل شود، در برابر مزایای احتمالی تخفیف‌های بیشتر با پیوستن به سازمان‌های تخفیف گروهی بزرگ‌تر محاسبه کرد. در مدل مشتریان، آن‌ها در یک‌راه‌حل بهینه همیشه به یک سازمان تخفیف گروهی می‌پیوندند. تولیدکنندگان باید بهترین مکان و تخصیص را با بهترین قیمت و بر اساس توقعات و سفارش‌های مشتری پیدا کنند تا سود خود را به حداکثر برسانند. با توجه به اینکه دو سطح تصمیم‌گیری هدف‌های متفاوتی دارند و درعین‌حال نتیجه هر سطح بر سطح دیگر تأثیر می‌گذارد، استفاده از مدل برنامه‌ریزی دوسطحی برای نشان‌دادن رفتار آن‌ها مناسب است. مدل دوسطحی با استفاده از یک مطالعه موردی در صنعت داروسازی بررسی می‌شود و نتیجه آن با نمونه مدل‌های تک‌سطحی برای تولیدکنندگان و مشتریان مقایسه و تحلیل می‌شود. در بخش بعدی، مبانی نظری و پیشینه پژوهش ارائه می‌شود. در بخش سوم، مدل‌سازی ریاضی دوسطحی فرموله و تعریف می‌شود. در بخش‌های چهارم به حل مدل و یافته‌های پژوهش پرداخته خواهد شد. درنهایت بخش پنجم به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها اختصاص دارد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

به‌طورکلی طراحی مدل‌های بهینه‌سازی زنجیره تأمین با چالش‌هایی مواجه است که نخستین و مهم‌ترین آن‌ها طراحی کارای شبکه زنجیره تأمین است. طراحی شبکه به‌مثابه پی‌ریزی اولیه، ساختار اصلی شبکه را تعیین می‌کند که به‌قطع رفتارهای بعدی سیستم زنجیره تأمین را تحت تأثیر قرار خواهد داد؛ همچنین با بزرگ‌ترشدن زنجیره‌های تأمین، تعداد فزاینده‌ای از اعضا ازجمله تأمین‌کنندگان، توزیع‌کنندگان، عمده‌فروشان و خرده‌فروشان به زنجیره تأمین موجود می‌پیوندند. این مسئله عامل ایجاد این سؤال کلیدی است که چگونه بهترین اعضای همکار را انتخاب کنیم؟ تعداد زیاد متغیرهای تصمیم‌گیری که به‌عنوان عاملی تعیین‌کننده نقش ایفا می‌کنند، مسئله را حتی پیچیده‌تر می‌کند؛ بنابراین درنظرگرفتن دامنه واقع‌گرایانه متغیرها و محدودیت‌ها در مدل مهم است تا از ساده‌سازی بیش‌ازحد مدل‌های بهینه‌سازی زنجیره تأمین جلوگیری شود.

مدل‌های سنتی زنجیره تأمین عواملی مانند تولید، کیفیت محصول، توزیع اقلام، دردسترس‌بودن نیروی کار ماهر و ساختمان‌ها، هزینه‌های حمل‌ونقل و غیره را در نظر می‌گرفتند. بااین‌حال مشاهده‌شده است که هرگونه برآورد مدل تنها در صورتی به واقعیت می‌پیوندد که مشتریان بر طبق پیش‌بینی مدل رفتار کنند؛ بنابراین درک اهمیت نیازهای مشتری در تمام تصمیمات مربوط به زنجیره، چالشی است که مدل‌های زنجیره تأمین را از توجه صرف به عوامل

سنتی به اهداف و توقعات مشتریان سوق می‌دهد و از عوامل اصلی بقای زنجیره تأمین امروزی است [۲۱]. بر طبق علیدوست و همکاران(۲۰۲۰) یکی از مهم‌ترین چالش‌های صنایع، به‌خصوص صنایع دارویی، ناهماهنگی بین اعضای زنجیره است [۱]. در بیشتر موارد، اعضای زنجیره تأمین دارو اهداف متضادی را دنبال می‌کنند که بعضاً با یکدیگر و با کل زنجیره در تضاد است. علاوه بر این، شرکت‌های موجود در زنجیره‌های تأمین بیشتر نگران زمان تحویل به‌ویژه برای محصولات حساس به زمان مانند محصولات دارویی هستند؛ درنتیجه توجه به نیاز و توقعات مشتریان و درنظرگرفتن استراتژی‌های خاص محصولات حساس به زمان در هر رویکرد یکپارچه ضروری است.

از چالش‌های راهبردی در ایجاد یک زنجیره تأمین مؤثر، بهبود استراتژی خریدوفروش است. تأمین‌کنندگان (فروشنده‌ها) معمولاً تخفیف‌هایی بر روی مقدار (تخفیف‌های کمی) ارائه می‌دهند تا مشتریان را به سفارش مقدار بیشتر ترغیب کنند. از طرف دیگر، مشتریان تمایل دارند با به‌حدنصاب‌رساندن مقدار سفارش از طریق خرید مشارکتی با عضویت در سازمان‌های خرید گروهی (سازمان‌های خرید گروهی) مقیاس اقتصادی را به‌دست آورند. مفهوم خرید گروهی از صنعت بهداشت و درمان نشئت گرفته است [۳۴]. سازمان‌های خرید گروهی به‌عنوان سازمان‌های میانی تعریف می‌شوند که میزان خرید تأمین‌کنندگان خدمات بهداشتی مانند بیمارستان‌ها، مراکز دارویی و تجهیزات پزشکی، مراکز مراقبت‌های ویژه، خانه‌های سالمندان و آژانس‌های بهداشتی را برای دریافت تخفیف‌های گروهی جمع می‌کنند [۳۴].

مشخصات اصلی سازمان‌های خرید گروهی به شرح زیر است:

- نقش میانی دارند؛ به این معنا که آن‌ها هیچ کالایی را خریدوفروش نمی‌کنند؛
- با تدارکات و فرآیندهای پرداخت سروکار ندارند؛ در عوض سفارش اعضا را برای خرید اقلام، با قیمت و مقدار مشخص جمع می‌کنند [۱۴]؛
- درآمد آن‌ها از حق عضویت ارائه‌دهندگان مراقبت‌های بهداشتی از طریق مدیریت قرارداد تأمین می‌شود [۳۴].

بررسی مبانی نظری نشان می‌دهد که سازمان‌های خرید گروهی هزینه‌های خرید را کاهش داده، آگاهی مشتری از پیشنهادها، محصولات و فناوری‌ها را افزایش می‌دهد، به‌صرفه‌جویی در هزینه‌های معامله می‌انجامد و رقابت بین تأمین‌کنندگان را افزایش می‌دهد [۲۲، ۷، ۳۱، ۲۰]. طبق بررسی اشنلر و همکاران[1] (۲۰۰۹)، متوسط پس‌انداز از طریق سازمان‌های خرید گروهی بین بیمارستان‌های ایالات‌متحده حدود ۱۸/۷ درصد گزارش شده است [۲۷]. علاوه بر این، برخی از محصولات، به‌ویژه برای مواد غذایی و دارویی، باید در مدت‌زمان محدودی مصرف شوند؛

1. Schneller, et al.

همچنین بیشتر این محصولات کاربردی هستند و این به این معنی است که محصولات در مقدار زیاد تولید می‌شوند تا از مقیاس اقتصادی برای کاهش قیمت واحد، درنتیجه هزینه‌های سربار زیاد، بهره‌مند شوند [۲۸]. این مورد به‌تنهایی به فروشندگان در ارائه تخفیف‌های حجمی به‌منظور تسریع در فروش و جلوگیری از ضررهای ناشی از خراب‌شدن و فاسدشدن انگیزه کافی می‌دهد. با این حال، مطالعات از منظر زنجیره تأمین هنوز در مراحل اولیه است. طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده تاکنون پژوهشی انجام نشده است که مشکلات فروشنده و خریدار را به‌طور هم‌زمان به‌عنوان یک مسئله برنامه‌ریزی دوسطحی در نظر بگیرد.

طراحی شبکه زنجیره تأمین با مجموعه‌ای از تصمیمات در سه سطح کلی بلندمدت (راهبردی)، میان‌مدت (فنی) و کوتاه‌مدت (عملیاتی) در ارتباط خواهد بود [۳۹]. تصمیمات راهبردی با ویژگی کلی و اصلی همه مؤلفه‌ها مانند ساختار، ظرفیت، هماهنگی، تعداد، مکان و غیره در ارتباط است. این تصمیمات نقش مهمی در اثربخشی و پاسخگویی زنجیره ایفا می‌کنند و بستر لازم را برای اتخاذ تصمیمات فنی و عملیاتی مهیا می‌سازند. تصمیمات فنی مرتبط با سیاست‌های مدیریت جریان مواد شامل سطح تولید همه کارخانه‌ها، سیاست‌های مونتاژ، سطح موجودی و غیره است. درنهایت، تصمیمات سطح عملیاتی، فعالیت‌هایی که متضمن تحویل به‌موقع کالا به مشتریان نهایی و هماهنگی شبکه لجستیک برای پاسخگویی نیاز مشتریان است را در نظر می‌گیرد [۳۵]. رویکرد طبقه‌بندی سطوح تصمیم‌گیری این پژوهش مشابه مطالعه کومار و همکاران[1] (۲۰۲۰) است که مبانی نظری مربوط به رویکردهای کمّی را در زنجیره تأمین بین سال‌های ۲۰۱۹ تا۲۰۰۰ بررسی کرده‌اند. از مطالعه آن‌ها به‌طور صریح می‌توان دریافت که پژوهشگران اغلب با سطوح تصمیم‌گیری جداگانه (عمدتاً فنی) در زنجیره‌های تأمین سروکار دارند و مطالعات بسیار کمی در مورد ادغام سطوح تصمیم‌گیری وجود دارد [۱۷].

کسب‌وکارها اغلب در یک محیط ناپایدار فعالیت دارند؛ به‌طوری‌که تصمیمات مرتبط با شبکه و سایر تصمیمات باید علی‌رغم آینده نامطمئن و عدم‌قطعیت پارامترها اخذ شوند. منابع عدم‌قطعیت در زنجیره تأمین شامل انحراف در نرخ فرایندها، سفارش‌های لغوشده و یا فوری، خرابی و یا نرخ نقص ناشی از دستگاه‌ها، دسترسی به مواد اولیه، محصول نهایی، نوسان قیمت و یا تقاضای محصول است که می‌توانند عملکرد زنجیره را با مشکل مواجه سازند [۴]. سینها و همکاران[2] (۲۰۱۸)، مرور جامعی از بهبود دوسطحی از اصول اولیه تا استراتژی‌های حل کلاسیک و تکاملی ارائه دادند. آن‌ها اذعان داشتند که بهینه‌سازی زنجیره تأمین در چند دهه اخیر موردتوجه پژوهشگران قرارگرفته شده است. آن‌ها همچنین جهت‌های پژوهشی جذابی که تاکنون توجه زیادی را از سوی پژوهشگران دریافت نکرده‌اند معرفی کردند که می‌توانند به‌عنوان

1 Kumar, et al.
2 Sinha, et al.

جهت پژوهش در آینده جذاب باشند. ازجمله آن‌ها بر اهمیت توانایی مقابله با اشکال مختلف عدم‌قطعیت که اغلب تصمیم‌گیرندگان با آن‌ها مواجه می‌شوند، تأکید داشتند [۳۰]؛ بنابراین درنظرگرفتن عدم‌قطعیت نهفته در پارامترهایی که بر زنجیره تأمین موردبررسی مؤثر هستند، از اهمیت بسزایی برخوردار است.

در جمع‌بندی موارد ذکرشده، چالش‌هایی در مسیر پیشرفت مدل‌های تصمیم‌گیری چندسطحی وجود داشت که عبارت‌اند از: ۱. طراحی ساختار مناسب، رفتارهای بعدی سیستم زنجیره تأمین را تحت تأثیر قرار خواهد داد؛ ۲. افزایش تعداد اعضای زنجیره در پی بزرگ‌ترشدن آن، نیازمند توجه به مسائل انتخاب اعضای همکار قابل‌اعتماد و کارا است؛ ۳. مسائل تصمیم‌گیری چندسطحی در مقیاس بزرگ موجب افزایش ابعاد متغیرهای مدل و درنتیجه پیچیده‌ترشدن می‌شود؛ ۴. خواسته و توقعات مشتریان عامل مهمی در خارج از حوزه اختیار و کنترل تصمیم‌گیرندگان زنجیره تأمین متمرکز است و بی‌توجهی به آن موجب تحقق‌نیافتن پیش‌بینی‌ها می‌شود؛ ۵. هدایت استراتژی‌های ادغام مقادیر خرید و قیمت‌گذاری از طریق سازمان‌های خرید گروهی برای دستیابی با تخفیف‌های مقداری موجب سوددهی سازمان فروشنده و خریدار می‌شود و هدایت آن در جهت نامناسب ممکن است موجب ضررهای جبران‌ناپذیری ازجمله ازدست‌دادن مشتریان باشد؛ ۶. اثربخشی تصمیمات اتخاذشده به توجه و لزوم ادغام تصمیمات در سطوح راهبردی، فنی و عملیاتی وابسته است که باید موردتوجه قرار گیرد؛ به همین دلیل، مدل‌های تصمیم‌گیری یا راه‌حل‌های موجود قادر نیستند تا به‌طور مؤثر در مقیاس بزرگ و تحت عدم‌اطمینان اداره شوند؛ ۷. عدم‌اطمینان و اطلاعات نامشخص باعث می‌شود که پارامترهای تصمیم‌گیری مرتبط و شرایط به‌صورت مبهم در اختیار شخصیت‌های تصمیم‌گیرنده قرار بگیرد. برخی تلاش‌های پژوهشی برای پرداختن به برخی از این چالش انجام شده است. یو و فنکی[1] (۲۰۱۷)، یک مدل برنامه‌ریزی دوسطحی عدد صحیح مختلط پیشنهاد دادند که در آن سازمان پیرو به دنبال اخذ تصمیمات با ماهیت گسسته از قبیل مکان‌یابی تسهیلات، انتخاب فناوری و ایجاد یا بستن خط تولید است [۳۷]. وو و یانگ[2] (۲۰۱۸)، یک مسئله مکان‌یابی را با استفاده از مدل‌سازی دوسطحی بهینه‌سازی کردند که مدل بهینه‌سازی مکان‌یابی تسهیلات در زنجیره را با مدل تخصیص یکپارچه کرده است [۳۶]. اگرچه پژوهش‌هایی نیز در ایران انجام گرفته است، اما بررسی مسئله زنجیره تأمین چندسطحی در ایران هنوز در مراحل ابتدایی خود قرار دارد. امیری و قمی (۱۳۹۵)، به‌منظور مدل‌سازی و حل مسئله قیمت‌گذاری و مدیریت موجودی‌ها در زنجیره تأمین سه‌سطحی، روشی پیشنهاد کردند که ابتدا با استفاده از طرح‌های آزمایشی روش‌شناسی سطح پاسخ و شبیه‌سازی توابع هدف هزینه در

1. Yue & Fengqi
2. Wu & Zhongzhen

سطح عمده‌فروشان و سود در سطح خرده‌فروشان را برآورد کرده است و درنهایت از روش الگوریتم ژنتیک برای حل مدل غیرخطی‌شان استفاده کردند [۲].

با توجه به ضرورت مطالعه سیستمی و یکپارچه زنجیره تأمین به‌صورت یک کل متشکل از مجموعه عناصر به‌هم‌پیوسته اهمیت پژوهش بیشتر در این زمینه واضح و مبرهن است. پژوهش حاضر یکی از نخستین پژوهش‌هایی است که مدل توقعات مشتریان را با مدل بهینه‌سازی تولیدکننده‌ها به‌طور هم‌زمان با داده‌های واقعی از زنجیره تأمین بررسی کرده است. پژوهش‌های پیشین بخشی از نیاز و خواسته مشتریان را در قالب توابعی به مدل بهینه‌سازی متمرکز (تک سطحی) اضافه می‌کردند؛ درحالی‌که بهینه‌سازی هم‌زمان مدل مشتریان در کنار مدل تولیدکننده به نتایج واقع‌گرایانه‌تری منجر خواهد شد. طبق بررسی‌های به‌عمل‌آمده تاکنون مطالعه‌ای انجام نشده است که استراتژی‌های تخفیف مقداری برای فروشنده و نحوه تصمیم خرید مشتریان را به‌طور هم‌زمان به‌عنوان یک مسئله برنامه‌ریزی دوسطحی در نظر بگیرد. به‌صورت بومی در ایران نیز مدلی با ویژگی ذکرشده یافت نشده است. گذشته از این در هیچ‌یک از مدل‌های طراحی‌شده برای زنجیره تأمین رویکردی جامع که تصمیمات سطوح راهبردی و فنی را به یک مدل جامع یکپارچه کند، وجود ندارد. خلاصه‌ای از پژوهش‌های مرتبط با موضوع بهینه‌سازی دوسطحی در زنجیره تأمین در جدول ۱، ارائه شده است.

جدول ۱. خلاصه‌ی از پژوهش‌های بهینه‌سازی دوسطحی زنجیره تأمین

پژوهشگر / سال	توضیح	سطح تصمیم‌گیری			ساختار تصمیم‌گیری								رویکرد مدل‌سازی	حوزه مورد بررسی
		استراتژیک	فنی	عملیاتی	محصول		تولیدکننده		توزیع کننده		مشتریان			
					M	S	M	S	M	S	M	S		
هنسن و همکاران[1]، (۲۰۰۴) [۱۱]	با توقعات مشتریان BLUFLP	*				*		*		*			Binary	ذکر نشده
اسکاپرا و چرچ[2]، (۲۰۰۸) [۲۶]	BLUFLP برای زیرساخت های حیاتی برنامه‌ریزی تولید	*				*		*		*		*	MILP	ذکر نشده

1. Hansen, et al.
2. Scaparra & Church

پژوهشگر / سال	توضیح	سطح تصمیم‌گیری			ساختار تصمیم‌گیری								رویکرد مدل‌سازی	حوزه موردبررسی
		استراتژیک	فنی	عملیاتی	محصول		تولیدکننده		توزیع‌کننده		مشتریان			
					M	S	M	S	M	S	M	S		
کارامیا و ماری[1]، (۲۰۱۶) [۶]	BLCFLP با رضایت مشتریان	*				*		*		*		*	ILP	ذکر نشده
ما و همکاران[2]، (۲۰۱۹) [۱۸]	BLCPDP													ساخت
سارانونگ لیکاسیری[3]، (۲۰۱۶) [۲۴]	با توقعات مشتریان BLUFLP	*	*			*		*		*		*	ILP	سیستم‌های زباله شده ،
مالدونادو و همکاران[4]، (۲۰۱۶) [۱۹]	با توقعات مشتریان BLUFLP	*				*		*		*		*	ILP	ذکر نشده
سارانونگ و کولین[5]، (۲۰۱۷) [۲۵]	با توقعات مشتریان BLUFLP	*	*		*		*			*		*	ILP	مدیریت نیشکر
وو و یانگ[6]، (۲۰۱۸) [۳۶]	تلفیق BLCPDP با مدل‌های تخصیص	*				*		*		*		*	MILP	صنعت آهن

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Caramia & Renato
2. Ma, et al.
3. Saranwong, et al.
4. Maldonado-Pinto, et al.
5. Saranwong & Chulin
6. Wu & Zhongzhen

پژوهشگر / سال	توضیح	سطح تصمیم‌گیری			ساختار تصمیم‌گیری								رویکرد مدل‌سازی	حوزه موردبررسی
		استراتژیک	فنی	عملیاتی	محصول		تولیدکننده		توزیع‌کننده		مشتریان			
					M	S	M	S	M	S	M	S		
فنگ و همکاران[1]، (۲۰۱۸) [۹]	در تولید PDP	*	*			*	*		*		*		MOMILP	ساخت
پژوهش حاضر	BLCPDP با تخفیف مقداری و GPOs	*	*		*		*		*		*		MILP	پزشکی

Bilevel Uncapaciated Facility Location Problem (BLUFLP)مسئله مکان‌یابی تسهیلات بدون ظرفیت دوسطحی

Bilevel Capacitated Production Distribution Problem (BLCPDP) مسئله توزیع محصول با ظرفیت دوسطحی

,

Mixed Integer Linear Programming (MILP)مسئله برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط ,

Integer Linear Programming (ILP) برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح.

Mixed-Integer Nonlinear Programming (MINLP) برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط ,

Multi-objective mixed-integer linear programming (MOMILP) برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط

Single، تک Multiple (M) چندتایی

۳. روش‌شناسی پژوهش

مدل ریاضی دوسطحی

توصیف مسئله موردمطالعه. این بخش به‌طور خلاصه مسئله موردمطالعه توضیح داده می‌شود و اطلاعات آن مبنای مدل‌سازی قرار می‌گیرد.

ایده اصلی پژوهش بر لزوم و چگونگی درنظرگرفتن توقعات مشتریان در یک مدل یکپارچه است که توسط اداره توسعه بازار یک شرکت فعال در حوزه تجهیزات پزشکی مطرح شده است. این اداره از طریق جمع‌آوری و تحلیل داده، تهیه گزارش‌های تحلیلی، نظارت مستمر بر وضعیت بازارها، اندازه‌گیری اندازه بازار، برنامه‌ریزی تولید و غیره، به تجزیه‌وتحلیل و پایش مستمر حوزه‌های مختلف در تجهیزات پزشکی مصرفی و شناسایی بازارهای جدید اهتمام دارد. اداره

1. Feng, et al.

توسعه بازار چهار محصول که دارای موقعیت استراتژیک هستند $(m_1, \cdots, m_4)$ را در طبقه‌بندی محصولات تزریقی شناسایی کرده است. محصولات تزریقی از جمله پرمصرف‌ترین اقلام مصرفی در مراکز درمانی هستند که تقاضای آن در سال جاری به دلیل شیوع ویروس کرونا نیز افزایش زیادی یافته است. محصولات در حال حاضر در دو مرکز تولید (i_1, i_2) تولید و از طریق شانزده توزیع‌کننده $(j_1, \cdots, j_{16})$ توزیع می‌شوند. مشتری این محصولات معمولاً بیمارستان‌ها، مراکز بهداشتی، کلینیک‌ها و داروخانه‌ها $(n_1, \cdots, n_{1191})$ هستند.

شرکت چهار منطقه مشتری$(k_1, \cdots, k_4)$ که بخش زیادی از تقاضا را به خود اختصاص داده‌اند، شناسایی و پیش‌بینی کرده است که احتمال ازدست‌رفتن تقاضا در آن نواحی به‌دلیل فاصله جغرافیایی زیاد از توزیع‌کننده‌های موجود و بالابودن هزینه حمل‌ونقل بسیار بالا است. وجود توزیع‌کننده محلی مطمئن عاملی اصلی از دید مشتری است. در حوزه تجهیزات پزشکی تحویل به‌موقع محصولات برای بسیاری از مشتریانی که به دریافت فوری محصولات نیاز دارند، اهمیت دارد. مشتریان در مناطقی که توزیع‌کننده‌های محلی حضور ندارند، ممکن است به توزیع‌کننده‌های دیگر متوسل شوند تا محصول موردنیاز خود را با سرعت و قابلیت اطمینان بیشتری تأمین کنند؛ درنتیجه ایجاد شبکه توزیع با درنظرگرفتن توقع مشتریان در چهار منطقه شناسایی‌شده پس از طرح در جلسه مدیران شرکت در فهرست اولویت‌های استراتژیک تولیدکننده قرار گرفته است.

نخستین گام در مدل‌سازی یک زنجیره تأمین، شناسایی زنجیره، اجزا و نحوه ارتباط آن‌ها با یکدیگر است؛ بنابراین در ابتدای امر زنجیره تأمین شرکت و صنعت بررسی شد. شکل ۱، عملیات تولید، توزیع و مصرف را در زنجیره تأمین یکپارچه پزشکی نشان می‌دهد (اندیس‌های استفاده‌شده در جدول ۲، ارائه شده‌اند). در شکل ۱، گره‌ها اعضای زنجیره تأمین را نشان می‌دهند؛ درحالی‌که جریان محصولات و اطلاعات بین گره‌های مربوطه به‌ترتیب به‌صورت خطوط یکنواخت و نقطه‌چین نشان داده شده‌اند. این شبکه یکپارچه شامل فرایندهای پیچیده لجستیکی و اطلاعاتی در بین اعضا از جمله مجموعه‌ای از مراکز تولید، مراکز توزیع و مشتریان (داروخانه‌ها یا ارائه‌دهندگان خدمات پزشکی) و سازمان‌های خرید گروهی است؛ به‌طوری‌که تولیدکننده‌ها مسئول ارائه محصول (تولید) مناسب هستند، توزیع‌کنندگان برای توزیع در مکان مناسب، مشتریان برای مقدار مناسب مصرف و سازمان‌های خرید گروهی برای اطلاعات صحیح در مورد مصرف کل مسئول هستند. مراکز تولید با دانستن تقاضای مشتریان برای انواع مختلف محصولات پزشکی، به تولید محصولات متعدد در چندین سایت با هدف ارائه خدمات به بازار از طریق توزیع‌کننده خود می‌پردازند.

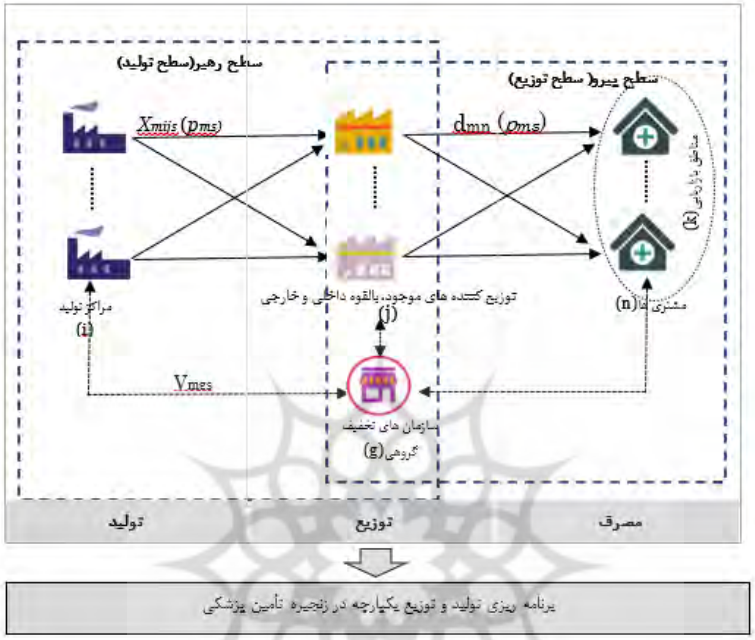
مشتریان می‌توانند محصولات خود را به‌واسطه سازمان‌های خرید گروهی تهیه کنند، یا به‌طور مستقیم به توزیع‌کننده مراجعه کنند و بدون عقد قرارداد سفارش از طریق سازمان‌های

خرید گروهی محصولات موردنیاز خود را خریداری کنند. تولیدکننده پس از دریافت سفارش‌های مشتریان از هر توزیع‌کننده بالقوه، به چیدمان شبکه توزیع با هدف به‌حداکثررساندن سود خود می‌پردازد. تولیدکننده برای داشتن ساختار توزیع بهینه باید تمام گزینه‌های بالقوه را برای توزیع محصولات خود در نظر بگیرد و منافع و معایب مربوط به هر توزیع‌کننده را محاسبه کند. به‌طورکلی طراحی شبکه توزیع را می‌توان از طریق سه نوع از توزیع‌کننده در مناطق بازاریابی (مناطقی که باید توزیع‌کننده در آن‌ها ایجاد شود) انجام داد: نخستین گزینه توزیع محصولات از طریق توزیع‌کننده‌های موجود (توزیع‌کننده‌هایی که در حال حاضر برای کارخانه مشغول به کار هستند و به توزیع محصولاتش می‌پردازد، آن‌ها لزوماً در مناطق بازاریابی حضور ندارند) انجام داد و یا از توزیع‌کننده‌های بالقوه استفاده کرد. در این پژوهش توزیع‌کننده‌های بالقوه به دو دسته توزیع‌کننده‌های داخلی و خارجی طبقه‌بندی شده‌اند. توزیع‌کننده‌های بالقوه داخلی توسط کارخانه تولیدی خریداری می‌شوند و در هزینه‌های ثابت و متغیر خود به تولیدکنندگان وابسته هستند؛ در عوض سود ناشی از فروش محصولات از طریق توزیع‌کنندگان بالقوه داخلی تماماً به تولیدکننده تعلق دارد. توزیع‌کننده‌های بالقوه خارجی به نماینده‌های فروش اطلاق می‌شود که تنها دارای قرارداد فروش محصولات آن تولیدکننده هستند. آن‌ها ازنظر هزینه مستقل از تولیدکننده بوده و محصولات را از تولیدکننده باقیمت عمده‌فروشی خریداری و به مشتریان باقیمت خرده‌فروشی عرضه می‌کنند. در شکل ۲، مکان جغرافیایی تولیدکننده‌ها با مربع (رنگ قرمز)، و توزیع‌کننده‌های موجود با شماره‌های سبز و توزیع‌کننده‌های بالقوه، اعم از داخلی و یا خارجی پس از ارزیابی اولیه با شماره‌های قرمز نشان داده شده است.

تولیدکننده تخفیف‌های کمی را به‌عنوان مکانیسمی برای تشویق مشتریان به سفارش حجم بیشتر ارائه می‌دهد که به نفع هر دو طرف خریدار و فروشنده و همچنین کل زنجیره تأمین است؛ بنابراین مشتریان ترغیب می‌شوند تا ائتلاف‌هایی از طریق سازمان‌های خرید گروهی ایجاد کرده تا در هزینه خرید صرفه‌جویی کنند. در حالتی که کاهش هزینه خرید برای موارد خریداری‌شده بیشتر از نقاط شکست (نقاطی که مقدار محصول خریداری‌شده بیش از آن مقدار مشمول تخفیف می‌شود) اعمال شود، به آن ساختار «تخفیف پلکانی» می‌گویند [۳۲]. باید توجه داشت که به‌دلیل مزایای ارائه‌شده توسط تخفیف مبتنی بر حجم در این مدل، همیشه ایجاد سازمان‌های خرید گروهی در هر منطقه بازاریابی (یعنی برای هر توزیع‌کننده) و همچنین خدمت‌دهی به هر مشتری از طریق سازمان‌های خرید گروهی همواره بهینه خواهد بود. ساختار تخفیف ویژه ارائه‌شده توسط تولیدکنندگان در این پژوهش، ساختار تخفیف پلکانی است که در شکل ۳، مشاهده می‌شود و می‌تواند به‌صورت توابع زیر، بیان شود.

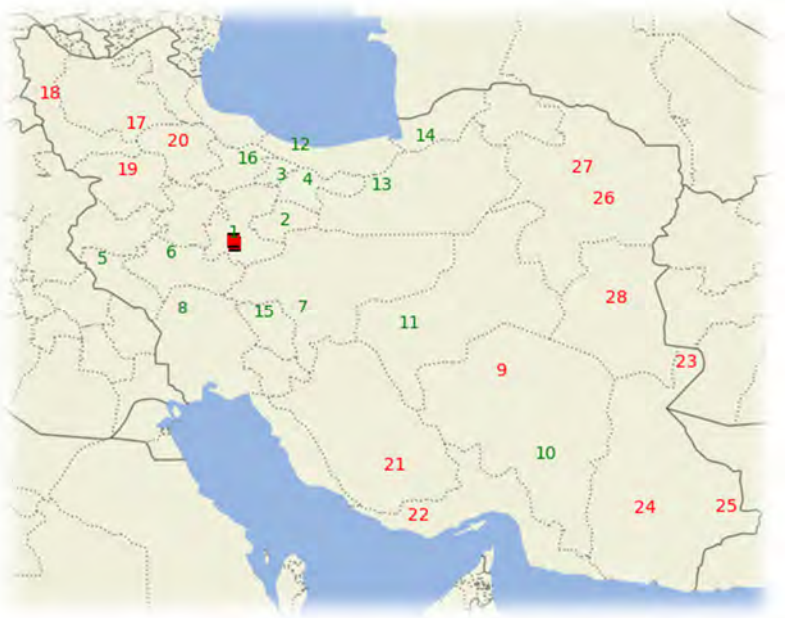
$$P(Q) = \begin{cases} p_1, & q_1 = 0 \le Q < q_2 \\ p_2, & q_2 \le Q < q_3 \\ & \vdots \\ p_n, & q_n \le Q \end{cases}$$

Q نشان‌دهنده تعداد جمع‌شده اقلام خریداری‌شده و $q_1, q_2, \dots, q_n$ نمایانگر سطوح پلکانی تخفیف است که در آن هزینه خرید واحد $p_1 > p_2 > \cdots > p_n$ تغییر می‌کند.



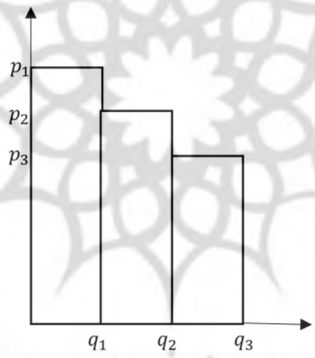
شکل ۱. برنامه‌ریزی تولید و توزیع یکپارچه در زنجیره تأمین پزشکی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



راهنما: توزیع‌کننده‌های موجود: اعداد سبز؛ توزیع‌کننده‌های بالقوه داخلی و خارجی: اعداد قرمز؛ مراکز توزیع: مربع قرمز

شکل ۲. مکان جغرافیایی توزیع‌کننده‌ها



شکل ۳. ساختار تخفیف پلکانی

مدل‌سازی ریاضی. چارچوب کلی طراحی مدل در شکل ۴، نشان داده شده است. به‌طور خلاصه، تولیدکنندگان علاقه‌مند به اطلاع از موارد زیر هستند (اهداف مدل):

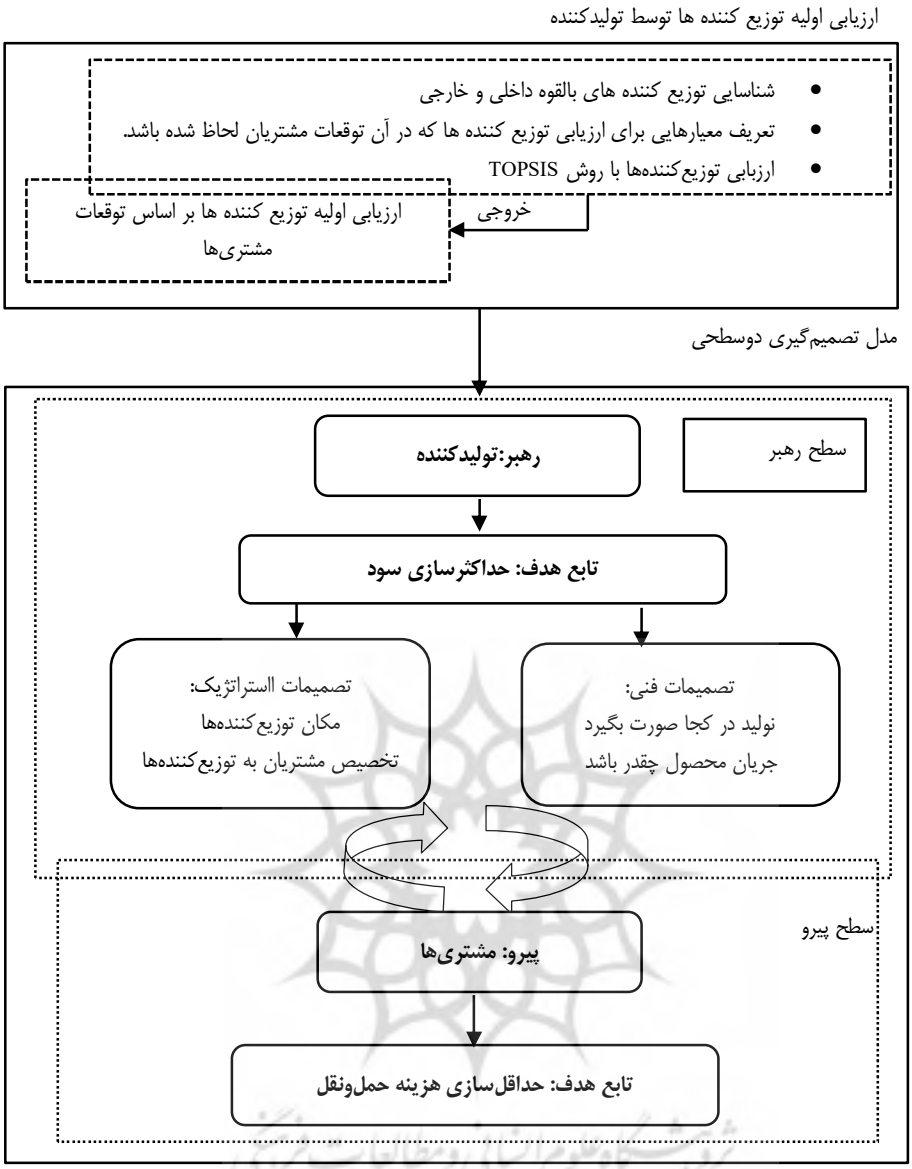
۱. مکان‌های توزیع احتمالی: به‌گونه‌ای که سود کل در تمام سطوح تصمیم‌گیری به حداکثر برسد، درعین‌حال توقعات و نیازهای مشتری برای به‌حداقل‌رساندن هزینه و خدمات تحویل آن‌ها نیز در نظر گرفته شود (به حداقل برسد)؛

۲. تأثیر توزیع‌کننده‌های جدید بر شبکه موجود زنجیره تأمین؛
۳. تخصیص محصولات به توزیع‌کننده‌ها: تعداد محصولاتی که باید در هر قسمت از شبکه توزیع شود؛ به این معنا که محصولات در کجا موردتقاضا و فروش قرار می‌گیرند؛
۴. قیمت بهینه برای فروش محصولات؛
۵. منافع و معایب مدل پیشنهادی دوسطحی در مقابل مدل تک‌سطحی (متمرکز) تولیدکنندگان و مشتریان از طریق مقایسه آن‌ها.

در ادامه مفروضات مدل ریاضی بهینه‌سازی دوسطحی زنجیره تأمین ارائه می‌شود؛ سپس مدل‌های بهینه‌سازی دوسطحی زنجیره تأمین در شرایط فعلی و بهینه پس از تعریف نمادها، متغیرها، پارامترها، هدف‌ها و محدودیت‌های هر یک از آن‌ها ارائه خواهند شد.

مدل ریاضی این مسئله تحت مفروضات خاص زیر، فرموله شده است:
۱. مدل چند محصول، چند مکان تولید و چندین توزیع‌کننده را در نظر می‌گیرد؛
۲. مسئله، طراحی شبکه زنجیره تأمین است که دارای دو سطح مدل‌سازی است: مدل سطح اول آن مسئله تولیدکننده‌ها است و مدل سطح دوم مسئله مشتریان است؛
۳. تقاضای مشتریان و موقعیت مکانی آن‌ها مشخص است؛
۴. مدل تک‌دوره‌ای است؛
۵. توزیع‌کننده‌ها را فقط می‌توان از مکان‌های ازپیش‌تعریف‌شده در مناطقی که از طریق تحقیقات بازاریابی تعیین شده‌اند، انتخاب کرد؛
۶. ظرفیت، هزینه متغیر و ثابت هر توزیع‌کننده مشخص و مستقل از تقاضای مشتری است؛
۷. هر توزیع‌کننده دقیقاً به یک سازمان خرید گروهی تعلق دارد؛
۸. بر طبق قرارداد فقط یک توزیع‌کننده باید در هر منطقه ایجاد شود؛
۹. تولیدکنندگان با توزیع محصولات خود از طریق توزیع‌کننده داخلی و خارجی سود متفاوتی کسب می‌کنند؛
۱۰. مشتریان رفتار همکارانه دارند؛
۱۱. تولیدکنندگان تحت یک برند هستند؛
۱۱. بین تولیدکننده‌ها هیچ‌گونه جریان محصولی وجود ندارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۴. ساختار پیشنهادی مسئله برنامه‌ریزی تولید و توزیع دوسطحی برای مسئله موردمطالعه

فرمول‌بندی مدل ریاضی. در این قسمت مدل ریاضی پیشنهادی بررسی می‌شود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، این مدل به‌صورت برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط است. نمادگذاری علائم و سپس فرمول‌بندی مدل ریاضی در جدول ۲، آورده شده است.

جدول ۲. نمادهای مدل ریاضی دوسطحی

نمادها	تعریف
اندیس‌ها	
m	محصولات $(m = 1, \dots, M)$
i	مراکز تول ید$(i = 1, \dots, I)$
j	مجموعه توزیع‌کننده‌های موجود، توزیع‌کننده‌های بالقوه داخلی و خارجی$(j = 1, \dots, J)$
g	سازمان‌های خرید گروهی $(g = 1, \dots, G)$
s	سطوح قیمت $(s = 1, \dots, S)$
n	مشتریان$(n = 1, \dots, N)$
k	قابل‌ذکر است که مراکز بازاریابی دقیقاً منطبق با سازمان‌های خرید $(k = 1, \dots, K)$ مناطق بازاریابی گروهی است.
نمادها	
پارامترها	
M	تعداد محصولات
I	تعداد مراکز تولید
J	تعداد مجموعه توزیع‌کننده‌های موجود، توزیع‌کننده‌های بالقوه داخلی و خارجی
G	تعداد سازمان‌های خرید گروهی
S	تعداد سطوح قیمت
N	تعداد مشتریان
K	تعداد مناطق بازاریابی به‌طوری‌که $(K = G)$
z_k	k مجموعه توزیع‌کننده‌ها در منطقه بازاریابی
m_s	s مقدار محصول در سطح قیمت
f_j	j هزینه‌های ثابت برای مکان‌یابی و تأسیس توزیع‌کننده
u_{mij}	j به توزیع‌کننده i از مرکز تولید m هزینه حمل‌ونقل محصول
$\bar{u}_{mjn}$	n به مشتری j از توزیع‌کننده m هزینه حمل‌ونقل محصول
t_{mij}	j به توزیع‌کننده i از مرکز تولید m زمان موردنیاز برای حمل‌ونقل محصول
$\bar{t}_{mjn}$	n به مشتری j از توزیع‌کننده m زمان موردنیاز برای حمل‌ونقل محصول
$t^{max}{}_{mn}$	m برای دریافت محصول n زمان دریافت موردقبول مشتری
c_{mi}	m برای تولید محصول iظرفیت مرکز تولید
$\bar{c}_{mj}$	m بر اساس محصول j ظرفیت توزیع‌کننده
p_{ms}	s در سطح قیمت m قیمت فروش محصول
d_{mn}	m برای محصول nتقاضای مشتری
b	بودجه کلی تولیدکننده برای ایجاد توزیع‌کننده‌ها
α_{ng}	حق عضویت سازمان خرید گروهی g برای مشتری n
	متغیر رهبر
Y_j	متغیر صفر یک؛ درصورتی‌که توزیع‌کننده ایجاد شود، ۱ و در غیر این صورت صفر.
X_{mijs}	s در سطح قیمت j به توزیع‌کننده i که از مرکز تولید m مقدار محصول حمل شده
	متغیر پیرو

نمادها	تعریف
A_{jn}	متغیر صفر یک؛ درصورتی‌که تقاضای مشتری n توسط توزیع‌کننده j تأمین شود، ۱ و در غیر این صورت صفر
Z_{mgs}	متغیر صفر یک؛ درصورتی‌که تقاضای سازمان خرید گروهی g برای محصول m در سطح s قیمت باشد، ۱ و در غیر این صورت صفر
V_{mgs}	تقاضای سازمان خرید گروهی g برای محصول m در سطح قیمت s

مدل سطح رهبر(مدل تولیدکننده)

$$(U): g = \max_{X,Y,V} \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{m=1}^{M}\sum_{s=1}^{S}(p_{ms} - u_{mij})X_{mijs} - \sum_{j=1}^{J} f_j Y_j \quad (۱)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j \epsilon z_k} Y_j = 1 \qquad \forall k \quad (۲)$$

$$\sum_{g=1}^{G}\sum_{s=1}^{S} V_{mgs} \le \sum_{i=1}^{I} c_{mi} \qquad \forall m \quad (۳)$$

$$\sum_{i=1}^{I} X_{mijs} = V_{mgs} \qquad \forall m, j, s, \text{g} \quad (۴)$$

$$\sum_{j=1}^{J} f_j Y_j \le b \quad (۵)$$

$$V = \text{argmin}\, f(V \mid Y)$$

$$Y_j \in \{0,1\} \qquad \forall j$$

$$X_{mijs}, V_{mgs} \ge 0 \qquad \forall m, i, j, g, s$$

که در آن V_{mgs} یک راه‌حل بهینه برای مدل پیرو زیر بر اساس تصمیمات Y_j است.

مدل سطح پیرو (مدل توقعات مشتریان)

$$(L): f(V|Y) = \min_{A,V,Z} \sum_{g=1}^{G}\sum_{m=1}^{M}\sum_{s=1}^{S} p_{ms} V_{mgs} + \sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}\sum_{j=1}^{J} u_{mjn} A_{jn} \bar{d}_{mn} + \sum_{n=1}^{N}\sum_{g=1}^{G} a_{ng} \quad (۶)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^{J} A_{jn} = 1 \qquad \forall n \quad (۷)$$

$$A_{jn} \le Y_j \qquad \forall j, n \quad (۸)$$

$$\sum_{j\in z_k}\sum_{n=1}^{N}\bar{d}_{mn}A_{jn}=\sum_{s=1}^{S}V_{mks} \qquad \forall\, k,m \qquad (۹)$$

$$0\le V_{mgs}\le m_s Z_{mgs+1} \qquad \forall\, m,g,s \qquad (۱۰)$$

$$V_{mgs}\ge m_s Z_{mgs+1} \qquad \forall\, m,g,s \qquad (۱۱)$$

$$t_{mij}+\bar{t}_{mjn}\le t^{max}{}_{mn} \qquad \forall\, m,i,j,n \qquad (۱۲)$$

$$Y_j\,, A_{jn}\in\{0,1\} \qquad \forall\, j,n$$

$$Z_{mgs}\in\{0,1\} \qquad \forall\, m,g,s$$

$$V_{mgs}\ge 0 \qquad \forall\, m,g,s$$

تابع هدف مدل سطح رهبر به‌حداکثررساندن سود تولیدکننده از تولید و توزیع چند محصول از طریق یک کانال توزیع مطلوب است؛ درحالی‌که مدل سطح پیرو نشان‌دهنده انتخاب توزیع‌کننده مناسب بر اساس توقعات مشتریان است.

تابع هدف مدل سطح رهبر (معادله ۱) شامل سه بخش است که به‌طورکلی درآمد و هزینه تولیدکننده را نشان می‌دهد. قسمت اول (p_{ms}) نمایانگر درآمد حاصل از فروش محصولات از طریق توزیع‌کننده‌ها است. قسمت دوم (u_{mij}) هزینه حمل‌ونقل بین مراکز تولید و توزیع‌کنندگان را نشان می‌دهد. قسمت آخر (f_j) نشان‌دهنده هزینه ثابت مربوط به ایجاد توزیع‌کننده‌ها است. محدودیت ۲، تضمین می‌کند که دقیقاً یک توزیع‌کننده در هر منطقه بازاریابی ایجاد خواهد شد. محدودیت ۳، تضمین می‌کند که تقاضای کل سازمان‌های خرید گروهی از ظرفیت کل مراکز تولید فراتر نمی‌رود. محدودیت ۴، به‌عنوان محدودیت شبکه، نشان می‌دهد که تعداد محصولات منتقل‌شده به هر توزیع‌کننده برابر با تقاضای توزیع‌کننده است که توسط سازمان‌های خرید گروهی همتای خود گزارش می‌شود. محدودیت ۵، محدودیت بودجه است و این اطمینان را می‌دهد که تصمیم در مورد ایجاد توزیع‌کننده‌های جدید در محدوده بودجه تعیین‌شده تولیدکننده باشد.

محدودیت ۶، عملکرد هدف مدل سطح پیرو است که کل هزینه عملیاتی شامل هزینه‌های خرید و حمل‌ونقل و همچنین حق عضویت سازمان‌های خرید گروهی را در بین مشتریان به حداقل می‌رساند. محدودیت ۷، نشان می‌دهد که هر مشتری به یک و فقط یک توزیع‌کننده اختصاص داده شود. محدودیت ۸، نشان می‌دهد که تنها در صورت ایجاد توزیع‌کننده مشتری می‌تواند از آن خدمات دریافت کند. محدودیت ۹، تضمین می‌کند که محصولات حمل‌شده به مشتریان برابر با تقاضای کل آن‌ها است که توسط سازمان‌های خرید گروهی گزارش شده است.

محدودیت‌های اعمال‌شده توسط ساختار تخفیف در محدودیت‌های ۱۰ و ۱۱، نشان داده‌شده است. محدودیت ۱۲، بازه زمانی موردقبول مشتریان برای دریافت محصولات را نشان می‌دهد.

حل مدل. پس از طراحی مدل و جمع‌آوری پارامترها، نوبت به حل آن می‌رسد. همان‌طور که از نظر گذشت، وسعت و حجم مدل طراحی‌شده به لحاظ تعداد متغیرها و حجم پارامترها زیاد است، بنابراین به‌دلیل پیچیدگی بالای مدل و زمان‌بربودن فرآیند حل، مدل‌های بالا با زبان برنامه‌نویسی جولیا کدنویسی و با solver(CPLEX) حل شد؛ به‌نحوی‌که داده‌های ورودی از فایل‌های txt. فراخوانده شده و خروجی‌های حاصل از حل در فایل با فرمت مشابه انتقال داده شد. به‌این‌ترتیب کارایی محاسباتی نیز افزایش یافت؛ همچنین تعداد حل مدل‌های قطعی درمجموع سه مرتبه (یک‌بار به‌منظور حل مدل بهینه‌سازی دوسطحی (برای حل و مقایسه ۸۱ مدل دوسطحی متفاوت که به‌ازای تمامی حالات ممکن برای توزیع‌کننده‌ها است)، یک‌بار به‌منظور حل مدل بهینه‌سازی تولیدکننده و یک‌بار به‌منظور حل مدل بهینه‌سازی مشتریان) است. جدول ۳، تعداد متغیرها و محدودیت‌های مدل‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۳. نوع و تعداد متغیرها

مدل	متغیرها		محدودیت‌ها	
	پیوسته	صفرویک	عادی	غیر صفر
دوسطحی	۳۳۶	۳۳۶۸۴	۳۵۴۳۵	۲۰۱۹۹۲
تولیدکننده (رهبر)	۱۰۰۸	۳۳۷۱۲	۳۵۷۹۱	۱۰۳۰۹۶
مشتری (پیرو)	۳۳۶	۳۳۵۷۲	۳۵۴۳۵	۲۳۵۳۴۰

رویکرد حل. رویکرد حل مسئله این پژوهش، ترکیبی از فنون کیفی و کمّی تحقیق در عملیات است بدین‌صورت که ابتدا با استفاده از فنون کیفی تحقیق در عملیات «تکنیک تاپسیس» توزیع‌کننده‌ها برای هر منطقه مشتریان رتبه‌بندی می‌شوند و از میان آن‌ها بر طبق نظر خبرگان توزیع‌کننده‌هایی که رتبه‌های برتر را به‌دست آوردند، در مدل بهینه‌سازی ریاضی پژوهش (از فنون کمّی تحقیق در عملیات به‌شمار می‌رود) استفاده می‌شود؛ همچنین به‌دلیل ابهام در نظر خبرگان در مرحله کیفی از رویکرد فازی استفاده شد.

در ارتباط با ارزیابی توزیع‌کننده‌ها سه گام زیر به‌طور خلاصه انجام می‌شود:

ـ شناسایی توزیع‌کننده‌های بالقوه؛

ـ تعیین معیارهای مناسب برای انتخاب توزیع‌کننده؛

ـ ارزیابی توزیع‌کننده‌ها با استفاده از مدل تاپسیس فازی«تکنیک رتبه‌بندی اولویت‌ها از طریق تشابه با راه‌حل ایده آل» و تعیین بهترین توزیع‌کننده‌ها.

در گام نخست، بیش از یک‌صد توزیع‌کننده بالقوه شناسایی شده که پس از ارزیابی و بررسی اولیه، طبق نظر واحد توسعه (شامل مدیر واحدD_1 و دو تصمیم‌گیرنده(D_3 و D_2)) تعداد ۳۰ توزیع‌کننده بالقوه شناسایی شدند که از این تعداد بر اساس نتایج محاسبات روش تاپسیس فازی تعداد ۱۲ توزیع‌کننده برای پخش قطعات موردنیاز واجدالشرایط شناخته شدند و باید در ادامه بر اساس معیارهای کیفی ارزیابی شوند. از این تعداد توزیع‌کننده بر اساس سیاست‌های تعیین‌شده توسط تولیدکننده، پس از حل مدل بهینه‌سازی دوسطحی، یک توزیع‌کننده به‌ازای هر منطقه مشتری انتخاب خواهد شد؛ بنابراین در گام دوم باید معیارهای مناسب برای انتخاب توزیع‌کننده شناسایی شوند. بر اساس نظر خبرگان، مطالعه مبانی نظری و صنعت دسته‌بندی و معیارهای اتخاذشده برای ارزیابی توزیع‌کننده‌ها بر اساس «دسته‌بندی‌های مربوط به توزیع‌کننده» و «دسته‌بندی‌های مربوط به محصول» و همچنین کد مربوط به هر دسته در ادامه ارائه شد.

دسته‌بندی‌های مربوط به توزیع‌کننده C_1: تحویل به‌موقع (S_1)، نوآوری (S_2)، سازمان‌دهی و مدیریت (S_3)، قابلیت اطمینان (S_4)، موقعیت جغرافیایی (S_5)، خدمات به مشتری (S_6)

دسته‌بندی‌های مربوط به محصول C_2: قیمت(S_7)، کیفیت(S_8).

مفروضات استفاده‌شده در مدل تاپسیس فازی به شرح زیر است:

$D = (D_1, D_2, \dots, D_T)$ ؛ به‌طوری‌که T مجموعه تصمیم‌گیرندگان را تشکیل می‌دهد.

$A = (A_1, A_2, \dots, A_M)$ ؛ به‌طوری‌که M مجموعه گزینه‌ها را تشکیل می‌دهد.

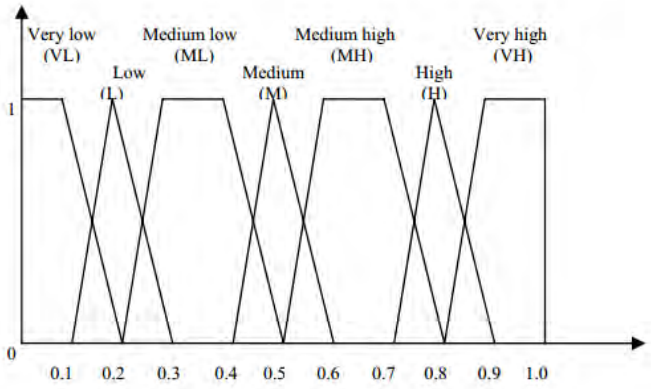
$C = (C_1, C_2, \dots, C_N)$ ؛ به‌طوری‌که N مجموعه معیارها را تشکیل می‌دهد.

$S = (S_1, S_2, \dots, S_J)$ ؛ به‌طوری‌که J مجموعه زیر معیارها را تشکیل می‌دهد و $\sum_{j=1}^{n} l_j = l$

$x_{ijk}^{\sim t}, i = 1, \dots, m,\ j = 1 \dots, lj,\ t = 1, \dots T$ ؛ رتبه فازی گزینه‌های A_m با توجه به معیار C_n و زیر معیار S_j توسط تصمیم‌گیرنده D_t است.

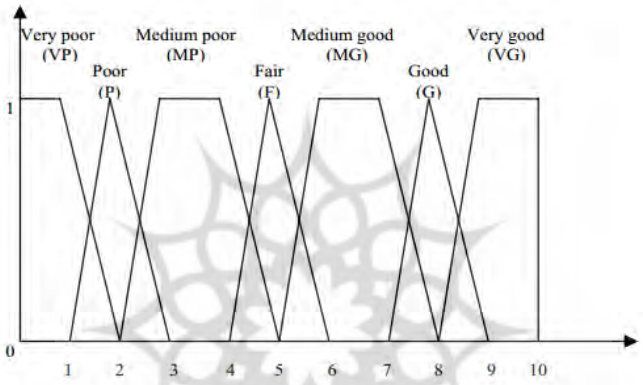
علاوه بر این، فرض بر این است که تصمیم‌گیرندگان از متغیرهای زبانی نشان‌داده‌شده در شکل ۵، برای ارزیابی اهمیت هر معیار و در شکل ۶، برای ارزیابی هر گزینه با توجه به هر معیار استفاده می‌کنند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



راهنما: VL (خیلی کم)، L (کم)، ML (تقریباً کم)، M (متوسط)، MH (تقریباً زیاد)، H (زیاد)، VH (خیلی زیاد)

شکل ۵. متغیرهای زبانی برای اهمیت هر معیار



راهنما: VP (خیلی ضعیف)، P (ضعیف)، MP (تقریباً ضعیف)، F (منصف)، MG (تقریباً خوب)، G (خوب)، VG (خیلی خوب)

شکل ۶. متغیرهای زبانی برای اهمیت هر گزینه

بنابراین اهمیت تجمعی فازی $(\widetilde{w_j})$ هر معیار j، اهمیت فازی $(\widetilde{U_{jk}})$ بر اساس زیرمعیار k و معیار j و رتبه‌بندی فازی $(\widetilde{X_{ijk}})$ هر گزینه i بر اساس زیرمعیار k و معیار j به‌ترتیب به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.

$\widetilde{W_j}=(W_{j1}, W_{j2}, W_{j3}, W_{j4})$, $\widetilde{U_{jk}}=(U_{jk1},U_{jk2},U_{jk3},U_{jk4})$, $(\widetilde{X_{ijk}})=(a_{ijk}, b_{ijk}, c_{ijk}, d_{ijk})$

به‌طوری که:

$$w_{j1} = \min\{w_{j1}^t\}, w_{j2} = \sum_{t=1}^{T} w_{j2}^t /T, w_{j3} = \sum_{t=1}^{T} w_{j3}^t /T, w_{j4} = \max_t\{w_{j1}^t\}; \quad (۱۳)$$

$$u_{jk1} = \min\{u_{jk1}^t\}, u_{jk2} = \sum_{t=1}^{T} u_{jk2}^t /T, u_{jk3} = \sum_{t=1}^{T} u_{jk3}^t /T, u_{jk4} = \max_t\{u_{jk4}^t\}; \quad (۱۴)$$

$$a_{ijk} = \min\{a_{ijk}^t\}, b_{ijk} = \sum_{t=1}^{T} b_{ijk}^t /T, c_{ijk} = \sum_{t=1}^{T} c_{ijk}^t /T, d_{ijk} = \max_t\{d_{ijk}^t\}. \quad (۱۵)$$

همچنین ماتریس تصمیم فازی نرمال‌شده به شرح زیر به‌دست می‌آید:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ijk}]_{m,}; \quad (۱۶)$$

به‌طوری که:

$$\tilde{r}_{ijk} = \left(\frac{a_{ijk}}{\max_i\{d_{ijk}\}}, \frac{b_{ijk}}{\max_i\{d_{ijk}\}}, \frac{c_{ijk}}{\max_i\{d_{ijk}\}}, \frac{d_{ijk}}{\max_i\{d_{ijk}\}}\right), \quad i = 1, \dots, \quad j = 1,2, \dots, n \quad k = 1,2, \dots, l_i \quad (۱۷)$$

روش نرمال‌سازی ذکرشده در بالا برای حفظ دامنه اعداد فازی نرمال شده در دامنه [0, 1] استفاده می‌شود؛ سپس ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمال شده به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$V_{ijk} = P(\tilde{r}_{ijk} * \tilde{u}_{jk} * \tilde{w}_j) = \frac{1}{6}(a_{ijk} + 2b_{ijk} + 2c_{ijk} + d_{ijk}) * \frac{1}{6}(u_{jk1} + 2u_{jk2} + 2u_{jk3} + u_{jk4}) * \frac{1}{6}(w_{j1} + 2w_{j2} + 2w_{j3} + w_{j4}) \quad (۱۸)$$
$$i = 1,2, \dots, m, \quad j = 1,2, \dots, n, \quad k = 1,2, \dots, l_j.$$

بنابراین داریم:

$$V = [V_{ijk}]_{m*1}, \quad i = 1,2, \dots, m, \quad j = 1,2, \dots, n, \quad k = 1,2, \dots, l_j, \quad l = \sum_j l_j \quad (۱۹)$$

پس از ساخت ماتریس تصمیم‌گیری نرمال، می‌توان راه‌حل ایده‌آل مثبت (A^+) و راه‌حل ایده‌آل منفی (A^-) را به‌صورت زیر تعریف کرد:

$$A^* = (V_{11}^*, V_{12}^*, \dots, V_{nl_n}^*), \quad (۲۰)$$

$$A^- = (V_{11}^-, V_{12}^-, \dots, V_{nl_n}^-), \quad (۲۱)$$

که در آن:

$$V_{jk}^{*} = \max_i\{V_{ijk}\}, \quad (۲۲)$$

$$V_{jk}^{-} = \min_i\{V_{ijk}\} \quad for\ i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,n \quad k = 1,2,\dots, \quad (۲۳)$$

فاصله هر گزینه از A^* و A^- می‌تواند به شرح زیر محاسبه شود:

$$D_i^{*} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l_i}(V_{ijk} - V_{jk}^{*})^2}, i = 1,\dots,m, \quad (۲۴)$$

$$D_i^{*} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{l_i}(V_{ijk} - V_{jk}^{-})^2}, i = 1,\dots,m, \quad (۲۵)$$

در آخر، ضریب نزدیکی ($\overline{C_i}$) گزینه A_i برای راه‌حل ایده‌آل به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\overline{C_i} = \frac{D_i^{-}}{D_i^{-} + D_i^{*}}, \quad i = 1,2,\dots,m. \quad (۲۶)$$

بدیهی است که $\overline{C_i} \in [0,1]$ و به‌علاوه هرچه $\overline{C_i}$ بیشتر باشد، گینه A_i به راه‌حل ایده‌آل مثبت نزدیک‌تر و از راه‌حل ایده‌آل منفی دورتر است؛ بنابراین با وجه به ضریب نزدیکی می‌توان گزینه‌ها را رتبه‌بندی کرد تا گروه تصمیم‌گیرنده بهترین گزینه را در بین آن‌ها انتخاب کنند.

در ادامه اطلاعات مرتبط با توزیع‌کننده‌ها با رتبه برتر برای ورود به مدل بهینه‌سازی دوسطحی جمع‌آوری می‌شوند. مدل بهینه‌سازی دوسطحی از مهم‌ترین زمینه‌های تحقیق برنامه‌نویسی ریاضی است. این مسئله به‌عنوان یک مسئله برنامه‌ریزی ریاضی تعریف می‌شود که در آن مسئله سطح پایین به‌عنوان محدودیت در مسئله سطح بالا در نظر گرفته می‌شود [۳۳]. ساده‌ترین مدل مسئله بهینه‌سازی دوسطحی که در آن مسئله به‌صورت خطی و همه توابع آن پیوسته است نیز NP-Hard است. این ویژگی باعث می‌شود که در این مسائل یافتن راه‌حل بهینه و راه‌حل دقیق در مدت‌زمان کوتاه بسیار دشوار باشد [۶].

ایده اصلی برای رویکرد حل مبتنی بر مفهوم بازی استکلبرگ است؛ به‌طوری‌که تصمیم‌گیرنده سطح بالا (رهبر) ابتدا تصمیم می‌گیرد؛ سپس تصمیم‌گیرندگان سطح پایین (پیروان) آن تصمیم را به‌عنوان ورودی برای تصمیم خودشان در نظر می‌گیرند [۱۱].

مدل مطرح‌شده در این پژوهش از دو سطح تشکیل شده است که در آن تولیدکننده (رهبر) تصمیم می‌گیرد تا هدف خود را بهینه کند؛ سپس از پیروان (مشتریان) می‌خواهد تا یک راه‌حل

بهینه برای اهداف خود ارائه دهند. این روند ادامه می‌یابد تا زمانی که راه‌حل بهینه مسئله بهینه‌سازی دوسطحی به‌طور هم‌زمان برای مسائل سطح بالا و پایین پیدا شود. در الگوریتم پژوهش حاضر، تصمیمات مشتریان فقط به محل قرارگیری توزیع‌کننده‌ها بستگی دارد نه به چگونگی تأمین توزیع‌کننده‌ها توسط تولیدکننده.

رویکرد حل می‌تواند در سه سطح تصمیم‌گیری به‌صورت زیر تقسیم شود:

ـ انتخاب توزیع‌کنندگان و مکان‌های توزیع‌کننده‌ها از طریق برشمردن تمام تصمیمات احتمالی مکان توزیع (Y_j)؛

ـ خرید بهینه توسط مشتریان (با حل مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح سطح پایین)؛

ـ کمترین هزینه تولید و حمل‌ونقل به مراکز توزیع با حل مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح سطح بالا به‌ازای متغیر ثابت Y_j و V_{mgs}.

ازآنجاکه گزینه‌های احتمالی زیادی برای توزیع‌کنندگان جدید وجود ندارد، می‌توان تمام زیرمسائل را برای هر گزینه توزیع‌کننده تولید و حل کرد؛ به‌این‌ترتیب می‌توان به راه‌حل بهینه گلوبال دست یافت. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، تصمیم مطلوب برای مشتریان همیشه بر این است که کالاهای خود را از طریق یک سازمان خرید گروهی سفارش دهند؛ بنابراین فقط یک سازمان خرید گروهی در مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح به ازای هر توزیع‌کننده مجاز است.

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

حل مدل کیفی – ارزیابی توزیع‌کننده‌ها بر اساس روش تاپسیس فازی. به‌منظور ارزیابی اولیه توزیع‌کننده‌ها یک گروه تصمیم‌گیری متشکل از سه تصمیم‌گیرنده اصلی از واحد توسعه تشکیل شدند. آن‌ها ابتدا توزیع‌کننده‌های بالقوه را شناسایی کردند. پس از یک بررسی اولیه بر طبق نظر کارشناسی، ۳۰ گزینه برای ارزیابی بیشتر باقی مانده است. پس از تعیین معیارهای ارزیابی، اعضای گروه اهمیت معیارها و زیرمعیارها را تعیین کردند که نتایج در جدول‌های ۴ و ۵، ارائه شده است. به همین ترتیب، هر توزیع‌کننده با توجه به زیرمعیارها ارزیابی می‌شود. جدول ۵، همچنین روند ارزیابی برای توزیع‌کننده ۱ را نشان می‌دهد. این فرایند برای سایر توزیع‌کننده‌ها نیز تکرار می‌شود. ماتریس تصمیم فازی نرمال شده و ماتریس تصمیم نرمال این مسئله در جداول ۶ و ۷ آورده شده است. راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی در جدول ۷، نشان داده شده است. اکنون می‌توان رتبه توزیع‌کننده‌ها را به‌دست آورد. بر این اساس فاصله هر گزینه از راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی و رتبه توزیع‌کننده‌ها در جدول ۸، محاسبه شده است. بر اساس نظر کارشناسان توزیع‌کننده‌های با ضریب نزدیکی بیش از ۵۵ درصد برای بررسی بعدی انتخاب شدند؛ به‌عبارت‌دیگر ۱۲ توزیع‌کننده با رتبه برتر در مدل ریاضی دوسطحی بررسی خواهند شد.

جدول ۴. ارزیابی اهمیت توزیع‌کننده‌ها بر اساس معیارها

معیارها	D_1	D_2	D_3	اعداد فازی			وزن دسته‌ها
C_1	VH	H	VH	(۰/۸، ۱، ۱) (۰/۹)	(۰/۸، ۰/۹، ۱) (۰/۷، ۰/۸)	(۰/۸، ۰/۹، ۱، ۱) (۰.۹، ۱، ۱)	(۰/۸۷، ۰/۹۳، ۱) (۰/۷)
C_1	M	H	VH	(۰/۵، ۰/۶) (۰/۴، ۰/۵)	(۰/۸، ۰/۹) (۰/۷)	(۰/۸، ۱، ۱) (۰/۹، ۱، ۱)	(۰/۸۳، ۱) (۰/۵، ۰/۷۷)

جدول ۵. ارزیابی اهمیت توزیع‌کننده‌ها بر اساس زیر معیارها

زیر معیارها	D_1	D_2	D_3	وزن تجمعی زیرمعیارها	D_1	D_2	D_3	وزن تجمعی توزیع‌کننده ۱
S_1	M	M	ML	(۰/۵، ۰/۷۷، ۰/۸۳، ۱)	MP	MP	P	(۷، ۸، ۸، ۹)
S_2	H	MH	H	(۰/۴، ۰/۶۳، ۰/۶۷، ۰/۹)	MG	MG	MG	(۷، ۷/۸، ۸/۳، ۱۰)
S_3	H	H	M	(۰/۲، ۰/۴۳، ۰/۴۷، ۰/۶)	G	G	VG	(۱، ۲/۶۷، ۳/۳۳، ۵)
S_4	VH	H		(۰/۷، ۰/۸۷، ۰/۹۳، ۱)	G	VG	VG	(۸، ۹، ۱۰، ۱۰)
S_5	M	H	VH	(۰/۹، ۰/۸، ۱، ۱)	VG	G	G	(۸، ۹، ۱۰، ۱۰)
S_6	VH	VH	VH	(۰/۹، ۰/۸، ۱، ۱)	VG	VG	VG	(۸، ۹، ۱۰، ۱۰)
S_7	M	MH	MH	(۰/۴، ۰/۵۷، ۰/۶۳، ۱)	MP	MP	P	(۱، ۲/۶۷، ۳/۳۳، ۵)
S_8	MH	H	VH	(۰/۵، ۰/۷۷، ۰/۸۳، ۱)	G	G	G	(۷، ۸، ۸، ۹)

جدول ۶. ماتریس تصمیم فازی نرمال‌شده

معیار	توزیع‌کننده زیرمعیار	توزیع‌کننده ۱	توزیع‌کننده ۲	. . . توزیع‌کننده ۳۰
C_1	S_1	(۰/۷، ۰/۸، ۰/۹)	(۰/۶، ۰/۴۷، ۰/۴۳، ۰/۲)	(۰/۹، ۰/۶۷، ۰/۶۳، ۰/۲)
	S_2	(۰/۷، ۰/۸۳، ۰/۸۷، ۱)	(۰/۷، ۰/۸۳، ۰/۸۷، ۱)	(۰/۹، ۰/۸، ۰/۸، ۰/۷)
	S_3	(۰/۱، ۰/۲۷، ۰/۳۳، ۰/۵)	(۰/۱، ۰/۲۳، ۰/۲۷، ۰/۵)	(۰/۱، ۰/۲۳، ۰/۲۷، ۰/۵)
	S_4	(۰/۸، ۰/۹، ۱، ۱)	(۰/۸، ۰/۹، ۱، ۱)	(۰/۸، ۰/۹، ۱، ۱)
	S_5	(۰/۸، ۰/۹، ۱، ۱)	(۰/۸، ۰/۹، ۱، ۱)	(۰/۸، ۰/۹، ۱، ۱)
	S_6	(۰/۸، ۰/۹، ۱، ۱)	(۰/۸، ۰/۹، ۱، ۱)	(۰/۸، ۰/۷، ۰/۶، ۰/۵)
C_2	S_7	(۰/۱، ۰/۲۷، ۰/۳۳، ۰/۵)	(۰/۵، ۰/۷۷، ۰/۸۳، ۱)	(۰/۵، ۰/۷۳، ۰/۷۷، ۰/۹)
	S_8	(۰/۷، ۰/۸، ۰/۸، ۰/۹)	(۰/۴، ۰/۷۳، ۰/۷۷، ۱)	(۰/۴، ۰/۵۳، ۰/۵۷، ۰/۸)

جدول ۷. ماتریس تصمیم نرمال

معیار	C_1							C_2	
زیرمعیار	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
توزیع‌کننده ۱	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۱۱	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۱۴	۰/۴۹
توزیع‌کننده ۱	/۳۰	۰/۴۹	۰/۱	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۳۷	۰/۴۵
⋮				⋮				
توزیع‌کننده ۳۰	۰/۴۰	۰/۴۶	۰/۱۰	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۵۴	۰/۳۴	۰/۳۵

جدول ۸. راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی

A^+	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۱۷	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۷۷	۰/۳۸	۰/۵۴
A^-	۰/۳	۰/۳۹	۰/۱	۰/۶۹	۰/۷۷	۰/۵۴	۰/۱۴	۰/۳۵

جدول ۹. ارزیابی نهایی توزیع‌کننده‌ها

توزیع‌کننده‌ها	(D_i^+)	(D_i^-)	$\overline{C}_i$	رتبه
توزیع‌کننده ۱	۰/۳۰۳۱۵۰۱۲	۰/۷۸۵۴۲۹۸۱	۰/۷۲۱۵۱۸	۱
توزیع‌کننده ۲	۰/۳۲۸۳۲۹۱۰	۰/۶۸۹۷۸۲۵۷	۰/۶۷۷۵۱۲	۲
⋮				
توزیع‌کننده ۳۰	۰/۷۰۹۵۰۶۸۷	۰/۳۶۹۳۲۳۷۰	۰/۳۴۲۳۳۷	۳۰

حل مدل بهینه‌سازی دوسطحی. نتایج حل مدل بهینه‌سازی دوسطحی در جدول ۱۰، ارائه شده است. همان‌طور مشاهده می‌شود که مقدار سود تولیدکننده‌ها، ۵۱۲۰ بیلیارد و هزینه مشتریان ۷۱۷۰ بیلیارد ریال برآورد شده است. در این سطح مقدار تولید برابر با مقدار تقاضا ۱۹۷۱/۷ بیلیارد برای ۴ محصول و درمجموع ۱۱۹۱ مشتری است؛ همچنین سطوح قیمت و مقدار محصول خریداری‌شده در آن سطح در جدول ۱۰، ارائه شده است. به‌طورکلی ۱۱۳۶/۲ بیلیارد قطعه محصول در سطح ۱، ۵۶۱ بیلیارد محصول در سطح ۲ و ۲۷۴/۵ قطعه محصول در سطح ۳ برآورد شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، چهار توزیع‌کننده جدید در مناطق استراتژیک مشتریان متشکل از دو توزیع‌کننده داخلی (شماره ۱۹ و ۲۲) و دو توزیع‌کننده خارجی (شماره ۲۴ و ۲۷) انتخاب شده‌اند. با استفاده از مکان و تخصیص جدید، مشتریان توزیع‌کنندگان ۲، ۳ و ۱۲ به سایر توزیع‌کننده‌ها تخصیص می‌یابند و بنابراین بازنگه‌داشتن آن‌ها مقرون‌به‌صرفه نیست؛ همچنین تولیدکنندگان باید احتیاط بیشتری نسبت به بازنگه‌داشتن توزیع‌کننده شماره ۱ داشته باشند؛ زیرا تقاضای محصولات آن بسیار کم است. نتایج مکان‌یابی و تخصیص راه‌حل بهینه مسئله بهینه‌سازی دوسطحی روی نقشه ایران در شکل ۷، نشان داده شده است. یادآوری این نکته لازم

است که مکان‌های توزیع با عدد مرتبط آن‌ها مشخص شده‌اند و رنگ توزیع‌کننده‌ها و مشتریان منتسب آن‌ها یکسان است.

جدول ۱۰. نتایج حل مدل بهینه دوسطحی

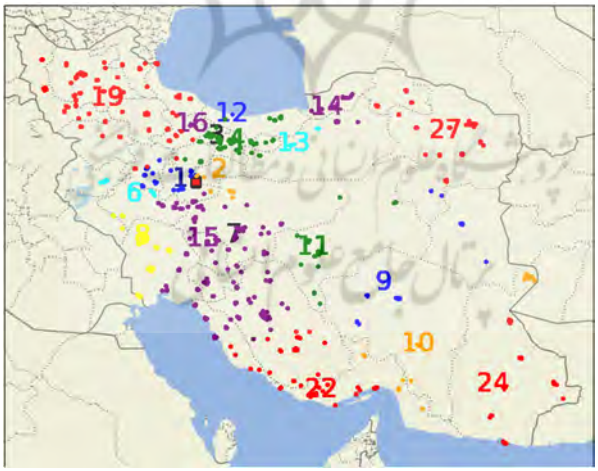
مرکز توزیع	نوع تخصیص	تقاضا (بیلیارد)												تقاضای کلی
		محصول ۱			محصول ۲			محصول ۳			محصول ۴			
		سطح قیمت			سطح قیمت			سطح قیمت			سطح قیمت			
		۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	
۱	موجود	۴۶	۱۸/۹	-	-	۱۸	-	-	۱۳/۸	-	-	۱۴/۹	-	۶۵/۵
۲	موجود	۲۶	۲۴/۱	-	-	۲۴	-	-	۱۵	-	۵	۱۵	-	۸۷/۱
۳	موجود	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰
۴	موجود	۱۴۱	۳۰	-	۴۱	۳۵	۳۷	-	۱۵	۵	۳۰	۱۵	۱۰	۲۴۸
۵	موجود	۲۷	۱۴/۹	-	-	۱۵	-	-	۱۰/۱	-	-	۹/۱	-	۴۹/۱
۶	موجود	۲۱	۱۲/۷	-	-	۱۴	-	-	۱۳/۸	-	-	۱۱	-	۵۱/۵
۷	موجود	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۰
۸	موجود	۷۱	۲۴/۱	-	-	۳۱	-	-	۱۵	-	۲/۵	۱۵	-	۹۰/۶
۹	موجود	۳۰	۲۵/۴	-	-	۲۱	-	-	۱۵	-	۴	۱۵	-	۸۳/۴
۱۰	موجود	۲۹	۱۳/۱	-	-	۱۵	-	-	۹/۹	-	-	۱۰/۱	-	۴۸/۱
۱۱	موجود	۴۹	۱۷/۲	-	-	۱۶/۳	-	-	۱۲	-	-	۱۱	-	۵۶/۵
۱۲	موجود	۴	۱/۹	-	-	۲	-	-	۱/۲	-	-	۲	-	۷/۱
۱۳	موجود	۱۷	۷/۱	-	-	۶/۵	-	-	۴	-	-	۳/۸	-	۲۱/۱
۱۴	موجود	۴۷	۱۸/۱	-	-	۲۱/۶	-	-	۱۰	-	-	۸/۲	-	۵۱/۹

مرکز توزیع	نوع تخصیص	تقاضا (بیلیارد)												تقاضای کلی
		محصول ۱			محصول ۲			محصول ۳			محصول ۴			
		سطح قیمت			سطح قیمت			سطح قیمت			سطح قیمت			
		۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳	
۱۵	موجود	۳۰	۵۰	۳۱/۵	۳۰	۵۰	۲۸	۱۵	۳۰	۳۱	۱۵	۳۰	۲۸/۲	۳۶۸/۷
۱۶	موجود	۷/۱	-	-	۹/۱	-	-	۴/۴	-	-	۶/۱	-	-	۲۶/۷
۱۹	داخلی	۳۰	۵۰	۳۸/۳	۳۰	۵۰	۴۱	۱۵	۳۰	۳۲/۱	۱۵	۳۰	۲۸/۹	۳۹/۸
۲۲	داخلی	۲۹/۴	-	-	۳۰	-	-	۱۵	۸/۱	-	۱۵	۶	-	۱۰۳/۶
۲۴	خارجی	۱۷/۱	-	-	۱۶/۶	-	-	۱۲/۷	-	-	۱۱/۹	-	-	۵۸/۳
۲۷	خارجی	۳۰	۱۷/۲	-	۳۰	۱۶	-	۱۵	۱۸	-	۱۵	۱۶/۱		۱۵۷/۳
جمع:		۱۱۹۱	۳۵۱/۱	۳۶۵/۱	۱۵۳	۶۹	۲۱۱/۹	۱۲۶/۱	۶۸/۱	۲۰۸/۱	۱۳۳/۷	۶۷/۱		۱۹۷۱/۷

مقدار هدف تولیدکننده: ۵۱۲۰ (بیلیارد ریال)

مقدار هدف مشتریان:–۷۱۷۰ (بیلیارد ریال)

کلیدواژه‌ها: موجود: توزیع‌کننده‌های موجود؛ خارجی: توزیع‌کننده‌های بالقوه خارجی؛ داخلی: توزیع‌کننده‌های بالقوه داخلی



شکل ۷. مکان‌یابی و تخصیص راه‌حل بهینه مسئله بهینه‌سازی دوسطحی در نقشه ایران

بحث

مقایسه مدل بهینه‌سازی دوسطحی و تک‌سطحی. برنامه‌ریزی تولید ـ توزیع پیشین با استفاده از مدل تک‌سطحی انجام می‌شد که در آن تصمیم‌گیرنده/ تصمیم‌گیرندگان زنجیره تأمین به‌صورت متمرکز به محاسبه، اتخاذ و گاهی پیش‌بینی پارامترها و متغیرهای مدل (متغیرها و پارامترهای مربوط به مشتریان) می‌پردازند و آن را مبنای مدل‌سازی و تصمیم‌گیری قرار می‌دهند؛ در صورتی که تمامی اعضای زنجیره تأمین دارای توابع تصمیم خود و اهداف و متغیرهای به‌خصوص خود هستند. به‌عبارت‌دیگر مشتریان مدل، هدف و محدودیت‌های منحصربه‌فرد خود را دارند. در صورت پایبندبودن به این فرضیه‌ها و استفاده از مدل تک‌سطحی (با حذف کامل مدل بهینه‌سازی پیرو و درنظرگرفتن تنها مدل بهینه‌سازی رهبر)، سودی که در مدل تولیدکنندگان تخمین زده می‌شد، معادل با ۶۰۵۰ بیلیارد ریال (تقریباً معادل ۲۴ میلیارد دلار) خواهد بود. درصورتی‌که مقدار هدف بهینه در مدل تک‌سطحی تولیدکننده (۶۰۵۰ بیلیارد ریال) با مدل بهینه دوسطحی (۵۱۲۰ بیلیارد ریال) با همان داده مقایسه شود، مدل بهینه دوسطحی ۱۷ درصد سود کمتری را در مقایسه با سود حاصل از مدل تک‌سطحی تولیدکننده نشان می‌دهد. باوجوداین علی‌رغم اینکه مدل تک‌سطحی تولیدکننده سود بالاتری را برای تولیدکنندگان پیش‌بینی می‌کند، تحقق این سود کاملاً به تصمیمات مشتری بستگی دارد و این موضوع خارج از کنترل شرکت است. در صورت انتخاب مکان‌ها با مدل تک‌سطح تولیدکننده، مشتریان درواقع به‌گونه‌ای رفتار می‌کنند که در مدل دوسطحی پیش‌بینی‌شده است. به‌عبارت‌دیگر سود تولیدکننده هنگامی‌که توزیع‌کننده‌ها با استفاده از راه‌حل بهینه تولیدشده توسط مدل تک‌سطحی تولیدکننده و بدون توجه به مدل مشتریان انتخاب شوند، اما در واقعیت مشتریان طبق توقعات خود با توجه به راه‌حل مدل بهینه دوسطحی تخصیص داده شوند، تنها ۴۲۰ بیلیارد ریال است (تقریباً معادل ۸/۱۶ میلیارد دلار). این میزان سود از مدل همتای بهینه دوسطحی که در آن به‌طور هم‌زمان توقعات مشتریان و اهداف تولیدکنندگان را در نظر می‌گیرد، ۱۹ درصد کمتر است.

نتایج مطابق با پیشنهادها و پیش‌بینی‌های پژوهش‌های اداره توسعه است. مشتریان ترجیح می‌دهند از توزیع‌کننده‌هایی که دسترسی محلی راحت‌تری دارند، خرید کنند و توقعات آن‌ها همواره بر هزینه حمل‌ونقل و خریدی که آن‌ها می‌پردازند، تأثیر می‌گذارد؛ زیرا دسترسی نزدیک‌تری به محل‌های توزیع خواهند داشت؛ همچنین آن‌ها می‌توانند از تخفیف‌های مقداری برای هزینه خرید نیز استفاده کنند؛ بنابراین مقایسه ارزش عینی مدل بهینه دوسطحی (۷۱۷۰ بیلیارد ریال) با مدل تک‌سطحی مشتریان (۵۶۴۰ بیلیارد ریال)، ۲۱ درص سود کمتری برای مشتریان نشان می‌دهد. جزئیات بیشتر نتایج مقایسه در جدول ۱۱، نشان داده شده است.

جدول ۱۱. مقایسه نتایج حل مدل تک‌سطحی تولیدکننده و مشتری با مدل دوسطحی

		مدل دوسطحی			مدل تولیدکننده			مدل مشتری		
توزیع‌کننده	نوع	وضع	تخصیص	تقاضا	وضع	تخصیص	تقاضا	وضع	تخصیص	تقاضا
۱	موجود	√	۴۶	۶۵/۵	√	۴۸	۶۸/۹	√	۴۶	۶۵/۵
۲	موجود	√	۲۶	۸۷/۱	√	۲۹	۹۰/۱	√	۲۶	۸۷/۱
۳	موجود	χ	-	۰	√	۳۸	۶۴	√	-	۰
۴	موجود	√	۱۴۱	۲۴۸	√	۱۲۸	۲۱۳	√	۱۴۱	۲۴۸
۵	موجود	√	۲۷	۴۹/۱	√	۵۴	۱۳۹/۱	√	۲۷	۴۹/۱
۶	موجود	√	۲۱	۵۱/۵	√	۷۰	۱۲۹	√	۲۱	۵۱/۵
۷	موجود	χ	-	۰	√	۹۶	۱۴۳/۲	√	-	۰
۸	موجود	√	۷۱	۹۰/۶	√	۷۴	۹۳/۶	√	۷۱	۹۰/۶
۹	موجود	√	۳۰	۸۳/۴	√	۷۰	۱۴۹/۱	√	۳۰	۸۳/۴
۱۰	موجود	√	۲۹	۴۸/۱	√	۶۵	۱۰۰/۵	√	۲۹	۴۸/۱
۱۱	موجود	√	۴۹	۵۶/۵	√	۶۴	۸۵/۶	√	۴۹	۵۶/۵
۱۲	موجود	○	۴	۷/۱	√	۴۴	۹۷/۱	√	۴	۷۱
۱۳	موجود	√	۱۷	۲۱/۴	√	۵۷	۷۷/۷	√	۱۷	۲۱/۴
۱۴	موجود	√	۴۷	۵۱/۹	√	۸۱	۱۲۹/۴	√	۴۷	۵۷/۹
۱۵	موجود	√	۲۴۸	۳۶۸/۷	√	۱۹۰	۲۶۶/۷	√	۲۴۸	۳۶۸/۷
۱۶	موجود	√	۹	۲۶/۷	√	۸۳	۱۲۴/۷	√	۹	۲۶/۷
۱۹	داخلی	√	۲۳۷	۳۹۰/۸	χ	-	-	χ	-	-
۲۲	داخلی	√	۶۴	۱۰۳/۶	χ	-	-	χ	-	-
۲۴	خارجی	√	۴۱	۵۸/۳	χ	-	-	χ	-	-
۲۷	خارجی	√	۸۵	۱۵۷/۳	χ	-	-	χ	-	-
جمع			۱۱۹۱	۱۹۷۱/۷		۱۱۹۱	۱۹۷۱/۷		۷۴۵	۱۲۶۱/۷

مقدار هدف تولیدکننده: در مدل دوسطحی: ۵۱۲۰ (بیلیارد ریال) در مدل تک‌سطحی: ۶۰۵۰ (بیلیارد ریال)

مقدار هدف مشتریان: در مدل دوسطحی: ۷۱۷۰- (بیلیارد ریال) در مدل تک‌سطحی: ۵۶۴۰- (بیلیارد ریال)

مقدار سود ازدست‌رفته درصورتی‌که مدل تک‌سطحی تولیدکننده فرض می‌شد: ۱۸۵۰ (بیلیارد ریال) – برابر با میزان توجیه اقتصادی مدل پیشنهادشده

تحلیل حساسیت مدل. به‌منظور ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی، پاسخ‌های به‌دست‌آمده از مدل برای ابعاد مختلف مسئله با داده‌های تصادفی بررسی شدند؛ همچنین مقادیر پاسخ بهینه تولیدکننده و مشتری برای مناطق مختلف مشتریان (۴، ۹، ۱۶) و توزیع‌کننده‌ها (۲۸، ۳۱، ۳۶، ۴۰) در جدول ۱۲، گزارش شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، همه مسائل توانسته‌اند به جواب بهینه دست یابند؛ همچنین سود رهبر با افزایش اندازه مسئله (تعداد مناطق مشتریان و توزیع‌کننده‌ها) افزایش می‌یابد. این بدان معنا است که داشتن تعداد بیشتر توزیع‌کنندگان محلی در مناطق مختلف بازاریابی، مشتریان را قادر می‌سازد تا در فاصله و زمان کوتاه‌تری به محصولات و خدمات موردنیاز دسترسی داشته باشند. این امر محرکی است که موجب تمایل مشتری‌ها به تداوم خرید می‌شود و درنهایت سود تولیدکننده را افزایش می‌دهد.

با همین استدلال، با افزایش تعداد توزیع‌کننده‌ها، هزینه‌های مشتریان کاهش می‌یابد؛ اما بین هزینه‌های مشتریان و تعداد مناطق بازاریابی رابطه مستقیم وجود دارد؛ چراکه مجموع خرید مشتریان در حالتی که مناطق مشتری بیشتر باشد به حدنصاب استفاده از تخفیف مقداری ارائه‌شده توسط تولیدکننده نمی‌رسد و مشتری‌ها بابت کالا، هزینه خرید بیشتری می‌پردازند.

این روش همچنین از نظر زمان اجرا موردارزیابی قرار گرفت. با توجه به جدول ۱۲، زمان حل مسائل مختلف با افزایش اندازه مسئله افزایش می‌یابد.

جدول ۱۲. تحلیل حساسیت مدل

مناطق بازاریابی	توزیع‌کننده‌ها	زمان (ثانیه)	هزینه مشتری‌ها	سود تولیدکننده
۴	۲۸	۶۵۹۷	۷۱۷۰	۵۱۷۰
	۳۱	۲۰۴۳۴	۷۱۵۷	۵۶۷۹
	۳۶	۱۳۶۸۰۹	۷۰۴۲	۷۶۰۱
	۴۰	۵۶۸۹۵۴	۶۴۸۳	۸۱۰۷
۹	۲۸	۶۸۱۰	۱۲۹۶۰	۱۰۴۹۶
	۳۱	۲۱۵۱۴	۱۲۰۳۱	۱۰۸۹۰
	۳۶	۱۰۵۶۵۳	۱۱۰۹۸	۱۰۹۳۱
	۴۰	۴۵۴۵۶۷	۱۵۳۲۱	۱۱۸۷۶
۱۶	۲۸	۱۰۹۱	۱۳۹۵۰	۱۰۵۰۱
	۳۱	۳۰۳۲۵	۱۴۵۶۲	۱۳۸۷۶
	۳۶	۳۹۶۷۵۲	۱۶۹۳۷	۱۵۳۲۴
	۴۰	۵۰۷۶۵۸	۱۷۰۲	۱۶۷۸۳

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش، مسئله تولید و توزیع دوسطحی با هدف طراحی بهترین ساختار شبکه زنجیره تأمین با توجه به توقعات مشتریان طراحی شده است. در این خصوص با استفاده از برنامه‌نویسی دوسطحی به‌طور هم‌زمان به بهینه‌سازی هدف مشتریان و تولیدکنندگان پرداخته می‌شود. بر این

اساس، منافع هر دو تصمیم‌گیرنده جداگانه در نتایج مدل در نظر گرفته می‌شود. از مقایسه مدل بهینه‌سازی دوسطحی با همتای تک‌سطحی خود برای مدل‌های تک‌سطحی رهبر(تولیدکننده‌ها) و پیرو (مدل مشتریان) نشان داده شد که استفاده از مدل بهینه‌سازی دوسطحی، به‌دلیل تطابق بیشتر با دنیای واقعی، کارا است.

نتایج در ادامه مطالعات قبلی مانندامیری و همکاران (۲۰۱۶) و امیرطاهری و همکاران (۲۰۱۶)، ضرورت هماهنگ‌سازی و یکپارچه‌سازی میان اعضا زنجیره تأمین در کشور ایران را تبیین می‌کند. بر این اساس توسعه سازوکارهای تشویقی همچون تخفیف گروهی برای هماهنگ‌سازی زنجیره تأمین که در پژوهش امیرطاهری و همکاران (۲۰۱۶)، به‌عنوان جهت تحقیق آتی پیشنهاد شده بود، در این پژوهش بررسی و نشان داده شد که در این حالت به‌علت افزایش مشارکت میان اعضای زنجیره سود زنجیره نسبت به حالتی که هر یک از اعضا به‌طور مستقل به دنبال افزایش سود خود هستند، کارایی بیشتری دارد [۲، ۳].

پیشنهادهای مدیریتی و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی. پیشنهادهای این پژوهش به دو دسته پیشنهادهای مدیریتی و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی دسته‌بندی می‌شود.

پیشنهادهای مدیریتی

۱. پیشنهاد می‌شود تولیدکننده مدل طراحی‌شده دوسطحی که در آن توقعات مشتریان در برنامه‌ریزی تولید – توزیع در نظر گرفته‌شده است را اعمال کند؛ زیرا فروش واقعی ارتباط زیادی با توقعات مشتری‌ها دارد و تنها زمانی به موفقیت نائل می‌شود که توقعات مشتریان در نظر گرفته شود. این مسئله به رابطه طولانی‌مدت بین طرفین می‌انجامد.

۲. برای ایجاد توزیع‌کننده‌های بیشتر در مناطق استراتژیک اقدام شود؛ زیرا تقاضای این مناطق درمجموع حدود ۴۰ درصد از کل تقاضا را تشکیل می‌دهد و شرکت می‌تواند سهم بازار بیشتری را از آن مناطق به دست آورد.

۳. شبکه توزیع موجود بر اساس نتیجه محاسباتی مدل مجدداً تنظیم شود.

۴. مدل ارائه‌شده به‌طور سالیانه انجام شده است، در صورت نیاز کاربران می‌توانند از افق‌های زمانی کوتاه‌تر ماهانه و یا هفتگی استفاده کنند و بدین ترتیب بر پیچیدگی‌های حاصل از بزرگ‌شدن مدل فائق آیند و برنامه‌های کوتاه‌مدت‌تری به‌دست آوردند.

۵. اگرچه مدل با دقت هر چه تمام و بر مبنای مصاحبه مستمر با استادان و مسئولان شرکت طراحی شده‌اند، اما همواره قابل‌بهبود خواهند بود؛ ازاین‌رو توصیه می‌شود که با دقت هر چه بیشتر در صورت نیاز عملی، محدودیت‌ها و اهداف دیگری نیز به مدل اضافه شود.

پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی

۱. اجرای مدل در زنجیره تأمین شرکت موردمطالعه که مشغول به فعالیت در تجهیزات پزشکی است، صورت گرفته است؛ اما با اندکی تغییر در زنجیره تأمین سایر شرکت‌ها نیز قابل‌اجرا است؛ بنابراین برای اجرای این مدل در صنعتی به غیر از صنعت موردبررسی در پژوهش حاضر، باید صنعت جدید از لحاظ مواردی همانند استراتژی تولید، اطلاعات دردسترس، فرآیند توزیع و غیره بررسی و مراحل مختلف مدل طراحی شود؛ به‌عبارت‌دیگر مدل به داده‌ها و پارامترهای خاص وابستگی شدید دارد، به همین علت لازم است تا شرکت‌ها قبل از به‌کارگیری این مدل، زمینه‌های دسترسی به بانک و سیستم اطلاعاتی منسجم و مدون موردنیاز را به‌طور منسجم در سراسر زنجیره تأمین فراهم کند.

۲. لحاظ‌کردن عدم‌قطعیت در پارامترهای حساس، مدل را به شرایط واقعی نزدیک‌تر می‌کند.

۳. در مدل حاضر اصل ساده‌سازی مدل با رعایت عدم‌خدشه به واقعیت مدل صورت پذیرفته است. در صورت مواجه به شرایط با پیچیدگی بالاتر ممکن است به دخیل‌کردن تعداد بیشتری از متغیرها و محدودیت‌ها در مدل نیاز باشد؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود که پژوهشگران متغیرها و محدودیت‌های متناسب با اندازه مسئله در دنیای واقع را انتخاب کنند.

۴. بررسی اهداف دیگری که برای تصمیم‌گیرندگان حائز اهمیت است، همچون پاسخگویی و مسئولیت اجتماعی در کنار تابع سود/ هزینه می‌تواند به خروجی‌های ارزشمند منجر شود؛ بنابراین توسعه مدل‌هایی با توانایی‌های یادشده می‌تواند به یک خط‌مشی جذاب برای پژوهش‌های آتی تبدیل شود.

۵. ، یک منطقه مثمر ثمر از پژوهش‌های آتی می‌تواند گسترش نتیجه‌گیری فراتر از پژوهش و درنظرگرفتن نقش زنجیره‌های تأمین رقبا باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

1. Alidoost, F., Bahrami, F. & Safari, H. (2020). Multi-Objective Pharmaceutical Supply Chain Modeling in Disaster (Case Study: Earthquake Crisis in Tehran). *The Journal of Industrial Management Perspective, 10(3),* 99-123. (In Persian)
2. Amiri, M., & Pahlavani Ghomi, M. (2016). Presenting a Bi-Level Model for Pricing and Order Planning in Three Level Supply Chain. *Modern Researches in Decision Making, 1(1),* (In Persian).
3. Amirtaheri, O., Zandieh, M. & Dorri., B. (2016). Design of Bi-Level Programming Model for a Decentralized Production-Distribution Supply Chain with Cooperative Advertising. *Industrial Management Studies 41,* 1-38. (In Persian)
4. Avraamidou, S, & Efstratios N. (2017). A Multiparametric Mixed-Integer Bi-Level Optimization Strategy for Supply Chain Planning Under Demand Uncertainty. *IFAC-PapersOnLine, 50(1),* 10178–83.
5. Bard, J. F. (1991). Some Properties of the Bilevel Programming Problem. *Journal of Optimization Theory and Applications, 68(2),* 371–78.
6. Caramia, M., & Renato, M. (2016). A Decomposition Approach to Solve a Bilevel Capacitated Facility Location Problem with Equity Constraints. Optimization Letters, *10(5),* 997–1019.
7. Chen, M., Lixuan, N., Jiangjiang, H., Yan, Y., Yuan, X., Mi, T., & Chunlin, J. (2020). Prospects for Development of Group Purchasing Organizations (GPOs) in China within the Context of National Centralized Drug Procurement. *no. June 2016,* 2016–19.
8. Chu, Y., Fengqi, Y., John, M. W., & Anshul, A. (2015). Integrated Planning and Scheduling under Production Uncertainties: Bi-Level Model Formulation and Hybrid Solution Method. *Computers and Chemical Engineering, 72,* 255–72.
9. Feng, C., Yanfang, M., Gengui, Z., & Ting, N. (2018). Stackelberg Game Optimization for Integrated Production-Distribution-Construction System in Construction Supply Chain. *Knowledge-Based Systems, 157,* 52–67.
10. Gang, J., Yan,T, Benjamin, L., Jiuping, X., Wenjing, S., & Liming, Y. (2015). A Multi-Objective Bi-Level Location Planning Problem for Stone Industrial Parks. *Computers and Operations Research, 56,* 8–21.
11. Hansen, P., Brigitte, J., & Gilles, S. (1992). New Branch-And-Bound Rules For Linear Bilevel Programming. *SIAM Journal on Scientific and Statis-Tical Computing 13(5),* 1194–1217.
12. Hansen, P., Yuri, K., & Nenad, M. (2004). Lower Bounds for the Uncapacitated Facility Location Problem with User Preferences. Les Cahiers Du GERAD.
13. Hwang, C.L., & K Yoon. (1981). *Multiple Attribute Decision Making Methods and Application.* Springer-Verlag, New York.
14. Jayaraman, R., Kamal, T., Kun Soo, P., & Jaywon, L. (2014). Impacts and Role of Group Purchasing Organization in Healthcare Supply Chain. *IIE Annual Conference and Expo 2014, no. February: 3842–51.*
15. Kolyaei, M., Azar, A. & Rajabzadeh, A. (2019). Design of Two Phrase Robust Mathematical Model for Green Supply Chain. *Organizational Resources Management Researchs, 8(4),* (In Persian).
16. Kolyaei, M., Azar, A. & Rajabzadeh ghatari, A. (2018). Design of An Integrated Robust Optimization Model for Closed-Loop Supply Chain and Supplier and

Remanufacturing Subcontractor Selection. *Journal of Decision Engineering, 2(7*), (In Persian).

17. Kumar, R. L., Ganapathy, R. G., & Manoj, K. T. (2020). Quantitative Approaches for the Integration of Production and Distribution Planning in the Supply Chain: A Systematic Literature Review. *International Journal of Production Research, no. May,* 1–27.
18. Ma, Y, Fang ,Y, Kai K, & Xuguang .W. (2016). A Novel Integrated Production-Distribution Planning Model with Conflict and Coordination in a Supply Chain Network. *Knowledge-Based Systems, 105,* 119–33.
19. Maldonado-Pinto, S., Martha-Selene C-R., & José-Fernando C-V. (2016). Analyzing the Performance of a Hybrid Heuristic for Solving a Bilevel Location Problem under Different Approaches to Tackle the Lower Level. *Mathematical Problems in Engineering, 2016,* 1–10.
20. Marvel, Howard P., & Huanxing Yang. (2008). Group Purchasing, Nonlinear Tariffs, and Oligopoly. *International Journal of Industrial Organization, 26(5),* 1090–1105.
21. Naser Sadrabady, A.R., Mirghafori, S. H., & Salar, S. S. (2014). Group Decision Making Using a Fuzzy Approach for Evaluating the Supply Chain Flexibility of Yazdbaf Factory. *The Journal of Industrial Management Perspective, 3(4),* 165-187. (In Persian)
22. Piorunowska-Kokoszko, J. (2015). Group Purchasing Organization (Gpo) As a Means of Business Costs Savings. *Journal of Positive Management 6(1),* 56–70.
23. Rego, N., João C., & Jorge P de S. (2014). A Hybrid Approach for Integrated Healthcare Cooperative Purchasing and Supply Chain Configuration. *Health Care Management Science, 17(4),* 303–20.
24. Saranwong, S., & Chulin, L. (2016). Product Distribution via a Bi-Level Programming Approach: Algorithms and a Case Study in Municipal Waste System. *Expert Systems with Applications, 44,* 78–91.
25. Saranwong, S., & Chulin L. (2017). Bi-Level Programming Model for Solving Distribution Center Problem: A Case Study in Northern Thailand's Sugarcane Management. *Computers and Industrial Engineering, 103,* 26–39.
26. Scaparra, M. P., & Church R. L. (2008). A Bilevel Mixed-Integer Program for Critical Infrastructure Protection Planning. *Computers and Operations Research, 35(6),* 1905–23.
27. Schneller, Eugene S., & Eugene S Schneller. (2009). The Value of Group Purchasing - 2009: Meeting the Needs for Strategic Savings. Health Care.
28. Sebatjane, M., & Olufemi A. (2019). Economic Order Quantity Model for Growing Items with Incremental Quantity Discounts. *Journal of Industrial Engineering International, 15(4*), 545–56.
29. Shateri, H. R., Amoozad Mahdiraji, H. & Mokhtarzade, N. (2020). A Comparison of the Buyback, Rebate and Quantity Flexible Contracts in Multi Echelons Supply Chains with Probabilistic Demand and Game Theory Approach. *The Journal of Industrial Management Perspective, 9(2),* 131-151. (In Persian)
30. Sinha, A., Pekka M., & Kalyanmoy D. (2018). A Review on Bilevel Optimization: From Classical to Evolutionary Approaches and Applications. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 22(2),* 276–95.

31. Tella, E, & Veli Matti ,V. (2005). Motives behind Purchasing Consortia. *International Journal of Production Economics,* 93–94 (SPEC.ISS.): 161–68.
32. Tsai, J. F. (2006). An Optimization Approach for Supply Chain Management Models with Quantity Discount Policy. *European Journal of Operational Research, 177(2),* 982–94.
33. Vicente, L. N., & Paul H. Calamai,. (1994). Bilevel and Multilevel Programming: A Bibliography Review. *Journal of Global Optimization 5(3),* 291–306..
34. Weinstein, B. (2006). The Role of Group Purchasing Organizations (GPOs) in the U.S. Medical Indutry Supply Chain. *Estudios de Economía Aplicada, 24(3),* 789–802.
35. Wilhelm, W. E. (1999). Strategic, Tactical and Operational Decisions in Multi-National Logistics Networks : A Review and Discussion of Modeling Issues Accepted for Publication on September 8, 1999 by the I*nternational Journal of Production Research, 38*(7), 1501-1523.
36. Wu, Sh., & Zhongzhen ,Y. (2018). Optimizing Location of Manufacturing Industries in the Context of Economic Globalization: A Bi-Level Model Based Approach. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications 501,* 327–37.
37. Yue, D., & Fengqi Y. (2017). Stackelberg-Game-Based Modeling and Optimization for Supply Chain Design and Operations: A Mixed Integer Bilevel Programming Framework. *Computers and Chemical Engineering 102,* 81–95.
38. Zhou, M., Bin, D., Songxuan, M., & Xumei, Z. (2017). Supply Chain Coordination with Information Sharing: The Informational Advantage of GPOs. *European Journal of Operational Research, 256(3),* 785–802.
39. Zhou, X., Rui, L., Yan, T., Benjamin, L., & Witold, P. (2018). Data Envelopment Analysis for Bi-Level Systems with Multiple Followers. *Omega (United Kingdom), 77,* 180–88.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی