E-ISSN: 2676-6159 | P-ISSN: 2538-5079

Journal of Decisions and Operations Research

www.journal-dmor.ir

J. Decis. Oper. Res. Vol. 6, Spec. Issue. (2022) 1–30.

Paper Type: Original Article

Designing a Fuzzy Goal Programming (FGP) Model in Green Supply Network Closed Loop (GSNCL)

Shahram Mokhlesabadi[1], Mohsen Hashemigohar[2,*]

[1] *Department of Industrial Management, Firoozkooh Branch, Islamic Azad University, Firoozkooh, Iran; sh.mokhlesabadi@gmail.com.*

[2] *Department of Accounting, Shahr-e-Qods branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; m.hashemi@qodsiau.ac.ir.*

Citation:

Mokhlesabadi, Sh., & Hashemigohar, M. (2022). Designing a fuzzy goal programming (FGP) model in green supply network closed loop (GSNCL). *Journal of decisions and operations research,* 6 (Spec. Issue), 1-30.

Received: 23/07/2021 Reviewed: 11/09/2021 Revised: 20/10/2021 Accepted: 21/11/2021

Abstract

Purpose: The purpose of this article is to design a GSNCL optimization in the dairy industry of Damdaran using FGP model.

Methodology: This article is applied in terms of purpose and in terms of data type and how to implement descriptive-survey research and dissertation modeling, with a FGP approach and has optimized the GSNCL in Damdaran industry. The society and the statistical sample consisted of 15 experts in the dairy industry of Damdaran, who have at least 10 years of executive experience in these industries and evaluation of supply network, as well as academic professors specializing in the field of GSNCL.

Findings: The results of modeling and solving the numerical model, the importance of the role of financial dimension and simultaneous consideration of the environmental, financial and social dimensions in the mathematical model to gain competitive advantage of the GSNCL. Also, cost parameters have a positive effect on the economic performance of the main supply chain program, but by examining these parameters in sensitivity analysis, it causes a decrease in production performance in social and environmental dimensions.

Originality/Value: Knowledge-enhancing research from an applied point of view can provide important information for decision makers, senior managers of dairy industry in the country about optimizing the GSNCL and maintaining the environment. The innovation aspect of the present study is to design a four-objective model to minimize economic costs, emissions of pollutant gases throughout the living network, the amount of social damages, and maximize the total revenue generated from the sale of products during the supply network using FGP. Modeling of FGP problem in a multilevel, multi-round and multi-product supply network has been carried out with the aim of minimizing undesirable deviations of each of the four ideals from the desired level.

Keywords: Green Supply Network Closed Loop (GSNCL), Minimization of deviations, Tivari method, Fuzzy logic, Fuzzy Goal Programming (FGP).

Corresponding Author: m.hashemi@qodsiau.ac.ir http://dx.doi.org/10.22105/dmor.2021.296381.1451

Licensee. **Journal of Decisions and Operations Research**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Journal of Decisions and Operations Research

تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۶، شماره ویژه، (۱۴۰۰)، ۳۰-۱

www.journal-dmor.ir

نوع مقاله: پژوهشی

طراحی مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی در شبکه تأمین حلقه بسته سبز

شهرام مخلص آبادی[۱]، محسن هاشمی گهر[۲،*]

[۱]گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران.

[۲]گروه حسابداری، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده

هدف: هدف مقاله حاضر طراحی مدل بهینه‌سازی شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنعت لبنیات دامداران با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی فازی است.

روش‌شناسی پژوهش: مقاله حاضر ازنظر هدف کاربردی و ازنظر نوع داده‌ها و نحوه اجرای تحقیق مدل‌سازی ریاضی با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی است و به بهینه‌سازی شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنعت دامداران پرداخته است. جامعه و نمونه آماری را ۱۵ نفر از خبرگان صنایع لبنی دامداران که حداقل دارای ده سال سابقه اجرایی در این صنایع و ارزیابی شبکه تأمین رادارند، همچنین اساتید دانشگاهی متخصص در حوزه شبکه تأمین حلقه بسته سبز تشکیل می‌دهند.

یافته‌ها: نتایج مدل‌سازی و حل مدل عددی، اهمیت نقش بُعد مالی و در نظر گرفتن هم‌زمان ابعاد زیست‌محیطی، مالی و اجتماعی در مدل ریاضی برای کسب مزیت رقابتی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز را در پی دارد. همچنین پارامترهای هزینه در عملکرد اقتصادی برنامه اصلی زنجیره تأمین تأثیر مثبتی دارد، اما با بررسی این پارامترها در تحلیل حساسیت باعث افت عملکرد تولید در ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی می‌گردد.

اصالت/ارزش افزوده علمی: دانش‌افزایی پژوهش از دیدگاه کاربردی می‌تواند اطلاعات مهمی را برای تصمیم‌گیران، مدیران ارشد صنعت لبنیات کشور در خصوص بهینه‌سازی شبکه تأمین سبز و حفظ محیط‌زیست فراهم آورد. جنبه نوآوری پژوهش حاضر طراحی مدل چهار هدفه، جهت کمینه‌سازی هزینه‌های اقتصادی؛ میزان انتشار گازهای آلاینده در سراسر شبکه زیست‌محیطی، میزان صدمات اجتماعی و حداکثر کردن درآمد کل حاصل از فروش محصولات در طول شبکه تأمین با استفاده از مدل‌سازی ریاضی برنامه‌ریزی آرمانی فازی است. مدل‌سازی مسئله برنامه‌ریزی آرمانی فازی در یک شبکه تأمین چند سطحی، چند دوره‌ای و چند محصولی باهدف کمینه‌سازی انحرافات نامطلوب هر یک از چهار آرمان از حد مطلوب انجام‌شده است.

کلیدواژه‌ها: شبکه تأمین حلقه بسته سبز، کمینه‌سازی انحرافات، روش تیواری، منطق فازی، برنامه‌ریزی آرمانی فازی.

۱- مقدمه

دنیای امروز بیشتر از هرزمانی رقابتی شده است؛ بنابراین به‌منظور بقاء در چنین محیطی برای سازمان‌ها، دارا بودن کالای قابل بازیافت و سازگاربامحیط‌زیست، مدیریت زنجیره تأمین با حلقه بسته سبز به مسئله‌ای ضروری تبدیل‌شده است (زهانگ و همکاران[۱]، ۲۰۲۰). در رویکردهای سنتی، عملکرد زنجیره تأمین فقط از بُعد اقتصادی سنجیده می‌شد و در طراحی شبکه این زنجیره توجه محققان و صنعتگران

[1] Zhang et al.

* نویسنده مسئول

m.hashemi@qodsiau.ac.ir

http://dx.doi.org/10.22105/dmor.2021.296381.1451

فقط بر کمینه‌سازی هزینه‌ها یا بیشینه‌سازی درآمدها معطوف بود؛ اما در دهه‌های اخیر قوانین دولتی، فشارهای سازمان‌های مردم‌نهاد و وضعیت رو به افول محیط‌زیست، باعث شده است که اهداف و محدودیت‌های زیست‌محیطی در کنار اهداف و محدودیت‌های اقتصادی، به‌عنوان بخش جداناپذیری از طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین مطرح شوند (حاجیان و همکاران[1]، ۲۰۱۹). در سال‌های اخیر به دلایل مختلفی نظیر تصویب قوانین دولتی مربوط به حفظ محیط‌زیست، مسئولیت اجتماعی و فشارهای عمومی، طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته به‌شدت موردتوجه قرارگرفته است. هدف اولیه از این طراحی، استفاده دوباره از کالاهای معیوب و یا مستعمل با فرآیند بازیابی، جلوگیری از اتلاف بیشتر منابع، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و حصول سودآوری در کنار ملاحظات اجتماعی و تجاری دیگر است. زنجیره تأمین حلقه بسته متشکل از زنجیره تأمین روبه‌جلو و زنجیره تأمین معکوس است (منوچهری و همکاران[2]، ۲۰۱۹).

در مقابل لجستیک مستقیم، لجستیک معکوس از کاربر نهایی (مشتریان) شروع‌شده و در جمع‌آوری محصولاتی که عمر آن‌ها پایان‌یافته یا محصولات برگشتی و فعالیت‌هایی همچون بازیافت، احیا و دفع آن‌ها، به‌منظور دستیابی به مواد اولیه، قطعات، محصولات و کاهش اثرهای زیست‌محیطی پسماندها، سهیم است (یاوری و ذاکر[3]، ۲۰۲۰). ترکیب زنجیره تأمین مستقیم و زنجیره تأمین معکوس به شکل‌گیری زنجیره تأمین حلقه بسته منجر می‌شود. این رویکرد، طراحی شبکه‌های مستقیم و معکوس را به‌طور هم‌زمان بهینه کرده و از زیر بهینگی ناشی از طراحی مجزای شبکه‌ها جلوگیری می‌کند (پنگ و همکاران[4]، ۲۰۲۰). تعریف مرسوم مدیریت شبکه تأمین، فرآیند برنامه‌ریزی، پیاده‌سازی و کنترل عملیات از تأمین‌کننده تا مشتریان به‌صورت کارآمد است. در سال‌های اخیر با توجه به جنبه‌های اقتصادی، افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی، انتظارات مشتریان، قوانین دولتی و آگاهی جهان از محدودیت منابع طبیعی، لجستیک معکوس و طراحی شبکه تأمین حلقه بسته[5] توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده است (ژن و همکاران[6]، ۲۰۱۹). توجه به یکپارچگی تصمیمات مالی و فیزیکی برای رسیدن به رشد پایدار ارزش، امری حیاتی است. دراین‌بین جریانات مالی در شبکه تأمین، با در نظر گرفتن عواملی مانند مدیریت سرمایه در گردش، دارایی‌ها و بدهی‌ها، تلاش دارد به این مهم دست یابد. تاکنون پژوهش‌های بسیاری در خصوص طراحی شبکه تأمین حلقه بسته سبز صورت پذیرفته ازجمله: (بهزادی و یوسف‌برقی[7]، ۲۰۱۸؛ محمدی و همکاران[8]، ۲۰۱۸؛ کرباسیان و همکاران[9] ، ۲۰۱۶؛سلطانی‌تهرانی و همکاران[10]، ۲۰۱۶؛رحیمی و همکاران[11]، ۲۰۱۷؛کولیائی و همکاران[12]، ۲۰۱۹ و...)، اما پژوهشی که به طراحی شبکه تأمین و یکپارچه‌سازی رویکردهای مالی – عملیاتی در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی و بررسی وابستگی میان مکان تسهیلات، بهینه‌سازی هزینه‌های حمل‌ونقل مواد اولیه و در نظر گرفتن عواملی مانند مدیریت سرمایه در گردش، دارایی‌ها و بدهی‌ها جهت بهینه‌سازی شبکه تأمین حلقه بسته سبز با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی پرداخته باشد؛ صورت نپذیرفته است. هدف مقاله حاضر، طراحی یک شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با یک نگرش کل گرا و سیستمی در چهار دوره زمانی است. این مقاله یک رویکردی نوین و ریاضی جهت ارتقاء بُعد محیط زیستی و مالی زنجیره تأمین با در نظر گرفتن رویکرد یکپارچه عملیاتی (زیست‌محیطی و اجتماعی) - مالی (درآمد و هزینه‌های اقتصادی) جهت بیشینه نمودن ارزش‌افزوده اقتصادی، مدلی را ارائه نموده است؛ که به نظر می‌رسد نتایج اجرای آن منجر به حداکثر کردن ثروت سهامداران خواهد شد. سؤال اصلی مقاله حاضر این است که؛ چگونه می‌توان یک شبکه تأمین حلقه بسته سبز با در نظر گرفتن هم‌زمان ابعاد عملیاتی-مالی و رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی طراحی نمود؟ نوآوری‌های این مقاله نسبت به سایر پژوهش‌های موردمطالعه درزمینهٔ مدل‌سازی هم‌زمان جریان مالی و عملیاتی در شبکه تأمین حلقه بسته سبز به‌قرار زیر است:

- *طراحی مدل ریاضی شبکه تأمین حلقه سبز با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی، مالی و اجتماعی جهت بهینه‌سازی شبکه تأمین حلقه بسته با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی.*
- *ارائه یک مدل نوین ریاضی جهت ارتقاء بعد محیط زیستی شبکه تأمین حلقه سبز با رویکرد کمینه کردن میزان انتشار گازهای آلاینده در سراسر شبکه.*
- *مدل‌سازی با برنامه‌ریزی آرمانی فازی و منطق فازی و ارائه مدل بهینه شبکه تأمین حلقه سبز با ۴ تابع هدف جداگانه.*
- *یکپارچه‌سازی مدل برنامه‌ریزی ریاضی بهینه در ابعاد محیط زیستی، اجتماعی و مالی.*

[1] Hajian et al.
[2] Manouchehri et al.
[3] Yavari and Zaker
[4] Peng et al.
[5] Closed Loop Supply Network (CLSN)
[6] Zhen et al.
[7] Behzadi and Seifabrghy
[8] Mohammadi et al.
[9] Karbasian et al.
[10] Soltani Tehrani et al.
[11] Rahimi et al.
[12] Koleyae et al.

مخلص آبادی و هاشمی گهر / تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۶، شماره ویژه، زمستان ۱۴۰۰، صفحه: ۳۰-۱

۲- مروری بر مبانی نظری و پیشینه‌ی پژوهش

امروزه مدیریت زنجیره تأمین توجه زیادی را به خود جلب کرده است. دو نوع زنجیره تأمین وجود دارد: زنجیره تأمین روبه‌جلو و معکوس (برادران و صفری[۱]، ۲۰۲۰). زنجیره تأمین روبه‌جلو شامل مجموعه‌ی فعالیت‌های تبدیل مواد خام به محصولات نهایی است. مدیران سعی در بهبود عملکرد زنجیره عرضه روبه‌جلو در زمینه‌هایی از قبیل مدیریت تقاضا، تدارکات و اجرای سفارش دارند (منوچهری و همکاران، ۲۰۱۹). زنجیره تأمین معکوس به‌عنوان فعالیت‌های جمع‌آوری و بهبود محصولات بازگشتی در مدیریت زنجیره تأمین تعریف‌شده است (برادران و صفری، ۲۰۲۰). یکپارچه‌سازی زنجیره تأمین روبه‌جلو و زنجیره تأمین معکوس، یك زنجیره تأمین حلقه بسته را نتیجه می‌دهد. به‌عبارت‌دیگر، هر دو کانال روبه‌جلو و معکوس در شبکه‌های زنجیره تأمین حلقه بسته وجود دارند. در شرایط اولیه، زنجیره تأمین روبه‌جلو جنبش و حرکت مواد و محصولات از تأمین‌کنندگان بالادست به مشتریان پایین‌دست را در نظر می‌گیرد، درحالی‌که زنجیره تأمین معکوس جنبش و حرکت مواد و محصولات استفاده‌شده یا فروخته نشده بالادست را از مشتریان در نظر می‌گیرد و به‌منظور امکان بازیافت و استفاده مجدد به پایین زنجیره تأمین برمی‌گرداند (بشیری و شرافتی[۲]، ۲۰۱۳). پیکربندی مجدد شبکه‌های زنجیره تأمین روبه‌جلو و معکوس، اثر شدیدی بر عملکرد یکدیگرمی‌گذارند. ازاین‌رو، برای اطمینان از بهینگی طراحی شبکه‌های جلو و عقب و همچنین به‌منظور جلوگیری از دلایل زیر بهینگی ناشی از طراحی جدا، ساختار این دو نوع از شبکه‌ها باید به‌صورت هم‌زمان موردتوجه قرار گیرد. توسعه یك زنجیره تأمین حلقه بسته می‌تواند در بهبود عملکرد اقتصادی و زیست‌محیطی شرکت‌ها قابل‌استفاده و سودمند باشد (احمد و همکاران[۳]، ۲۰۲۰). بهینه نمودن عملکرد این زنجیره تأمین توسعه‌یافته، مستلزم ایجاد زیرساخت‌های کارا و اثربخش از طریق طراحی شبکه بهینه است. به همین دلیل، طراحی شبکه برای بهبود محصول در دهه گذشته توجه محققان بسیاری را به خود جلب نموده است (فیض‌الهی وهمکاران[۴]، ۲۰۱۹).

۲-۱- طراحی شبکه زنجیره تأمین معکوس

در اوایل سال ۱۹۹۷، فلیشمن و همکاران یك بررسی جامع در استفاده از مدل‌سازی ریاضی در مدیریت لجستیك معکوس ارائه دادند. به‌عنوان یکی از آثار اصلی در جهت طراحی شبکه زنجیره تأمین معکوس، باروس و همکاران مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط را برای یك شبکه بازیافت شن و ماسه پیشنهاد کردند، الگوریتم ابتکاری، نیز برای حل این مشکل مورداستفاده قرارگرفته است. جایارامن و همکاران یك مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط برای طراحی شبکه لجستیك معکوس تحت یك سیستم مبتنی برکشش بر ای تقاضای مشتریان برای بهبود محصولات توسعه دادند. هدف از مدل پیشنهادی به حداقل رساندن هزینه‌های کل بود. همچنین، کریك و همکاران یك مدل برنامه‌ریزی خطی عددصحیح-مختلط برای شبکه زنجیره تأمین معکوس دومرحله‌ای برای تولیدکننده دستگاه کپی طراحی کردند. در این مدل، در هر دو فرآیند هزینه‌های بازگشت محصولات و هزینه‌های موجودی در تابع هدف به‌منظور به حداقل رساندن هزینه کل لحاظ می‌شدند. جایارامن و همکاران کار قبلی خود را برای حل مسئله مکان‌یابی دوسطحی تک‌محصولی در سطح سلسله مراتبی عملیات زنجیره تأمین معکوس محصولات خطرناك گسترش دادند. آن‌ها همچنین برای مسائل با اندازه بزرگ ابتکاراتی بکار بردند (محمدی و همکاران، ۲۰۱۸). مین و همکاران یك مدل برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط و یك الگوریتم ژنتیك برای مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین معکوس چند سطحی پیشنهاد کردند که ترکیب زمانی و برای *MINLP* مکانی محصولات بازگشتی را در نظر می‌گیرد. آراس و همکاران یك مدل تعیین محل مراکز جمع‌آوری در یك شبکه زنجیره تأمین معکوس ساده پیشنهاد کردند. نکته مهم در مورد این کار توانایی مدل ارائه‌شده در تعیین قیمت خرید بهینه محصولات استفاده‌شده باهدف افزایش سود است. آن‌ها یك رویکرد اکتشافی بر اساس جستجو ممنوع بر ای حل مدل توسعه دادند. پتی و همکاران یك برنامه‌ریزی هدف عدد صحیح مختلط برای طراحی شبکه بازیافت کاغذ پیشنهاد کردند. اهداف موردنظر آن‌ها عبارت‌اند از: به حداقل رساندن انحراف مثبت از بودجه برنامه‌ریزی‌شده، که به فعالیت‌های لجستیك معکوس اختصاص داده‌شده به حداقل رساندن انحراف مثبت از حد مجاز کاغذ باطله‌های غیر مرتبط و به حداقل رساندن انحراف منفی از حداقل مطلوب جمع‌آوری زباله است (بهاتیا و همکاران[۵]، ۲۰۲۰).

---

[1] Baradaran and Safari
[2] Bashiri and Sherafati
[3] Ahmad et al.
[4] Feyzolahi et al.
[5] Bhatia et al.

۲-۲- طراحی زنجیره تأمین حلقه بسته

مفهوم زنجیره تأمین حلقه بسته در حال حاضر به‌طور گسترده‌ای موردتوجه است، زیرا هم زنجیره تأمین‌های روبه‌جلو و هم زنجیره تأمین‌های رو به عقب را به رسمیت می‌شناسد و آن‌ها را به‌طور مشترك اداره می‌کند. پیکربندی شبکه‌های زنجیره تأمین روبه‌جلو و رو به عقب تأثیر شدیدی بر عملکرد یکدیگر دارند؛ بنابراین، برای جلوگیری از نتایج زیر بهینگی حاصل از یك طراحی از هم جدا، طراحی شبکه‌های روبه‌جلو و عقب باید یکپارچه شوند. فلیشمن و همکاران یك مدل کلی برای طراحی شبکه لجستیك حلقه بسته توسعه دادند. آن‌ها جریان روبه‌جلو و معکوس را باهم در نظر گرفتند تا اجازه دهد توزیع بهینه و شبکه‌های بهبود به‌طور هم‌زمان تعریف شوند. آن‌ها فرمول برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلطی به‌منزله گسترش مسئله محل سنتی انبار پیشنهاد نمودند. از طرفی مطالعه موردی مربوطه به‌منظور آزمون مدل و مطالعه بهره‌مندی ادغام هر دوزنجیره مورداستفاده، انجام شد. سلمی و همکاران، برای تعمیم مدل فلیشمن و همکاران تلاش کردند و یك مدل برای شبکه چند محصولی تحت عدم اطمینان تقاضا با استفاده از روش برنامه‌ریزی تصادفی عدد صحیح مختلط توسعه دادند. آستر و همکاران یك شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته طراحی کردند به‌طوری‌که در آن شبکه روبه‌جلو وجود داشته است و تنها مراکز جمع‌آوری و بهبود در زنجیره معکوس آن قرارگرفته‌اند. این مدل جری مستقیم و معکوس را به‌طور هم‌زمان بهینه‌سازی می‌کند. راه‌حل دقیق روش بر اساس روش تجزیه بندر توسعه داده شد. لیستس یك مدل برنامه‌ریزی تصادفی عمومی برای طراحی یکپارچه زنجیره تأمین‌های روبه‌جلو / معکوس یا به عبارتی طراحی شبکه زنجیره تأمین پیشنهاد داد (دی و گری[1]، ۲۰۲۰). روش تجزیه برای حل مدل در اندازه بزرگ بر اساس روش شاخه و برش ارائه شد برای طراحی یك شبکه حلقه بسته چند کالایی برای ارائه‌دهندگان لجستیك سه‌بخشی، مین و کو یك مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط چند دوره‌ای برای تعیین تعداد و مکان تسهیلات و امکانات تعمیر پیشنهاد دادند، به‌گونه‌ای که محصولات بازگشتی از خرده‌فروشان و مشتریان نهایی، مورد بازرسی و تعمیر و مرمت قرارگرفته و برای توزیع مجدد آماده می‌شوند و به‌منظور حل مدل، الگوریتم ژنتیك ارائه‌شده است. باستل و لو مسئله مکان‌یابی دوسطحی را با سه نوع از تسهیلات برای مکان‌یابی در یك شبکه بازسازی در نظر گرفتند. آن‌ها یك مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط که هم جریان روبه‌جلو و هم جریان معکوس را در نظر می‌گیرد را با توجه به فعل‌وانفعالات هم‌زمان آن‌ها باهم پیشنهاد کردند. الگوریتم اکتشافی مبتنی بر لاگرانژ برای حل مدل پیشنهادی توسعه داده شد. درنهایت، پیشوائی و همکاران، مدل هدفمند برنامه‌ریزی خطی عددصحیح-مختلط را برای به حداکثر رساندن پاسخ‌گویی شبکه و به حداقل رساندن هزینه‌های کل در شبکه‌های زنجیره تأمین حلقه بسته شامل هر دو جریان روبه‌جلو و رو به عقب پیشنهاد کردند. برای حل این مدل، یك الگوریتم ممتیك توسعه داده شد (پنگ و همکاران، ۲۰۲۰). همان‌طور که از مرور ادبیات برمی‌آید، در سال‌های گذشته بیشتر مدل‌های طراحی شبکه بر طراحی شبکه‌های مستقیم و معکوس به‌صورت جداگانه تمرکز داشته‌اند و تنها تعداد محدودی از مقالات در سال‌های اخیر به طراحی یکپارچه شبکه لجستیك مستقیم و معکوس پرداخته‌اند. باوجود ارزش این مدل‌ها در طراحی یکپارچه، برخی از موضوعات مهم مورد غفلت قرارگرفته است. ازجمله می‌توان به تک‌محصولی بودن یا تك دوره‌ای بودن بیشتر مدل‌ها و نیز در نظر گرفتن میزان بازگشت کالا به‌عنوان کسری از تقاضا اشاره نمود. از طرفی اکثریت لجستیک‌های معکوس و مدل‌های طراحی شبکه حلقه بسته موجود در مورد ماهیت نامطمئن پارامترهای ورودی مختلف در یك افق برنامه‌ریزی استراتژیک غفلت کرده‌اند. حتی، در چند مقاله که عدم قطعیت در پارامترها در نظر گرفته‌شده است، عدم اطمینان از طریق مدل برنامه‌ریزی تصادفی است، که این روش چندین اشکال عمده دارد، ازجمله اینکه استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی در مورد طراحی شبکه واقعی غیرممکن است.

۲-۳- پیشینه پژوهش

کمال و همکاران[2] (۲۰۲۱)، با عنوان رویکرد برنامه‌نویسی چند هدف فازی خنثی در انتخابی تخصیص تعمیر و نگهداری قابلیت اطمینان سیستم‌ها، پرداختند. مسئله نگهداری نقش اساسی در حل مشکلات تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی قابلیت اطمینان دارد. سیستم‌ها یک پیکربندی از اجزای مختلف و موقعیت‌های سیستم در فواصل کوچک و یا شکستن برای اقدامات تعمیر و نگهداری وجود دارد، در طول فواصل کارشناس انجام اقدامات تعمیر و نگهداری به‌جای تعمیر اجزای خراب‌شده اجزای سیستم را بررسی می‌نماید. به دلیل عدم قطعیت مرتبط بازمان عملیاتی جزء، شکست و مدت مأموریت بعدی، چالش جدیدی را در تعیین تخصیص اجزای مطلوب و ارزیابی موفقیت‌آمیز مأموریت‌های آینده وجود دارد. در مقاله مذکور یک مسئله تخصیص نگهداری انتخابی چند هدفه با

[1] De and Giri

[2] Kamal et al.

پارامترهای فازی تحت محیط نوتروزوفی فرموله شده است. یک تکنیک جدید دیفازی بر اساس توزیع بتا برای تبدیل پارامترهای فازی به مقادیر معرفی‌شده است.

تسااور و همکاران[1] (۲۰۲۱)، با عنوان انتخاب پرتفوی فازی در دوره گسترش *COVID-19* با استفاده از مدل برنامه‌نویسی هدف فازی، پرداختند. درحالی‌که معضل بین‌المللی برای همه‌گیر *COVID-19* تا حد زیادی اقتصاد جهانی را تحت تأثیر قرار داده است، ما هنوز هم با معضل در مورد رکود اقتصادی مواجه زمانی که بازار سهام بازدید رکورد بالا بارها را در پی داشته است. آنجا که انتخاب پرتفوی اغلب تحت تأثیر بسیاری از عوامل غیر احتمالات قرار می‌گیرد، به دست آوردن توزیع‌های احتمالی دقیق نرخ‌های بازگشت، آسانی نیست؛ بنابراین مدل پرتفوی فازی برای حل پرتفوی کارآمد زمانی پیشنهادشده است که محیط اقتصاد برای آینده در ابهام باقی بماند. برای مدیریت چنین سرمایه‌گذاری، با استفاده از مدل برنامه‌نویسی چند هدفه فازی، در مدل پرتفوی فازی چن و تسور تجدیدنظر شده است. سپس دو مثال عددی توسط مدل پیشنهادی نشان داده می‌شود که نشان می‌دهد انتخاب پرتفوی باهدف غیرزبانی بازده مورد انتظار قابل‌حل است. با توصیفات زبانی مختلف برای هدف غیردقیق از بازگشت مورد انتظار برای بازار سهام آینده، انتخاب نمونه کارها مطلوب است.

محتشمی و همکاران[2] (۲۰۲۰)، در پژوهشی با عنوان: طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با استفاده از سیستم صف جهت کاهش اثرات محیط‌زیستی و مصرف انرژی، پرداختند. محققین به طراحی شبکه تأمین متشکل از سیستم تولید، مراکز توزیع، تعمیر، بازیافت، دفع و مرکز جمع‌آوری، پرداختند. فرض بر این بود که سیستم صف با منابع محدود و ناوگان‌های حمل‌ونقل در شبکه قرار دارند. مشتریان سیستم‌های بارگیری در هر مرکزی دارای چند سرور بودند. همچنین تعداد کافی سرور در آن موجود بود؛ بنابراین مراکز تخلیه بار هیچ صفی در آنجا وجود نداشت. مدل پیشنهادی محققین اثرات زیست‌محیطی و مصرف انرژی ناوگان‌های حمل‌ونقل جهت بارگیری و تخلیه میزان تولید، در زمان انتظار و حمل‌ونقل کاهش داد. زهانگ و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهشی با عنوان: هماهنگی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز دو کاناله با توجه به کیفیت و بازده محصول، پرداختند. باهدف بازیافت محصولات بازیافتی معیوب و ضایعات محصولات بازیافتی به‌منظور محاسبه سود کل در یک زنجیره تأمین حلقه بسته دو کاناله و مقایسه آن با مدل‌های ناهماهنگ. نتایج نشان داد مکانیزیم هماهنگ‌کننده پیشنهادی در تخفیف قیمت به خرده‌فروشان منجر به بهبود عملکرد مالی زنجیره تأمین می‌گردد. دی و گری (۲۰۲۰)، در پژوهشی با عنوان: مدل‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته تحت سیاست کاهش ناوگان ناهمگن انتشار گاز کربن، هدف مقاله مذکور مدیریت، زمان‌بندی و حل مسئله مسیریابی در زنجیره تأمین حلقه بسته جهت دست یافتن پایداری زیست‌محیطی و اقتصادی است. مدل طراحی‌شده با استفاده از مدل‌سازی ریاضی برنامه‌ریزی غیرخطی مختلط انجام شد. نتایج حل مدل عددی نشان داد بهره‌مندی از این مدل منجر به بهبود مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی می‌گردد. هوانگ و همکاران[3] (۲۰۲۰)، در پژوهشی با عنوان: طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز باهدف کنترل و کاهش هزینه‌های انتشار گازهای CO_2، مدل طراحی‌شده ترکیبی از برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط به توسعه توازن بین تأثیر عوامل زیست‌محیطی و کاهش هزینه‌های عملیاتی منجر گردید. همچنین محققین با استفاده از سناریوی بر پایه‌ی روش اپسیلون محدودیت به حل مدل تحت شرایط عدم قطعیت پرداختند. نتایج نشان داد بهره‌مندی از مدل مذکور منجر به کنترل و کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی و اقتصادی در زنجیره تأمین حلقه بسته می‌گردد.

رضائی و پیله‌وری[4] (آماده انتشار)، به طراحی مدل ریاضی زنجیره تأمین چند سطحی با رویکرد الگوریتم فرا ابتکاری (مطالعه موردی: کارخانجات اتمسفر واحد سازه‌های نیروگاهی)، پرداختند. پژوهش مذکور به دنبال ارائه مدل زنجیره تأمین چند سطحی پایدار در بخش تولید محصولات نیروگاهی گروه کارخانجات صنعتی و تولیدی می‌باشد. برای مسئله موردنظر، یک مدل ریاضی ارائه‌شده است که اهداف آن عبارت‌اند از: حداکثر سازی مسئولیت اجتماعی، کمینه‌سازی انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و کمینه‌سازی هزینه‌های زنجیره تأمین. با توجه به اینکه برنامه‌ریزی پایدار زنجیره تأمین مسئله‌ای *Np-Hard* است، از الگوریتم فرا ابتکاری نهنگ و ژنتیک برای ارائه و حل مدل استفاده‌شده است. جهت حل مدل ارائه‌شده، مسائل نمونه آزمایشی در سه گروه اندازه کوچک، متوسط و بزرگ با توجه داده‌های شرکت اتمسفر طراحی گردیده و نتایج دو الگوریتم بهینه‌سازی نهنگ و الگوریتم ژنتیک با توجه به شاخص‌های مقایسه‌ای کیفیت، پراکندگی، یکنواختی و زمان حل با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج نشان داد الگوریتم نهنگ دارای توانایی بالاتر، جهت دستیابی به جواب‌های باکیفیت‌تر و نزدیک بهینه از منظر شاخص کیفیت و اکتشاف و استخراج ناحیه شدنی جواب از منظر

[1] Tsaur et al.
[2] Mohtashami et al.
[3] Huang et al.
[4] Rezaee and Pilevari

شاخص پراکندگی، نسبت به الگوریتم ژنتیک می‌باشد. نتایج شاخص یکنواختی و زمان حل نیز نشان داد، الگوریتم ژنتیک دارای زمان حل کمتر می‌باشد و فضای جواب را به‌صورت یکنواخت‌تر جستجو می‌کند.

کیانی و سموئی[1] (۲۰۲۰)، با عنوان بازیافت مسیریابی موجودی پویای چندهدفه برای داروهای مختلف با در نظر گرفتن تخفیف در زنجیره تأمین حلقه بسته، پرداختند. این پژوهش، یک شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته اقلام دارویی شامل یک داروسازی، مرکز توزیع، مرکز بازیافت و تعدادی داروخانه مدنظر است که در آن دو نوع مسیریابی انجام می‌گیرد. نوع اول شامل مسیریابی وسایل نقلیه بین مرکز توزیع و داروخانه-هاست و نوع دوم به مسیریابی وسایل نقلیه مرکز بازیافت و کلیه مراکز مرتبط می‌گردد. در این مسئله داروهای یخچالی و غیر یخچالی در نظر گرفته‌شده است که مرکز توزیع می‌تواند با توجه به میزان تقاضاهای متفاوت برای دوره‌های متفاوت تخفیفانی را در نظر بگیرد. علاوه بر این، مرکز توزیع دارو می‌تواند به دلایلی نظیر وقوع بحران‌هایی مثل زلزله، سیل و ... یا شیوع بیماری‌های مسری همچون کرونا از طریق اجاره انبارهای بیشتر، ظرفیت خود را افزایش دهد. همچنین، این مسئله شامل دو هدف حداقل کردن هزینه‌ها و کاهش میزان آلایندگی‌های زیست‌محیطی ناشی از انتشار دی‌اکسید کربن است. مسئله موردنظر در بعد کوچک با روش اپسیلون محدودیت و در بعد بزرگ با دو الگوریتم هیبریدی فرا ابتکاری به نام‌های فوردیس- وبستر- ژنتیک مرتب‌سازی نامطلوب نوع ۲ *(NSGAII-FW)* و شبیه‌سازی تبرید چندهدفه *(MOSA)* حل‌شده است و توسط معیارهای مختلف مورد ارزیابی قرارگرفته است. نتایج محاسباتی و مقایسات نشان می‌دهند که الگوریتم *NSGA II-FW* کاراتر از الگوریتم *MOSA* است.

مخلص آبادی و همکاران[2] (۲۰۲۰)، در پژوهشی با عنوان: طراحی مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی شبکه تأمین حلقه بسته سبز جهت یکپارچه‌سازی جریان مالی و فیزیکی، پرداختند. دنیای امروز بیشتر از هرزمانی رقابتی شده است؛ بنابراین به‌منظور بقاء در چنین محیطی برای سازمان‌ها، دارا بودن کالای قابل بازیافت و سازگاربامحیط‌زیست، مدیریت شبکه تأمین به مسئله‌ای ضروری تبدیل‌شده است. هدف مقاله حاضر طراحی یک شبکه حلقه بسته سبز به‌منظور یکپارچه‌سازی جریانات مالی و فیزیکی است. نوآوری مقاله حاضر طراحی مدل چهار هدفه، جهت کمینه‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی از حدود مطلوب؛ هزینه‌ها؛ میزان انتشار گازهای آلاینده در سراسر شبکه زیست‌محیطی و حداکثر نمودن سود کل صاحبان سهام با استفاده از مدل‌سازی ریاضی برنامه‌ریزی آرمانی فازی با در نظر گرفتن جریانات مالی و یکپارچه‌سازی آن با جریان فیزیکی می‌باشد. مدل‌سازی مسئله برنامه‌ریزی آرمانی فازی در یک شبکه تأمین چند سطحی، چند دوره‌ای و چند محصولی باهدف بیشینه نمودن ثروت سهامداران است. برای مواجهه با ماهیت چند هدفه مدل، از روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی استفاده‌شده است. مدل در صنعت لبنیات دامداران طراحی و اجراشده است. آزمون مدل پیشنهادی با استفاده از نرم افزارگمز ۲۴ و حل‌کننده *CPLEX* به روش دقیق اپسیلون محدودیت، صورت پذیرفته است. نتایج مدل‌سازی حل مدل عددی، اهمیت نقش نسبت‌های مالی و در نظر گرفتن هم‌زمان ابعاد عملیاتی- مالی در مدل ریاضی برای کسب مزیت رقابتی پایدار را نشان می‌دهد.

پارسائیان و همکاران[3] (۲۰۱۹)، به طراحی مدل شبیه‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز و قیمت‌گذاری محصول در حضور رقیب، در شرایط عدم قطعیت تقاضا باهدف کمینه نمودن هزینه کل زنجیره تأمین، کمینه‌سازی مجموع گاز CO_2 و بیشینه نمودن سهم بازار محصول در حضور یک رقیب پرداختند. در این راستا یک مدل شبیه‌سازی ترکیبی حاصل از ترکیب رویکردهای شبیه‌سازی عامل بنیان و گسسته پیشامد ارائه گردید که نوآوری اصلی این تحقیق بود. در ادامه سناریوهای مختلف با روش طراحی آزمایشات تاگوچی تولیدشده و مدل‌های بازار و زنجیره تأمین حلقه بسته برای هر سناریو اجرا گردید و مقادیر هزینه، گاز CO_2 و سهم بازار محصول ثبت گشت. خاکبازان و همکاران (۲۰۱۸)، با عنوان ارائه یک مدل زنجیره تأمین یکپارچه مبتنی بر ارزش با در نظرگیری نسبت‌های مالی در تصمیمات مالی، یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط به‌منظور یکپارچه‌سازی تصمیمات مالی و فیزیکی در یک زنجیره تأمین چند سطحی، چند دوره‌ای و چند محصولی باهدف بیشینه نمودن ارزش‌افزوده اقتصادی، ارائه‌شده است. نتایج به ارائه مسائلی با ابعاد مختلف و تأیید اعتبار و کارایی مدل پیشنهادی، به بررسی اثرات تغییرات نرخ نسبت‌های مالی و وجود شرایط خریدوفروش نقدی و مدت‌دار بر روی ارزش زنجیره پرداخته‌شده است. آفرین محمدزاده و حسن زاده[4] (۲۰۱۸) به شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر در پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تأمین سبز با روش *AHP* فازی و *TOPSIS* فازی در صنعت برق پرداختند. هدف اصلی از این پژوهش شناسایی عوامل مؤثر در مدیریت زنجیره تأمین سبز و سپس رتبه‌بندی شرکت‌های فعال در مدیریت زنجیره تأمین سبز می‌باشد. مطالعه موردی و حوزه پژوهش، مربوط به صنعت برق استان مازندران است. ابتدا بامطالعه ادبیاتی و کتاب‌ها، مقالات داخلی و خارجی، تعداد ۲۱ شاخص برای دستیابی به مدیریت زنجیره تأمین سبز

[1] Kiani and Samouei
[2] Mokhlesabadi et al.
[3] Parsaiyan et al.
[4] Afarin Mohammadzadeh and Hasanzadeh

به دست می‌آید که در مرحله بعدی به کمک پرسش‌نامه‌هایی که در اختیار کارشناسان قرار می‌گیرد و با در نظر گرفتن محدودیت‌ها، به ۹ معیار نهایی رسیدند. سپس این معیارها به کمک روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و با استفاده از پرسش‌نامه، مقایسات زوجی که در اختیار خبرگان قرارگرفته است وزن دهی می‌شوند و وزن هر شاخص مشخص می‌گردد. نتایج نشان داده است که شاخص‌های توانایی تأمین مالی، افزایش ارتفاع برج‌ها و دکل‌های خطوط انتقال برق و هم‌چنین استفاده از انرژی تجدید پذیر خورشیدی به ترتیب بیشترین وزن‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و بقیه شاخص‌ها در رتبه‌های بعدی قرارگرفته‌اند. در ادامه با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی به رتبه‌بندی ۵ شرکت برق فعال درزمینهٔ مدیریت زنجیره تأمین سبز می‌پردازیم. رتبه‌بندی این شرکت‌ها نسبت به میزان فعالیت در انجام معیارهایی که در مرحله قبل مشخص‌شده‌اند صورت گرفته است و شرکت‌ها با توجه به شاخص‌های وزن دهی شده، اولویت‌بندی شده‌اند. بهزادی و یوسف‌برقی (۲۰۱۸)، رویکردهای بهینه‌سازی تصادفی دومرحله‌ای و استوار در شبکه‌ی زنجیره تأمین حلقه بسته در شرایط عدم قطعیت، شبکه شامل تأمین‌کننده‌ی خارجی، مراکز تولید/ بازیابی، مراکز ترکیبی توزیع/ جمع‌آوری، مراکز دفن و مشتریان در نظر گرفته‌شده است. برای ارزیابی عدم قطعیت پارامترها از دو رویکرد بهینه‌سازی تصادفی دومرحله‌ای و بهینه‌سازی استوار استفاده‌شده است. نتایج نشان داد کارایی بهینه‌سازی استوار نسبت به بهینه‌سازی تصادفی دومرحله‌ای در شرایط عدم قطعیت بهتر است. محمدی و همکاران (۲۰۱۸)، به طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز حلقه بسته همراه با تصمیم‌های مالی در شرایط عدم قطعیت، به هدف در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی توسعه به همراه تصمیم‌های مالی است. تصمیم‌های مالی شامل سرمایه‌گذاری‌های غیر از زنجیره تأمین و وام‌های دریافتی است. به عدم قطعیت تقاضا و بازگشت سرمایه مربوط به گزینه‌های دیگر سرمایه‌گذاری نیز توجه شده است. مسئله با روش برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ترکیبی، مدل‌سازی شده است. برای مواجهه با عدم قطعیت پارامترهای تقاضا و بازگشت سرمایه، از روش مسیر سناریو استفاده‌شده است. نتایج نشان داد اثربخشی ملاحظه تصمیم‌های مالی در طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز را نشان می‌دهد؛ زیرا افزایش تعداد وام‌های در دسترس، سطح خدمت ارائه‌شده به توزیع‌کنندگان افزایش می‌یابد. همچنین نتایج پژوهش محمدی و همکاران نشان داد ملاحظه هم‌زمان تصمیمات مالی و عدم قطعیت مربوط به تقاضا و بازگشت سرمایه به بهبود سودآوری زنجیره تأمین منجر می‌شود. کرباسیان و همکاران (۲۰۱۶)، مکان‌یابی و تعیین ظرفیت عناصر زنجیره تأمین حلقه بسته، مدل ارائه‌شده تمام جریان‌های مرتبط با جریان قطعات، مجموعه‌ها، محصول برگشتی را در برگرفته و همچنین، با در نظر گرفتن چهار هدف فازی که در آن موارد کمی و کیفی حضور دارند، می‌کوشد اختیارات تصمیم‌گیرنده را افزایش دهد. از دیگر تمایزهای مدل حاضر آن است که تمام حالت‌های برگشتی از مشتریان در نظر گرفته‌شده است. برای بررسی مدل بازیافت باتری خودرو جهت احداث مراکز زنجیره تأمین حلقه بسته در دوره زمانی ۱۰ ساله به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب‌شده که نتایج آن، به دلیل توجه هم‌زمان به تمام اهداف سودآوری، اثرات محیط‌زیست، انتخاب مراکز برتر و زمان تحویل، مورد تأیید خبرگان قرارگرفته است. در **جدول ۱**، شکاف تحقیقاتی موجود در مقالات اخیر پرداخته‌شده است.

۳- روش تحقیق

مقاله حاضر ازنظر هدف کاربردی و ازنظر نوع داده‌ها و نحوه اجرای تحقیق مدل‌سازی ریاضی با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی است و به بهینه‌سازی شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنعت دامداران پرداخته است. جامعه و نمونه آماری را ۱۵ نفر از خبرگان صنایع لبنی دامداران که حداقل دارای ده سال سابقه اجرایی در این صنایع و ارزیابی شبکه تأمین رادارند، همچنین اساتید دانشگاهی متخصص در حوزه شبکه تأمین حلقه بسته سبز تشکیل می‌دهند.

علت انتخاب صنعت لبنیات در پژوهش حاضر این است که این صنعت می‌تواند با زنجیره‌ی ارزش طولانی و حلقه‌های متعددی که دارد، صنعتی مؤثر و کارآمد در هر اقتصادی باشد. صنعتی که می‌تواند با ایجاد ارزش‌افزوده اقتصادی و خلق شغل‌های متنوع و گوناگون راه‌حلی بی‌بدیل برای حل مشکلات کلان و خرد اقتصادی جوامع باشد. در این زنجیره علاوه بر واحد دامداری، کارخانجات تولیدکننده‌ی مکمل‌های غذایی دام، کارخانجات تولیدکننده دارو و واکسن برای دام وجود دارند. در این زنجیره‌ی ارزش، شیر خام می‌باید به کارخانجات فرآوری مواد لبنی انتقال پیدا کند و در آنجا این ماده‌ی باارزش می‌تواند به ده‌ها محصول دیگر لبنی تبدیل شود. در پژوهش حاضر علاوه بر شیر، محصولاتی از قبیل ماست، خامه، پنیر و کره، در یک شبکه‌ی جامع حلقه بسته سبز با مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی جهت بهینه‌سازی هزینه‌ها و مدیریت موجودی شرکت دامداران تهیه‌شده است.

جدول ۱- شکاف تحقیقاتی موجود در مقالات اخیر.

Table 1- Research gaps in recent articles.

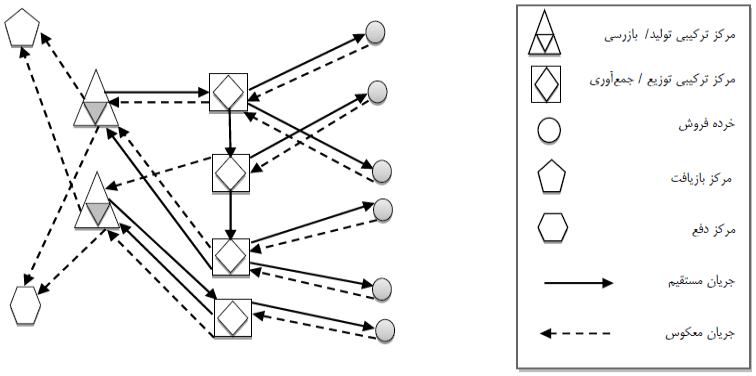
مقالات		توابع هدف				شبکه		زنجیره تأمین سبز		روش‌های حل		رویکرد بازگشتی		
نویسنده	سال	هزینه	زیست‌محیطی آثار	ابعاد مالی	چند دوره‌ای	چند محصولی	حمل‌ونقل	بازگشتی	ابتکاری	دقیق	(تعمیر) اصلاحی	بازیافت
کمال و همکاران	2021	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	
تسااور و همکاران	2021	✓	✓			✓	✓	✓		✓		
محتشمی و همکاران	2020	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	
ژانگ و همکاران	2020	✓	✓									
دی و گری	2020	✓			✓	✓	✓	✓	✓			
هوانگ و همکاران	2020	✓	✓									
ژن و همکاران	2019	✓	✓									
کیانی و سموئی	2020				✓	✓	✓	✓	✓	✓		
مخلص آبادی و همکاران	2020	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
حاجیان و همکاران	2019	✓	✓									
پارسائیان و همکاران	2019											
خاکبازان و همکاران	2018								✓		✓	
کولیائی و همکاران	2019								✓		✓	
بهزادی و سیف-برقی	2018								✓		✓	
محمدی و همکاران	2018	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	
پژوهش حاضر	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

۱-۳- مدل‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز شرکت دامداران با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی

۱-۱-۳- تعریف مسئله پژوهش

مسئله موردبررسی در این پژوهش، مدل‌سازی ریاضی (برنامه‌ریزی آرمانی فازی)، شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنعت لبنیات دامداران که باهدف هزینه‌ها، مسائل زیست‌محیطی، اجتماعی به حداقل برسد و درآمد شرکت ماکسیمم گردد. در مسئله پژوهش، طراحی شبکه با در نظر گرفتن اهداف مالی، زیست‌محیطی و اجتماعی می‌باشد. در این شبکه که چند سطحی و چند محصولی می‌باشد؛ ابتدا محصولات در مراکز تولیدی (شرکت دامداران) پنج محصول لبنی (شیر، ماست، خامه، کره و پنیر) را تولید نموده و سپس از طریق مراکز توزیع به خرده‌فروشان و آن‌ها نیز به مشتریان عرضه می‌نمایند، محصولاتی که مشتریان از آن‌ها رضایت ندارند یا تاریخ انقضاء آن‌ها گذشته برگشت داده می‌شوند و به مراکز جمع‌آوری انتقال و ازآنجا به مراکز تولید / بازرسی انتقال می‌یابند. همچنین آن دسته از محصولاتی که قابلیت بازیافت رادارند به مراکز بازیافت و آن محصولات لبنی که قابل بازیافت نیستند مستقیماً به مراکز دفع انتقال می‌یابند. **شکل ۱**، ساختار شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز موردبررسی در این پژوهش را نشان می‌دهد.

د ر مسئله موردنظر تعداد تولیدکننده (p) (یک تولیدکننده یعنی شرکت دامداران)، تعداد توزیع‌کنندگان یا مراکز جمع‌آوری (d) (۵۰ مرکز)؛ تعداد خرده‌فروشان (re) ۱۵۰ خرده‌فروش؛ تعداد مشتریان (cu) ۱۰۰۰۰ مشتری و تعداد مراکز بازیافت (r) (۵ مرکز) و تعداد مراکز دفع (D) (۳ مرکز)، همچنین تعداد مخازن ذخیره‌سازی شیر (z) (۵۰ مخزن)؛ در نظر گرفته‌شده است.



شکل ۱- شبکه تأمین حلقه بسته سبز (حاجیان و همکاران، ۲۰۱۹).
Figure 1- Green closed loop supply network (Hajian et al., 2019).

هدف این پژوهش، تعیین بهترین برنامه میان‌مدت چند دوره‌ای با اهداف بیشینه‌سازی سود؛ کمینه‌سازی هزینه‌ها؛ کمینه‌سازی تأثیرات زیست‌محیطی و اجتماعی با در نظر گرفتن محدودیت‌های عملیاتی و مالی به شیوه مشترک و یکپارچه برای مسائل زیر است:

برنامه تولید: مقدار تولید هر محصول نهایی در هر دوره.

برنامه توزیع: تعداد هر محصول نهایی که باید در هر دوره تحویل داده شود.

برنامه‌ریزی زیست‌محیطی: مدیریت میزان آلاینده حاصل از احداث مراکز تولید؛ میزان آلاینده حاصل از احداث مراکز بازیافت؛ نرخ برگشت محصول؛ ظرفیت وسیله نقلیه حمل محصول؛ نرخ بازیافت محصول برگشتی و غیره در هر دوره.

برنامه‌ریزی اجتماعی: محاسبات نرخ تصادفات جاده‌ی در مراکز تولید و خرده‌فروش‌ها.

۲-۱-۳- مفروضات مدل پژوهش

برخی از مفروضات مهم در نظر گرفته‌شده برای این مدل به شرح زیر است:

۱. مسئله مدنظر چند دوره‌ای و چند محصولی است.
۲. باید به همه مراکز توزیع / جمع‌آوری تأسیس‌شده، خدمت داده شود.
۳. تقاضای مراکز توزیع/ جمع‌آوری و خرده‌فروش‌ها در هر دوره فازی است.
٤. مدل ارائه‌شده ابعاد زیست‌محیطی، مالی و اجتماعی ساختار شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز را، یکپارچه می‌نماید.
٥. تعداد و محل قرارگیری مشتریان، توزیع‌کنندگان، خرده‌فروشان و مرکز تولید ثابت بوده و از قبل مشخص است.
٦. درصد نامشخصی از تقاضای هر دوره در خرده‌فروشی‌ها، در دوره بعد از پایان عمر محصول به‌عنوان محصولات منقضی شده به مراکز توزیع / جمع‌آوری برگشت داده می‌شوند.
۷. نوع ناوگان حمل‌ونقل موجود ناهمگن است، بنابراین ظرفیت خودروها یکسان نبوده و محدود هست.
۸. هر مسیر از یک مرکز تولید / بازرسی تأسیس‌شده آغازشده و پس از خدمت‌دهی به مراکز توزیع/ جمع‌آوری، دوباره به همان مرکز تولید/ بازرسی بازمی‌گردد.
۹. مسیریابی، از مرکز تولید / بازرسی به مراکز توزیع/ جمع‌آوری در نظر گرفته‌شده است.
۱۰. هر مرکز توزیع / جمع‌آوری مسئول جمع‌آوری محصولات منقضی شده از آن دسته خرده‌فروشانی است که تقاضای آن‌ها توسط آن مرکز توزیع / جمع‌آوری تأمین می‌شود.
۱۱. درصد مشخصی از تقاضای هر دوره در خرده‌فروش‌ها، در دوره بعد از پایان عمر محصول به‌عنوان محصولات منقضی شده به مراکز توزیع / جمع‌آوری برگشت داده می‌شوند.

به‌طورکلی موردمطالعه شرکت لبنی دامداران است که ما به دنبال طراحی مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی به‌منظور بررسی مسئولیت‌پذیری زنجیره تأمین حلقه بسته سبز می‌باشیم.

اندیس‌ها و مجموعه‌های مدل:

p: مرکز ترکیبی تولید/ بازرسی.

d: مراکز ترکیبی توزیع‌کننده / جمع‌آوری.

re: مجموعه خرده‌فروشان.

cu: مجموعه مشتریان.

r: مراکز بازیافت.

D: مراکز دفع.

m: مجموعه محصولات شیر.

y: مجموعه محصولات ماست.

c: مجموعه محصولات خامه.

ch: مجموعه محصولات پنیر.

b: مجموعه محصولات کره.

z: مجموعه مخازن ذخیره‌سازی شیر.

h: مجموعه مشتریان توزیع‌کننده.

n: مجموعه مشتریان خرده‌فروش.

t: دوره زمانی.

i: گره‌های شروع $i \in \{p \cup d \cup re \cup cu\}$.

j: گره‌های پایان $j \in \{re \cup d \cup p \cup r \cup D\}$.

پارامترهای مدل:

پارامترهای هزینه.

$\tilde{C}_{mp_t}$: هزینه تولید شیر توسط کارخانه در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ yp_t : هزینه تولید ماست توسط کارخانه در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ cp_t : هزینه تولید خامه توسط کارخانه در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ chp_t : هزینه تولید پنیر توسط کارخانه در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ bp_t : هزینه تولید کره توسط کارخانه در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ mpz_t : هزینه نگهداری مخازن شیر توسط کارخانه در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ mpd_t : هزینه حمل شیر توسط کارخانه به توزیع‌کننده در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ ypd_t : هزینه حمل ماست توسط کارخانه به توزیع‌کننده در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ cpd_t : هزینه حمل خامه توسط کارخانه به توزیع‌کننده در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $chpd_t$: هزینه حمل پنیر توسط کارخانه به توزیع‌کننده در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ bpd_t : هزینه حمل کره توسط کارخانه به توزیع‌کننده در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $mdre_t$: هزینه حمل شیر توسط توزیع‌کننده به خرده‌فروش در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $ydre_t$: هزینه حمل ماست توسط توزیع‌کننده به خرده‌فروش در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $cdret$: هزینه حمل خامه توسط توزیع‌کننده به خرده‌فروش در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $chdret$: هزینه حمل پنیرتوسط توزیع‌کننده به خرده‌فروش در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $bdret$: هزینه حمل کره توسط توزیع‌کننده به خرده‌فروش در هر واحد در دوره زمانی t.

هزینه‌های زنجیره تأمین معکوس در مدل به تفکیک هر محصول.

$\tilde{C}$ $mredt$: هزینه حمل شیر تاریخ گذشته از خرده‌فروش به توزیع‌کننده (مرکز جمع‌آوری) در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $mdpt$: هزینه حمل شیر تاریخ گذشته از توزیع‌کننده (مرکز جمع‌آوری) به کارخانه در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $mprt$: هزینه حمل شیر تاریخ گذشته از کارخانه به مرکز بازیافت در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $mpDt$: هزینه حمل شیر تاریخ گذشته از کارخانه به مرکز دفع در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $yred_t$: هزینه حمل ماست تاریخ گذشته از خرده‌فروش به توزیع‌کننده (مرکز جمع‌آوری) در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $ydpt$: هزینه حمل ماست تاریخ گذشته از توزیع‌کننده (مرکز جمع‌آوری) به کارخانه در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $yprt$: هزینه حمل ماست تاریخ گذشته از کارخانه به مرکز بازیافت در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ $ypDt$: هزینه حمل ماست تاریخ گذشته از کارخانه به مرکز دفع در هر واحد در دوره زمانی t.

$\tilde{C}$ *credt*: هزینه حمل خامه تاریخ گذشته از خرده‌فروش به توزیع‌کننده (مرکز جمع‌آوری) در هر واحد در دوره زمانی *t*.

$\tilde{C}$ *cdpt*: هزینه حمل خامه تاریخ گذشته از توزیع‌کننده (مرکز جمع‌آوری) به کارخانه در هر واحد در دوره زمانی *t*.

$\tilde{C}$ *cprt*: هزینه حمل خامه تاریخ گذشته از کارخانه به مرکز بازیافت در هر واحد در دوره زمانی *t*.

$\tilde{C}$ *cpDt*: هزینه حمل خامه تاریخ گذشته از کارخانه به مرکز دفع در هر واحد در دوره زمانی *t*.

$\tilde{C}$ *chredt*: هزینه حمل پنیر تاریخ گذشته از خرده‌فروش به توزیع‌کننده (مرکز جمع‌آوری) در هر واحد در دوره زمانی *t*.

$\tilde{C}$ *chdpt*: هزینه حمل پنیر تاریخ گذشته از توزیع‌کننده (مرکز جمع‌آوری) به کارخانه در هر واحد در دوره زمانی *t*.

$\tilde{C}$ *chprt*: هزینه حمل پنیر تاریخ گذشته از کارخانه به مرکز بازیافت در هر واحد در دوره زمانی *t*.

$\tilde{C}$ *chpDt*: هزینه حمل پنیر تاریخ گذشته از کارخانه به مرکز دفع در هر واحد در دوره زمانی *t*.

$\tilde{C}$ *bredt*: هزینه حمل کره تاریخ گذشته از خرده‌فروش به توزیع‌کننده (مرکز جمع‌آوری) در هر واحد در دوره زمانی *t*.

$\tilde{C}$ *bdpt*: هزینه حمل کره تاریخ گذشته از توزیع‌کننده (مرکز جمع‌آوری) به کارخانه در هر واحد در دوره زمانی *t*.

$\tilde{C}$ *bprt*: هزینه حمل کره تاریخ گذشته از کارخانه به مرکز بازیافت در هر واحد در دوره زمانی *t*.

$\tilde{C}$ *bpDt*: هزینه حمل کره تاریخ گذشته از کارخانه به مرکز دفع در هر واحد در دوره زمانی *t*.

پارامترهای قیمت.

Pmpdt: قیمت فروش هر واحد شیر تولیدشده از کارخانه به مراکز توزیع در دوره زمانی *t*.

Pypdt: قیمت فروش هر واحد ماست تولیدشده از کارخانه به مراکز توزیع در دوره زمانی *t*.

Pcpd t: قیمت فروش هر واحد خامه تولیدشده از کارخانه به مراکز توزیع در دوره زمانی *t*.

Pchpd t: قیمت فروش هر واحد پنیر تولیدشده از کارخانه به مراکز توزیع در دوره زمانی *t*.

Pbpd t: قیمت فروش هر واحد کره تولیدشده از کارخانه به مراکز توزیع در دوره زمانی *t*.

Pmdre t: قیمت فروش هر واحد شیر تولیدشده از مراکز توزیع به خرده‌فروش در دوره زمانی *t*.

Pydre t: قیمت فروش هر واحد ماست تولیدشده از مراکز توزیع به خرده‌فروش در دوره زمانی *t*.

Pcdre t: قیمت فروش هر واحد خامه تولیدشده از مراکز توزیع به خرده‌فروش در دوره زمانی *t*.

Pchdre t: قیمت فروش هر واحد پنیر تولیدشده از مراکز توزیع به خرده‌فروش در دوره زمانی *t*.

Pbdre t: قیمت فروش هر واحد کره تولیدشده از مراکز توزیع به خرده‌فروش در دوره زمانی *t*.

Pmrecut: قیمت فروش هر واحد شیر تولیدشده از خرده‌فروش به مشتری در دوره زمانی *t*.

Pyrecut: قیمت فروش هر واحد ماست تولیدشده از خرده‌فروش به مشتری در دوره زمانی *t*.

Pcrecu t: قیمت فروش هر واحد خامه تولیدشده از خرده‌فروش به مشتری در دوره زمانی *t*.

Pchrec t: قیمت فروش هر واحد پنیر تولیدشده از خرده‌فروش به مشتری در دوره زمانی *t*.

Pbrecu t: قیمت فروش هر واحد کره تولیدشده از خرده‌فروش به مشتری در دوره زمانی *t*.

پارامترهای زیست‌محیطی.

gp: مقدار متوسط انتشار گازهای گلخانه‌ای تولیدشده توسط شرکت دامداران در هر واحد.

gd: مقدار متوسط انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از احداث مراکز توزیع‌کننده.

gT: مقدار متوسط انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از حمل محصولات لبنی.

gr: مقدار متوسط انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از احداث مراکز بازیافت.

gD: مقدار متوسط انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از احداث مراکز دفع.

پارامترهای اجتماعی.

RARpdt: نرخ تصادفات جاده‌ای ناشی از حمل محصولات لبنی از تولیدکننده به مراکز توزیع در دوره زمانی (t).

RARdret: نرخ تصادفات جاده‌ای ناشی از حمل محصولات لبنی از مراکز توزیع به خرده‌فروش در دوره زمانی (t).

RARred t: نرخ تصادفات جاده‌ای ناشی از حمل محصولات لبنی تاریخ گذشته از خرده‌فروش به مراکز توزیع / جمع‌آوری در دوره زمانی (t).

RARdpt: نرخ تصادفات جاده‌ای ناشی از حمل محصولات لبنی تاریخ گذشته از مراکز توزیع / جمع‌آوری به مراکز تولید یا بازرسی در دوره زمانی (t).

RARprt: نرخ تصادفات جاده‌ای ناشی از حمل محصولات لبنی تاریخ گذشته از تولیدکننده به مراکز بازیافت در دوره زمانی (t).

RARpDt: نرخ تصادفات جاده‌ای ناشی از محصولات لبنی تاریخ گذشته از تولیدکننده به مراکز دفع در دوره زمانی (t).

پارامترهای ظرفیت.

mct: ظرفیت تولید شیر در دوره زمانی *t*.

yct: ظرفیت تولید ماست در دوره زمانی *t*.

cct: ظرفیت تولید خامه در دوره زمانی *t*.

chct: ظرفیت تولید پنیر در دوره زمانی *t*.

bct: ظرفیت تولید کره در دوره زمانی *t*.

$Tmct$: ظرفیت حمل‌ونقل شیر در دوره زمانی t.

$Tyct$: ظرفیت حمل‌ونقل ماست در دوره زمانی t.

$Tcct$: ظرفیت حمل‌ونقل خامه در دوره زمانی t.

$Tchct$: ظرفیت حمل‌ونقل پنیر در دوره زمانی t.

$Tbct$: ظرفیت حمل‌ونقل کره در دوره زمانی t.

dct: ظرفیت مرکز توزیع / جمع‌آوری در دوره زمانی t.

$rect$: ظرفیت خرده‌فروش در دوره زمانی t.

rct: ظرفیت مرکز بازیافت در دوره زمانی t.

Dct: ظرفیت مرکز دفع در دوره زمانی t.

zc: ظرفیت مخزن ذخیره‌سازی.

پارامترهای تقاضا.

$\tilde{d}_{mt}$: مقدار تقاضای شیر در دوره زمانی t.

$\tilde{d}_{yt}$: مقدار تقاضای ماست در دوره زمانی t.

$\tilde{d}_{ct}$: مقدار تقاضای خامه در دوره زمانی t.

$\tilde{d}_{cht}$: مقدار تقاضای پنیر در دوره زمانی t.

$\tilde{d}_{bt}$: مقدار تقاضای کره در دوره زمانی t.

$\tilde{d}_{ht}$: مقدار تقاضای محصولات لبنی از مشتریان توزیع‌کننده در دوره زمانی t.

$\tilde{d}_{nt}$: مقدار تقاضای محصولات لبنی از مشتریان خرده‌فروش در دوره زمانی t.

پارامترهای سطوح مادر انتظار و تلرانس‌های پایین و بالا برای آرمان‌ها.

AL_1: سطح مورد انتظار برای هزینه‌های اقتصادی.

AL_2: سطح مورد انتظار برای درآمد کل ناشی از فروش محصولات لبنی.

AL_3: سطح مورد انتظار برای هزینه‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای (هزینه‌های محیط زیستی).

AL_4: سطح مورد انتظار برای هزینه‌های اجتماعی.

ε_1 : حد تلرانس بالا برای هزینه‌های اقتصادی.

ε_2 : حد تلرانس پایین برای درآمد کل ناشی از فروش محصولات لبنی.

ε_3 : حد تلرانس بالا برای هزینه‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای (هزینه‌های محیط زیستی).

ε_4 : حد تلرانس بالا برای هزینه‌های اجتماعی.

متغیرهای تصمیم.

$Xmpd_t$: میزان شیر انتقالی از کارخانه به توزیع‌کننده به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xmdre_t$: میزان شیر انتقالی از توزیع‌کننده به خرده‌فروش به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xmrecu_t$: میزان شیر انتقالی از خرده‌فروش به مشتری به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xypd_t$: میزان ماست انتقالی از کارخانه به توزیع‌کننده به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xydre_t$: میزان ماست انتقالی از توزیع‌کننده به خرده‌فروش به ازای هر واحد در دوره زمانی t .

$Xyrecu_t$: میزان ماست انتقالی از خرده‌فروش به مشتری به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xcpd_t$: میزان خامه انتقالی از کارخانه به توزیع‌کننده به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xcdre_t$: میزان خامه انتقالی از توزیع‌کننده به خرده‌فروش به ازای هر واحد در دوره زمانی t .

$Xcrecu_t$: میزان خامه انتقالی از خرده‌فروش به مشتری به ازای هر واحد در دوره زمانی t .

$Xchpd_t$: میزان پنیر انتقالی از کارخانه به توزیع‌کننده به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xchdre_t$: میزان پنیر انتقالی از توزیع‌کننده به خرده‌فروش به ازای هر واحد در دوره زمانی t .

$Xchrecu_t$: میزان پنیر انتقالی از خرده‌فروش به مشتری به ازای هر واحد در دوره زمانی t .

$Xbpd_t$: میزان پنیر انتقالی از کارخانه به توزیع‌کننده به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xbdre_t$: میزان کره انتقالی از توزیع‌کننده به خرده‌فروش به ازای هر واحد در دوره زمانی t .

$Xbrecu_t$: میزان کره انتقالی از خرده‌فروش به مشتری به ازای هر واحد در دوره زمانی t .

$Xmad_t$: میزان شیر انتقالی به مشتریان توزیع‌کننده در دوزه زمانی t.

متغیرهای تصمیم برای فرآیند معکوس شبکه تأمین.

$Xmred_t$: میزان شیر انتقالی تاریخ گذشته از خرده‌فروش به مرکز جمع‌آوری به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xmdp_t$: میزان شیر انتقالی تاریخ گذشته از مرکز جمع‌آوری به مرکز بازرسی به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xmpr_t$: میزان شیر انتقالی تاریخ گذشته از مرکز بازرسی به مرکز بازیافت به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$XmpD_t$: میزان شیر انتقالی تاریخ گذشته از مرکز بازرسی به مرکز دفع به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xyred_t$: میزان ماست انتقالی تاریخ گذشته از خرده‌فروش به مرکز جمع‌آوری به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xydp_t$: میزان ماست انتقالی تاریخ گذشته از مرکز جمع‌آوری به مرکز بازرسی به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xypr_t$: میزان ماست انتقالی تاریخ گذشته از مرکز بازرسی به مرکز بازیافت به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$XypD_t$: میزان ماست انتقالی تاریخ گذشته از مرکز بازرسی به مرکز دفع به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xcrecu_t$: میزان خامه انتقالی تاریخ گذشته از خرده‌فروش به مرکز جمع‌آوری به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xcdp_t$: میزان خامه انتقالی تاریخ گذشته از مرکز جمع‌آوری به مرکز بازرسی به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xcpr_t$: میزان خامه انتقالی تاریخ گذشته از مرکز بازرسی به مرکز بازیافت به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$XcpD_t$: میزان خامه انتقالی تاریخ گذشته از مرکز بازرسی به مرکز دفع به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xchrecu_t$: میزان پنیر انتقالی تاریخ گذشته از خرده‌فروش به مرکز جمع‌آوری به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xchdp_t$: میزان پنیر انتقالی تاریخ گذشته از مرکز جمع‌آوری به مرکز بازرسی به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xchpr_t$: میزان پنیر انتقالی تاریخ گذشته از مرکز بازرسی به مرکز بازیافت به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$XchpD_t$: میزان پنیر انتقالی تاریخ گذشته از مرکز بازرسی به مرکز دفع به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xbrecu_t$: میزان کره انتقالی تاریخ گذشته از خرده‌فروش به مرکز جمع‌آوری به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xmdp_t$: میزان کره انتقالی تاریخ گذشته از مرکز جمع‌آوری به مرکز بازرسی به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xmpr_t$: میزان کره انتقالی تاریخ گذشته از مرکز بازرسی به مرکز بازیافت به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$XmpD_t$: میزان کره انتقالی تاریخ گذشته از مرکز بازرسی به مرکز دفع به ازای هر واحد در دوره زمانی t.

$Xmzp_t$: نگهداری از مخازن در کارخانه در دوره زمانی t .

Xmp_t: میزان ذخیره‌سازی شیر در کارخانه در دوره زمانی t .

Xyp_t: میزان ذخیره‌سازی ماست در کارخانه در دوره زمانی t .

Xcp_t: میزان ذخیره‌سازی خامه در کارخانه در دوره زمانی t .

$Xchp_t$: میزان ذخیره‌سازی پنیر در کارخانه در دوره زمانی t .

Xbp_t: میزان ذخیره‌سازی کره در کارخانه در دوره زمانی t .

Xr_t: احداث مراکز بازیافت در دوره زمانی t .

Xd_t: احداث مراکز توزیع در دوره زمانی t .

XD_t: احداث مراکز دفع در دوره زمانی t .

٤-١-٣- معرفی آرمان‌ها

آرمان اول: مینیمم کردن هزینه‌ها

$$G_1= \text{Min } Z_1$$

شامل

- *هزینه بهای تمام‌شده محصولات لبنی.*
- *هزینه احداث مراکز بازیافت.*
- *هزینه احداث مراکز دفع.*
- *هزینه احداث مراکز توزیع / جمع‌آوری.*
- *هزینه حمل محصولات لبنی.*
- *هزینه نگهداری مخازن شیر.*
- *هزینه احداث تولید/ بازرسی محصولات.*
- *هزینه بازیافت محصولات.*

آرمان دوم: ماکسیمم کردن درآمدهای حاصل از فروش محصولات لبنی (شامل ۵ محصول: شیر، ماست، خامه، پنیر و کره) در سراسر زنجیره تأمین.

$$G2= \text{Max } Z2$$

شامل

- *قیمت فروش محصولات لبنی از تولیدکننده (p) به توزیع‌کننده (d).*
- *قیمت فروش محصولات لبنی از توزیع‌کننده (d) به خرده‌فروش (re).*
- *قیمت فروش محصولات لبنی از خرده‌فروش (re) به مشتری (cu).*
- *آرمان سوم: کمینه‌سازی میزان انتشار گازهای آلاینده در سراسر شبکه تأمین.*

$$G3= \text{Min } Z3$$

شامل

- *گازهای گلخانه‌ای تولیدشده ناشی از تولید محصولات لبنی توسط شرکت دامداران/ بازرسی.*
- *گازهای گلخانه‌ای تولیدشده ناشی از احداث مراکز توزیع‌کننده / جمع‌آوری.*
- *گازهای گلخانه‌ای تولیدشده ناشی از حمل محصولات لبنی.*
- *گازهای گلخانه‌ای تولیدشده ناشی از احداث مراکز بازیافت.*
- *گازهای گلخانه‌ای تولیدشده ناشی از احداث مراکز دفع.*

آرمان چهارم: مینیمم کردن مجموع صدمات اجتماعی.

$$G4= \text{Min } Z4$$

شامل:

- *نرخ تصادفات جاده‌ای ناشی از حمل محصولات لبنی.*
- *نرخ تصادفات جاده‌ای ناشی از بازگشت محصولات تاریخ گذشته لبنی.*

۲-۳- توابع هدف

برای مواجهه با ماهیت چند هدفه مسئله برنامه اصلی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی بهره گرفته‌شده است. بر این اساس برای هر هدف مسئله حد مطلوبی (آرمانی)، در نظر گرفته‌شده و سپس طبق اصول برنامه‌ریزی آرمانی فازی سعی در کمینه-سازی انحرافات نامطلوب از حد مطلوب شده است. در تابع هدف طراحی‌شده، با توجه به اهمیت هرکدام از اهداف، به متغیرهای انحراف از آرمان (d)، یک وزن خاص و متناسب با میزان اهمیت آن‌ها با نظرسنجی از خبرگان و روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی تعلق‌گرفته است. چهار تابع هدف مهم برای مسئله مدل‌سازی مسئله زنجیره تأمین حلقه بسته سبز در صنعت لبنیات و شرکت دامداران، در نظر گرفته‌شده است.

تابع هدف:

$$Min\ Z=\sum_{t=1}^{T} w_1 d_1^+ + w_2 d_2^- + w_3 d_3^+ + w_4 d_4^+ . \qquad (۱)$$

آرمان اول: هزینه‌های اقتصادی در سراسر زنجیره تأمین.

آرمان اول (**معادله (۱)**)، مربوط به هزینه‌های اقتصادی در سراسر زنجیره تأمین شرکت لبنی دامداران است. در این آرمان حداقل سازی هزینه‌های تأمین در هر سطح و هزینه انتقال در سطح بعدی در نظر گرفته‌شده است. علاوه بر این، بخش‌های گوناگون این آرمان را که به ترتیب ارائه داده می‌شود عبارت‌اند از:

- *هزینه تولید محصولات لبنی در کارخانه دامداران.*
- *هزینه نگهداری مخازن شیر توسط کارخانه دامداران.*
- *هزینه حمل محصولات لبنی از کارخانه به سراسر شبکه تأمین دامداران.*
- *هزینه احداث مراکز بازیافت.*
- *هزینه احداث مراکز دفع.*
- *هزینه احداث مراکز توزیع / جمع‌آوری.*

G_1= حداقل سازی هزینه‌های اقتصادی (**معادله (۲)**).

$$\left(\sum_{y}\sum_{p}\sum_{d}\sum_{t} Xypd_t \times \tilde{C}yp_t\right)+\left(\sum_{c}\sum_{p}\sum_{d}\sum_{t} Xcpd_t \times \tilde{C}cp_t\right)$$
$$+\left(\sum_{ch}\sum_{p}\sum_{d}\sum_{t} Xchpd_t \times \tilde{C}chp_t\right)+\left(\sum_{b}\sum_{p}\sum_{d}\sum_{t} Xbpd_t \times \tilde{C}bp_t\right)+$$
$$+\left(\sum_{m}\sum_{p}\sum_{z}\sum_{t} Xmzp_t \times \tilde{C}mp_t\right)+\left(\sum_{m}\sum_{p}\sum_{d}\sum_{t} Xmpd_t \times \tilde{C}mpd_t\right)+\left(\sum_{y}\sum_{p}\sum_{d}\sum_{t} Xypd_t \times \tilde{C}ypd_t\right)+\left(\sum_{c}\sum_{p}\sum_{d}\sum_{t} Xcpd_t \times \tilde{C}cpd_t\right)$$
$$+\left(\sum_{ch}\sum_{p}\sum_{d}\sum_{t} Xchpd_t \times \tilde{C}chpd_t\right)+\left(\sum_{b}\sum_{p}\sum_{d}\sum_{t} Xbpd_t \times \tilde{C}bpd_t\right)+\left(\sum_{m}\sum_{d}\sum_{re}\sum_{t} Xmdre_t \times \tilde{C}mdre_t\right)+\left(\sum_{y}\sum_{d}\sum_{re}\sum_{t} Xydre_t \times \tilde{C}ydre_t\right)+$$
$$\left(\sum_{c}\sum_{d}\sum_{re}\sum_{t} Xcdre_t \times \tilde{C}cdre_t\right)+\left(\sum_{ch}\sum_{d}\sum_{re}\sum_{t} Xchdre_t \times \tilde{C}chdre_t\right)+\left(\sum_{b}\sum_{d}\sum_{re}\sum_{t} Xbdre_t \times \tilde{C}bdre_t\right)+$$

$$+\left(\sum_{m\,re\,cu\,t}\sum Xmrecu_t\times\tilde{C}mrecu_t\right)+\left(\sum_{y\,re\,cu\,t}\sum Xyrecu_t\times\tilde{C}yrecu_t\right)$$
$$+\left(\sum_{c\,re\,cu\,t}\sum Xcrecu_t\times\tilde{C}crecu_t\right)+\left(\sum_{ch\,re\,cu\,t}\sum Xchrecu_t\times\tilde{C}chrecu_t\right)$$
$$+\left(\sum_{b\,re\,cu\,t}\sum Xbrecu_t\times\tilde{C}brecu_t\right)+\left(\sum_{m\,re\,d\,t}\sum Xmred_t\times\tilde{C}mred_t\right)+\left(\sum_{m\,p\,d\,t}\sum Xmdp_t\times\tilde{C}mdp_t\right)+\left(\sum_{m\,p\,r\,t}\sum Xmpr_t\times\tilde{C}mpr_t\right)+$$
$$+\left(\sum_{m\,p\,D\,t}\sum XmpD_t\times\tilde{C}mpD_t\right)+\left(\sum_{y\,re\,d\,t}\sum Xyred_t\times\tilde{C}yred_t\right)+\left(\sum_{y\,d\,p\,t}\sum Xydp_t\times\tilde{C}ydp_t\right)+\left(\sum_{y\,p\,r\,t}\sum Xypr_t\times\tilde{C}ypr_t\right)+$$
$$+\left(\sum_{y\,p\,D\,t}\sum XypD_t\times\tilde{C}ypD_t\right)+\left(\sum_{c\,re\,d\,t}\sum Xcred_t\times\tilde{C}mred_t\right)+\left(\sum_{c\,d\,p\,t}\sum Xcdp_t\times\tilde{C}mdp_t\right)+\left(\sum_{c\,p\,r\,t}\sum Xcpr_t\times\tilde{C}cpr_t\right)+$$
$$+\left(\sum_{c\,p\,D\,t}\sum XcpD_t\times\tilde{C}cpD_t\right)+\left(\sum_{ch\,re\,d\,t}\sum Xchred_t\times\tilde{C}chred_t\right)+\left(\sum_{ch\,d\,p\,t}\sum Xchdp_t\times\tilde{C}chdp_t\right)+\left(\sum_{ch\,p\,r\,t}\sum Xchpr_t\times\tilde{C}chpr_t\right)+$$
$$+\left(\sum_{ch\,p\,D\,t}\sum XchpD_t\times\tilde{C}chpD_t\right)+\left(\sum_{b\,re\,d\,t}\sum Xbred_t\times\tilde{C}bred_t\right)+\left(\sum_{b\,d\,p\,t}\sum Xbdp_t\times\tilde{C}bdp_t\right)+\left(\sum_{b\,p\,r\,t}\sum Xbpr_t\times\tilde{C}bpr_t\right)+$$
$$+\left(\sum_{b\,p\,D\,t}\sum XbpD_t\times\tilde{C}bpD_t\right)+\left(\sum_{r\,t}\sum Xr_t\times\tilde{C}r_t\right)+\left(\sum_{d\,t}\sum Xd_t\times\tilde{C}d_t\right)+\left(\sum_{D\,t}\sum XD_t\times\tilde{C}D_t\right)+d_1^- - d_1^+ = AL_1. \quad (۲)$$

آرمان دوم: درآمد کل حاصل از فروش محصولات لبنی در سراسر شبکه تأمین.

آرمان دوم (**معادله (۳)**)، مربوط به حداکثر سازی درآمد کل حاصل از فروش محصولات لبنی در سراسر زنجیره تأمین شرکت دامداران است. این آرمان به‌عنوان قیمت فروش محصولات لبنی موردتوجه قرارگرفته و علاوه بر این، بخش‌های گوناگون این آرمان را که به ترتیب ارائه داده می‌شود عبارت‌اند از:

- *قیمت فروش هر واحد از محصولات لبنی تولیدشده در کارخانه دامداران برای مراکز توزیع / جمع‌آوری.*
- *قیمت فروش هر واحد از محصولات لبنی تولیدشده از توزیع‌کننده به خرده‌فروش.*
- *قیمت فروش هر واحد از محصولات لبنی تولیدشده از خرده‌فروش به مشتری (**معادله (۳)**).*

G_2= حداکثر سازی درآمد کل ناشی از فروش محصولات لبنی در سراسر شبکه تأمین.

$$G_2 = \left(\sum_{m\,p\,d\,t}\sum Xmpd_t\times Pmpd_t\right)+\left(\sum_{m\,d\,re\,t}\sum Xmdre_t\times Pmdre_t\right)$$
$$+\left(\sum_{m\,re\,cu\,t}\sum Xmrecu_t\times Pmrecu_t\right)+\left(\sum_{y\,p\,d\,t}\sum Xypd_t\times Pypd_t\right)$$
$$+\left(\sum_{y\,d\,re\,t}\sum Xydre_t\times Pydre_t\right)+\left(\sum_{y\,re\,cu\,t}\sum Xyrecu_t\times Pyrecu_t\right)$$
$$+\left(\sum_{c\,p\,d\,t}\sum Xcpd_t\times Pcpd_t\right)+\left(\sum_{c\,d\,re\,t}\sum Xcdre_t\times Pcdre_t\right)$$
$$+\left(\sum_{c\,re\,cu\,t}\sum Xcrecu_t\times Pcrecu_t\right)+\left(\sum_{ch\,p\,d\,t}\sum Xchpd_t\times Pchpd_t\right)$$
$$+\left(\sum_{ch\,d\,re\,t}\sum Xchdre_t\times Pchdre_t\right)+\left(\sum_{ch\,re\,cu\,t}\sum Xchrecu_t\times Pchrecu_t\right)$$
$$+\left(\sum_{b\,p\,d\,t}\sum Xbpd_t\times Pbpd_t\right)+\left(\sum_{b\,d\,re\,t}\sum Xbdre_t\times Pbdre_t\right)$$
$$+\left(\sum_{b\,re\,cu\,t}\sum Xbrecu_t\times Pbrecu_t\right)+d_2^- - d_2^+ = AL_2. \quad (۳)$$

آرمان سوم: هزینه‌ها انتشار گازهای گلخانه‌ای (زیست‌محیطی) در سراسر زنجیره تأمین.

آرمان سوم (**معادله (٤)**)، نیز مربوط به هزینه‌های زیست‌محیطی انتشار گازهای گلخانه‌ای در سراسر زنجیره تأمین است. این آرمان باهدف حداقل سازی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در تمامی سطوح زنجیره تأمین، شامل عرضه و تقاضا موردتوجه قرارگرفته است که شامل میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تولیدشده توسط: کارخانه دامداران از تولید محصولات لبنی، گازهای گلخانه‌ای ناشی از حمل محصولات لبنی از تولیدکننده به توزیع‌کنندگان یا مراکز جمع‌آوری و احداث مراکز توزیع، حمل‌ونقل محصولات لبنی در سراسر شبکه تأمین (تولیدکننده- توزیع‌کننده - خرده‌فروش و بازگشت محصولات لبنی تاریخ گذشته به تولیدکننده تا انتقال آن‌ها به مرکز بازیافت و دفع)، احداث مراکز بازیافت و احداث مراکز دفع را شامل می‌گردد.

G_3= حداقل سازی هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای.

$$
\begin{aligned}
G_3 = {} & gp\left(\sum_m\sum_p\sum_d\sum_t Xmpd_t + \sum_y\sum_p\sum_d\sum_t Xypd_t + \sum_c\sum_p\sum_d\sum_t Xcpd_t + \sum_{ch}\sum_p\sum_d\sum_t Xchpd_t + \sum_b\sum_p\sum_d\sum_t Xbpd_t\right) + \\
& gd\left(\sum_m\sum_d\sum_{re}\sum_t Xmdre_t + \sum_y\sum_d\sum_{re}\sum_t Xydre_t + \sum_c\sum_d\sum_{re}\sum_t Xcdre_t + \sum_{ch}\sum_d\sum_{re}\sum_t Xchdre_t + \sum_b\sum_d\sum_{re}\sum_t Xbdre_t\right) + \\
& gT\left(\sum_m\sum_p\sum_d\sum_t Xmpd_t + \sum_y\sum_p\sum_d\sum_t Xypd_t + \sum_c\sum_p\sum_d\sum_t Xcpd_t + \sum_{ch}\sum_p\sum_d\sum_t Xchpd_t + \sum_b\sum_p\sum_d\sum_t Xbpd_t + \right) \\
& \left(+\sum_m\sum_d\sum_{re}\sum_t Xmdre_t + \sum_y\sum_d\sum_{re}\sum_t Xydre_t + \sum_c\sum_d\sum_{re}\sum_t Xcdre_t + \sum_{ch}\sum_d\sum_{re}\sum_t Xchdre_t + \sum_b\sum_d\sum_{re}\sum_t Xbdre_t + \right) \\
& \left(+\sum_m\sum_{re}\sum_d\sum_t Xmred_t + \sum_y\sum_{re}\sum_d\sum_t Xyred_t + \sum_c\sum_{re}\sum_d\sum_t Xcred_t + \sum_{ch}\sum_{re}\sum_d\sum_t Xchred_t + \sum_b\sum_{re}\sum_d\sum_t Xbred_t + \right) \\
& \left(+\sum_m\sum_d\sum_p\sum_t Xmdp_t + \sum_y\sum_d\sum_p\sum_t Xydp_t + \sum_c\sum_d\sum_p\sum_t Xcdp_t + \sum_{ch}\sum_d\sum_p\sum_t Xchdp_t + \sum_b\sum_d\sum_p\sum_t Xbdp_t + \right) \\
& \left(+\sum_m\sum_P\sum_r\sum_t Xmpr_t + \sum_y\sum_p\sum_r\sum_t Xypr_t + \sum_c\sum_p\sum_r\sum_t Xcpr_t + \sum_{ch}\sum_p\sum_r\sum_t Xchpr_t + \sum_b\sum_p\sum_r\sum_t Xbpr_t + \right) \\
& \left(+\sum_m\sum_p\sum_D\sum_t XmpD_t + \sum_y\sum_p\sum_D\sum_t XypD_t + \sum_c\sum_p\sum_D\sum_t XcpD_t + \sum_{ch}\sum_p\sum_D\sum_t XchpD_t + \sum_b\sum_p\sum_D\sum_t XbpD_t\right) + \\
& +gr\left(\sum_m\sum_P\sum_r\sum_t Xmpr_t + \sum_y\sum_p\sum_r\sum_t Xypr_t + \sum_c\sum_p\sum_r\sum_t Xcpr_t + \sum_{ch}\sum_p\sum_r\sum_t Xchpr_t + \sum_b\sum_p\sum_r\sum_t Xbpr_t\right) + \\
& +gD\left(\sum_m\sum_p\sum_D\sum_t XmpD_t + \sum_y\sum_p\sum_D\sum_t XypD_t + \sum_c\sum_p\sum_D\sum_t XcpD_t + \sum_{ch}\sum_p\sum_D\sum_t XchpD_t + \sum_b\sum_p\sum_D\sum_t XbpD_t\right) + d_3^- - d_3^+ = AL_3.
\end{aligned}
\qquad (۴)
$$

آرمان چهارم: هزینه‌های صدمات اجتماعی در سراسر زنجیره تأمین.

آرمان چهارم (**معادله (٥)**)، نیز مربوط به هزینه‌های اجتماعی در سراسر زنجیره تأمین است. این آرمان باهدف حداقل سازی میزان صدمات اجتماعی در تمامی سطوح زنجیره تأمین، شامل: حداقل کردن نرخ تصادفات جاده‌ای از تولیدکننده به توزیع‌کننده، توزیع‌کننده به خرده‌فروش و محصولات لبنی تاریخ گذشته از خرده‌فروش به مراکز جمع‌آوری، از مراکز جمع‌آوری به مراکز بازرسی و از مراکز بازرسی به مراکز بازیافت و دفع را شامل می‌گردد.

$$G_4 = \left(\sum_{m\,p\,d\,t} Xmpd_t \%RARpd_t + \sum_{y\,p\,d\,t} Xypd_t \%RARpd_t + \sum_{c\,p\,d\,t} Xcpd_t \%RARpd_t + \sum_{ch\,p\,d\,t} Xchpd_t \%RARpd_t + \sum_{b\,p\,d\,t} Xbpd_t \%RARpd_t\right) +$$
$$+\left(\sum_{m\,d\,re\,t} Xmdre_t \%RARdre_t + \sum_{y\,d\,re\,t} Xydre_t \%RARdre_t + \sum_{c\,d\,re\,t} Xcdre_t \%RARdre_t + \sum_{ch\,d\,re\,t} Xchdre_t \%RARdre_t + \sum_{b\,d\,re\,t} Xbdre_t \%RARdre_t\right) +$$
$$+\left(\sum_{m\,re\,d\,t} Xmred_t \%RARred_t + \sum_{y\,re\,d\,t} Xyred_t \%RARred_t + \sum_{c\,re\,d\,t} Xcred_t \%RARred_t + \sum_{chre\,d\,t} Xchred_t \%RARred_t + \sum_{b\,re\,d\,t} Xbred_t \%RARred_t\right) +$$
$$+\left(\sum_{m\,d\,p\,t} Xmdp_t \%RARdp_t + \sum_{y\,d\,p\,t} Xydp_t \%RARdp_t + \sum_{c\,d\,p\,t} Xcdp_t \%RARdp_t + \sum_{ch\,d\,p\,t} Xchdp_t \%RARpd_t + \sum_{b\,d\,p\,t} Xbdp_t \%RARdp_t\right) +$$
$$+\left(\sum_{m\,p\,r\,t} Xmpr_t \%RARpr_t + \sum_{y\,p\,r\,t} Xypr_t \%RARpr_t + \sum_{c\,p\,r\,t} Xcpr_t \%RARpr_t + \sum_{ch\,p\,r\,t} Xchpr_t \%RARpr_t + \sum_{b\,p\,r\,t} Xbpr_t \%RARpr_t\right) +$$
$$+\left(\sum_{m\,p\,D\,t} XmpD_t \%RARpD_t + \sum_{y\,p\,D\,t} XypD_t \%RARpD_t + \sum_{c\,p\,D\,t} XcpD_t \%RARpD_t + \sum_{ch\,p\,D\,t} XchpD_t \%RARpD_t + \sum_{b\,p\,D\,t} XbpD_t \%RARpD_t\right) + d_4^- - d_4^+ = AL_4. \quad (۵)$$

G_4= حداقل سازی هزینه‌های اجتماعی ناشی از تصادفات جاده‌ای در سراسر شبکه تأمین.

۳-۳- محدودیت‌ها

۱-۳-۳- محدودیت‌های رضایتمندی تقاضا

نامعادلات (٦) تا **(۲۰)**، محدودیت میزان تقاضا به ازای هر ۵ محصول لبنی موردمطالعه را در شرکت دامداران نشان می‌دهند.

$$\left(\sum_{p}\sum_{cu} Xmpcu_t + \sum_{d}\sum_{cu} Xmdcu_t + \sum_{re}\sum_{cu} Xmrecu_t\right) \geq m\tilde{d}_t, \quad \forall m,t \quad \text{محدودیت میزان تقاضای شیر} \quad (۶)$$

$$\left(\sum_{p}\sum_{cu} Xypcu_t + \sum_{d}\sum_{cu} Xydcu_t + \sum_{re}\sum_{cu} Xyrecu_t\right) \geq y\tilde{d}_t, \quad \forall y,t \quad \text{محدودیت میزان تقاضای ماست} \quad (۷)$$

$$\left(\sum_{p}\sum_{cu} Xcpcu_t + \sum_{d}\sum_{cu} Xcdcu_t + \sum_{re}\sum_{cu} Xcrecu_t\right) \geq c\tilde{d}_t, \quad \forall c,t \quad \text{محدودیت میزان تقاضای خامه} \quad (۸)$$

$$\left(\sum_{p}\sum_{cu} Xchpcu_t + \sum_{d}\sum_{cu} Xchdcu_t + \sum_{re}\sum_{cu} Xchrecu_t\right) \geq ch\tilde{d}_t, \quad \forall ch,t \quad \text{محدودیت میزان تقاضای پنیر} \quad (۹)$$

$$\left(\sum_{p}\sum_{cu} Xbpcu_t + \sum_{d}\sum_{cu} Xbdcu_t + \sum_{re}\sum_{cu} Xbrecu_t\right) \geq b\tilde{d}_t, \quad \forall b,t \quad \forall t, \quad \text{محدودیت میزان تقاضای کره} \quad (۱۰)$$

$$\sum_{m}\sum_{p}\sum_{d} Xmpd_t \geq h\tilde{d}m_t, \quad \forall t \quad (۱۱)$$

$$\sum_{y}\sum_{p}\sum_{d} Xypd_t \geq h\tilde{d}y_t, \quad \forall t \quad (۱۲)$$

$$\sum_{c}\sum_{p}\sum_{d} Xcpd_t \geq h\tilde{d}c_t, \quad \forall t \quad (۱۳)$$

$$\sum_{ch}\sum_{p}\sum_{d} Xchpd_t \geq h\tilde{d}ch_t, \quad \forall t \quad (۱۴)$$

$$\sum_{b}\sum_{p}\sum_{d} Xbpd_t \geq h\tilde{d}b_t, \quad \forall t \quad (۱۵)$$

$$\sum_{m}\sum_{d}\sum_{re} Xmdre_t \geq n\tilde{d}m_t, \quad \forall t \quad (۱۶)$$

$$\sum_{y}\sum_{d}\sum_{re} Xydre_t \geq n\tilde{d}y_t, \quad \forall t \quad (۱۷)$$

$$\sum_{c}\sum_{d}\sum_{re} Xcdre_t \geq n\tilde{d}y_t, \quad \forall t \quad (۱۸)$$

$$\sum_{ch}\sum_{d}\sum_{re} Xchdre_t \geq n\tilde{d}ch_t, \quad \forall t \quad (۱۹)$$

$$\sum_{b}\sum_{d}\sum_{re} Xbdre_t \geq n\tilde{d}b_t. \quad \forall t \quad (۲۰)$$

۲-۳-۳- محدودیت‌های ظرفیت

نامعادلات (۲۱)-(۳۹)، میزان محدودیت تولید، حمل و توزیع و جمع‌آوری، مخازن ذخیره‌سازی به ازای هریک از محصولات لبنی را در سراسر شبکه تأمین اعم از تولیدکننده / بازرسی، توزیع‌کنندگان / جمع‌آوری، خرده‌فروشان و مراکز بازیافت و دفع را نشان می‌دهد.

(۲۱) محدودیت تولید شیر

$$(\sum_{m}\sum_{p}\sum_{d} Xmpd_t) \le mc_t, \quad \forall t$$

(۲۲) محدودیت تولید ماست

$$(\sum_{y}\sum_{p}\sum_{d} Xypd_t) \le yc_t, \quad \forall t$$

(۲۳) محدودیت تولید خامه

$$(\sum_{c}\sum_{p}\sum_{d} Xcpd_t) \le cc_t, \quad \forall t$$

(۲۴) محدودیت تولید پنیر

$$(\sum_{ch}\sum_{p}\sum_{d} Xchpd_t) \le chc_t, \quad \forall t$$

(۲۵) محدودیت تولید کره

$$(\sum_{b}\sum_{p}\sum_{d} Xbpd_t) \le bc_t, \quad \forall t$$

(۲۶) حمل شیر

$$(\sum_{m\,p\,d} Xmpd_t + \sum_{m\,d\,re} Xmdre_t + \sum_{m\,re\,d} Xmred_t + \sum_{m\,d\,p} Xmdp_t + \sum_{m\,p\,r} Xmpr_t + \sum_{m\,p\,D} Xmpr_t + \sum_{m\,r\,p} Xmrp_t) \le Tmc_t, \quad \forall t$$

(۲۷) حمل ماست

$$(\sum_{y\,p\,d} Xypd_t + \sum_{y\,d\,re} Xydre_t + \sum_{y\,re\,d} Xyred_t + \sum_{y\,d\,p} Xydp_t + \sum_{y\,p\,r} Xypr_t + \sum_{y\,p\,D} Xypr_t + \sum_{y\,r\,p} Xyrp_t) \le Tyc_t, \quad \forall t$$

(۲۸) حمل خامه

$$(\sum_{c\,p\,d} Xcpd_t + \sum_{c\,d\,re} Xcdre_t + \sum_{c\,re\,d} Xcred_t + \sum_{c\,d\,p} Xcdp_t + \sum_{c\,p\,r} Xcpr_t + \sum_{c\,p\,D} Xcpr_t + \sum_{c\,r\,p} Xcrp_t) \le Tcc_t, \quad \forall t$$

محدودیت حمل پنیر

(۲۹)

$$(\sum_{ch\,p\,d} Xchpd_t + \sum_{ch\,d\,re} Xchdre_t + \sum_{ch\,re\,d} Xchred_t + \sum_{ch\,d\,p} Xchdp_t + \sum_{ch\,p\,r} Xchpr_t + \sum_{ch\,p\,D} Xchpr_t + \sum_{ch\,r\,p} Xchrp_t) \le Tchc_t, \quad \forall t$$

محدودیت حمل کره

(۳۰)

$$(\sum_{b\,p\,d} Xbpd_t + \sum_{b\,d\,re} Xbdre_t + \sum_{b\,re\,d} Xbred_t + \sum_{b\,d\,p} Xbdp_t + \sum_{b\,p\,r} Xbpr_t + \sum_{b\,p\,D} Xbpr_t + \sum_{b\,r\,p} Xbrp_t) \le Tbc_t, \quad \forall t$$

محدودیت ظرفیت مراکز توزیع یا جمع آوری محصولات لبنی

(۳۱)

$$\begin{aligned}&(\sum_{m\,p\,d} Xmpd_t + \sum_{y\,p\,d} Xypd_t + \sum_{c\,p\,d} Xcpd_t + \sum_{ch\,p\,d} Xchpd_t + \sum_{b\,p\,d} Xbpd_t) + \\ &\sum_{m\,re\,d} Xmred_t + \sum_{y\,re\,d} Xyred_t + \sum_{c\,re\,d} Xcred_t + \sum_{ch\,re\,d} Xchred_t + \sum_{b\,re\,d} Xbred_t) - \\ &(\sum_{m\,d} Xmdre_{dret} - \sum_{y\,d} Xydre_{dret} - \sum_{c\,d} Xcdre_{dret} - \sum_{ch\,d} Xchdre_{dret} - \sum_{b\,d} Xbdre_{dret}) \le dc_t, \quad \forall d,t\end{aligned}$$

محدودیت ظرفیت مراکز خرده فروش محصولات لبنی

(۳۲)

$$\begin{aligned}&(\sum_{m\,d} Xmdre_{dret} + \sum_{y\,d} Xydre_{dret} + \sum_{c\,d} Xcdre_{dret} + \sum_{ch\,d} Xchdre_{dret} + \sum_{b\,d} Xbdre_{dret} -) \\ &(-\sum_{m\,d} Xmred_{dret} - \sum_{y\,d} Xyred_{dret} - \sum_{c\,d} Xcred_{dret} - \sum_{ch\,d} Xchred_{dret} - \sum_{b\,d} Xbred_{dret}) \le rec_t, \quad \forall re,t\end{aligned}$$

محدودیت ظرفیت مراکز بازیافت محصولات لبنی

(۳۳)

$$(\sum_{m\,p} Xmpr_t + \sum_{y\,p} Xypr_t + \sum_{c\,p} Xcpr_t + \sum_{ch\,p} Xchpr_t + \sum_{b\,p} Xbpr_t) \le rc_t, \quad \forall r,t$$

محدودیت ظرفیت مراکز دفع محصولات لبنی

(۳۴)

$$\begin{aligned}&(\sum_{m\,p} XmpD_t + \sum_{y\,p} XypD_t + \sum_{c\,p} XcpD_t + \sum_{ch\,p} XchpD_t + \sum_{b\,p} XbpD_t) \\ &(\sum_{m\,r} XmrD_t + \sum_{y\,r} XyrD_t + \sum_{c\,r} XcrD_t + \sum_{ch\,r} XchrD_t + \sum_{b\,r} XbrD_t) \le Dc_t, \quad \forall D,t\end{aligned}$$

$$\sum_{m}\sum_{p} Xmp_t \le zc_t, \quad \text{محدودیت مخزن ذخیره سازی شیر در کارخانه} \qquad (۳۵)$$

$$\sum_{y}\sum_{p} Xyp_t \le zc_t, \quad \text{محدودیت مخزن ذخیره سازی ماست در کارخانه} \qquad (۳۶)$$

$$\sum_{c}\sum_{p} Xcp_t \le zc_t, \quad \text{محدودیت مخزن ذخیره سازی خامه در کارخانه} \qquad (۳۷)$$

$$\sum_{ch}\sum_{p} Xchp_t \le zc_t, \quad \text{محدودیت مخزن ذخیره سازی پنیر در کارخانه} \qquad (۳۸)$$

$$\sum_{b}\sum_{p} Xbp_t \le zc_t, \quad \text{محدودیت مخزن ذخیره سازی کره در کارخانه} \qquad (۳۹)$$

جهت ایجاد توازن در مدل محدودیت‌های **(٤٠)**-**(٤٤)** نیز تعریف‌شده‌اند. خروجی مراکز توزیع باید کمتر مساوی ورودی آن‌ها باشد.

$$\sum_{cu} Xmdcu_t + \sum_{re} Xmdre_t \le \sum_{p} Xmdp_t, \quad \forall m,d,t \qquad (۴۰)$$

$$\sum_{cu} Xydcu_t + \sum_{re} Xydre_t \le \sum_{p} Xydp_t, \quad \forall y,d,t \qquad (۴۱)$$

$$\sum_{cu} Xcdcu_t + \sum_{re} Xcdre_t \le \sum_{p} Xcdp_t, \quad \forall c,d,t \qquad (۴۲)$$

$$\sum_{cu} Xchdcu_t + \sum_{re} Xchdre_t \le \sum_{p} Xchdp_t, \quad \forall ch,d,t \qquad (۴۳)$$

$$\sum_{cu} Xbdcu_t + \sum_{re} Xbdre_t \le \sum_{p} Xbdp_t, \quad \forall b,d,t \qquad (۴۴)$$

خروجی خرده‌فروش‌ها باید کمتر مساوی ورودی آن‌ها باشد (**نامعادلات (٤٥)- (٤٩)**).

$$\sum_{cu} Xmrecu_t \le \sum_{d} Xmdre_t, \quad \forall m,re,t \qquad (۴۵)$$

$$\sum_{cu} Xyrecu_t \le \sum_{d} Xydre_t, \quad \forall y,re,t \qquad (۴۶)$$

$$\sum_{cu} Xcrecu_t \le \sum_{d} Xcdre_t, \quad \forall c,re,t \qquad (۴۷)$$

$$\sum_{cu} Xchrecu_t \le \sum_{d} Xchdre_t, \quad \forall ch,re,t \qquad (۴۸)$$

$$\sum_{cu} Xbrecu_t \le \sum_{d} Xbdre_t, \quad \forall b,re,t \qquad (۴۹)$$

غیر منفی بودن متغیرها: x_{ij} ها و t بزرگ‌تر مساوی صفر. و μ_i برابر یا کمتر از ۱ و یا برابر یا بیشتر از صفر باشد.

$$X_{ij}, t \ge 0.$$

$$0 \le \mu_i \le 1.$$

در مدل‌سازی برنامه‌ریزی آرمانی فازی اکثر محققان مانند روش ناراسیمهان، روش زیمرمن، روش حنان، روش نرم اقلیدسی، به‌استثناء تیواری یک درجه دستیابی کلی μ برای تمامی آرمان‌ها در نظر گرفته و آن را برابر با تابع عضویت هریک از آرمان‌ها قرار می‌دهند، آن‌ها در تابع هدف با حداکثر کردن این درجه دستیابی کلی، بیشترین درجه عضویت تصمیم فازی را به دست می‌آورند. در این شیوه تصمیم فازی، حاصل تعامل میان آرمان‌ها فازی بود و اهمیت و اولویت خاصی برای هیچ‌کدام در نظر نمی‌گرفت. گرچه این شیوه کارایی زیادی در محاسبات داشت، لیکن هنگامی‌که دستیابی به بعضی از آرمان‌ها بیشتر موردتوجه بود، موجب به وجود آمدن درجات عضویت یکنواخت برای آرمان‌های فازی می‌گردید. مدل مطرح‌شده تیواری با در نظر گرفتن اولویت و اهمیت متفاوت برای هریک از آرمان‌ها این مشکل را برطرف می‌نمود؛ بنابراین در پژوهش حاضر از مدل ساده اضافی تیواری استفاده گردیده است. مدلی که بیشتر از همه اوزان آرمان‌ها را در نظر می‌گیرد. تابع هدف با استفاده از روش تیواری (جهت حل مدل فازی و هم بی‌وزن سازی پارامترها) جهت حل استفاده‌شده است. در پژوهش حاضر توابع هدف و محدودیت‌های تقاضا به ازای هر محصول لبنی فازی در نظر گرفته‌شده‌اند. مدل آرمانی فازی به روش میانگین اعداد فازی مثلثی دی فازی (قطبی‌سازی) شدند؛ سپس از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به ازای هر آرمان، میزان اهمیت هریک با نظر خبرگان وزن دهی و اولویت‌بندی گردید و به‌عنوان ضریب وزنی در مدل آرمانی در نظر گرفته شد. درروش تیواری که جهت بی‌وزن‌سازی پارامترها استفاده‌شده است، مقدار حد پایین (ε) و حد بالا (AL)، با توجه به حل آرمان‌ها به‌طور

جداگانه و به دست آوردن مقادیر بهینه به ازای هر آرمان محاسبه‌شده است جنس آرمان‌ها در پژوهش حاضر به عبارتی آرمان اول، سوم و چهارم از جنس هزینه و آرمان دوم جنس سود (درآمد)، می‌باشد. **جدول ۲**، اوزان به‌دست‌آمده به ازای هر آرمان با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را نشان می‌دهد.

جدول ۲- اوزان هر آرمان با روش AHP.
Table 2- Weights of each ideal by AHP method.

آرمان	اول	دوم	سوم	چهارم	مجموع اوزان
اوزان	27%	31%	23%	19%	1

۴- یافته‌های پژوهش

۴-۱- حل مثال عددی در شرکت دامداران

مدل طراحی‌شده پس از بررسی توسط اساتید راهنما و مشاور و مشورت با خبرگان شرکت ازنظر میزان تطابق با واقعیت، کد نویسی مدل تحت محیط نرم‌افزاری گمز ۲٤ صورت گرفته است. روش‌های حلی که در این مدل به کار گرفته‌شده است. روش تیواری جهت بی مقیاس سازی پارامترها و روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی است. به دلیل این‌که در محیط نرم‌افزاری مقادیر فازی را نمی‌توان تعریف نمود آن متغیرهایی که فازی در نظر گرفته‌شده بودند مانند میزان هزینه و تقاضای هر محصول لبنی با روش میانگین دی فازی شده و میانگین آن‌ها گرفته‌شده است. برای نمایش مدل ارائه‌شده و روش حل به‌کاررفته، در این بخش یک مسئله نمونه حل می‌شود. ابعاد مسئله نمونه استفاده‌شده در **جدول ٤**، ارائه‌شده است. پارامترهای استفاده‌شده در مسئله نمونه با استفاده از توزیع یکنواخت و به‌طور تصادفی تولیدشده‌اند. مدل‌سازی مسئله تعداد زیادی پارامتر را شامل می‌گردد؛ بنابراین نمایش تمامی پارامترها به‌واسطه محدودیت تعداد صفحات مقاله امکان‌پذیر نیست؛ درنتیجه بعضی از پارامترهای مهم مانند پارامترهای هزینه، تقاضا و قیمت برای ٤ دوره در **جدول ۳**، ارائه‌شده است. لازم به ذکر است که هر دوره برنامه‌ریزی (t) به‌صورت سه‌ماهه در نظر گرفته‌شده است و کل دوره برنامه‌ریزی (T) یک سال است.

جدول ۳- ابعاد مسئله نمونه (منبع: پژوهشگر).
Table 3- Dimensions of the sample problem (researcher: source).

	تعداد محصول	تعداد تولیدکننده	تعداد توزیع‌کننده	تعداد خرده‌فروش	تعداد مشتری	تعداد دوره
مسئله نمونه	5	1	50	150	10000	4

در مقاله حاضر مقادیر ایده آل هیچ‌یک از آرمان‌ها از قبل تعیین نشده است. لذا به‌منظور به دست آوردن مقدار ایده آل آرمان‌ها، هریک از چهار آرمان پژوهش در قالب یک مدل مستقل با در نظر گرفتن سایر محدودیت‌های مدل حل‌شده و جواب حاصل به‌عنوان مقدار ایده آل آن آرمان در نظر گرفته‌شده است. **جدول ٤**، تمام مقادیر آرمانی به ازای هر آرمان ناشی از حل مدل‌های آرمانی را نشان می‌دهد.

جدول ۴- مقدار ایده آل آرمان‌ها به‌صورت مستقل.
Table 4- The ideal amount of ideals independently.

مقدار ایده آل آرمان ۴	مقدار ایده آل آرمان ۳	مقدار ایده آل آرمان ۲	مقدار ایده آل آرمان ۱
85	1600	2000	1000

جدول ۵، میزان تولید را نشان می‌دهد.

جدول ۵- میزان تولید هر محصول لبنی.
Table 5- Production rate of each dairy product.

دوره زمانی حداقل میزان تولید	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	دوره ۴
شیر	8000	8500	8850	9480
ماست	7000	8200	8327	9214
خامه	6500	8400	8471	9639
پنیر	9000	8100	8634	9159
کره	7500	8700	8695	9258

مخلص آبادی و هاشمی کهر/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۶، شماره ویژه، زمستان ۱۴۰۰، صفحه: ۳۰-۱

جدول ٦، نتایج حاصل از حل مدل آرمانی فازی را به ازای هر آرمان نشان می‌دهد.

جدول ۶- نتایج حاصل از حل مدل آرمانی فازی.
Table 6- Results of solving a fuzzy ideal model.

مقدار تابع هدف صدمات اجتماعی $\min(z_4)$	مقدار تابع هدف محیط زیستی $\min(z_3)$	مقدار تابع هدف درآمد $\max(z_2)$	مقدار تابع هدف هزینه‌های اقتصادی $\min(z_1)$
1850	1600	2000	1000

در **جدول ٦**، مقادیر چهار تابع هدف حداقل کردن هزینه کل، حداقل کردن اثرات محیط زیستی، حداکثر کردن درآمد و حداقل کردن صدمات اجتماعی به ازای مقادیر مختلف درجه برقراری محدودیت نشان داده‌شده است. این مقادیر با استفاده از روش تیواری و برنامه‌ریزی آرمانی فازی در نرم‌افزار *GAMS* به‌دست‌آمده‌اند. همان‌طور که از نتایج نمایش داده‌شده در **جدول ۷**، برمی‌آید، تابع هدف محیط زیستی با توابع هدف درآمد و هزینه اقتصادی با یکدیگر در تضاد هستند. به این معنا که حرکت هر یک به سمت مطلوب (ارضا بیش‌تر تابع هدف محیط زیستی) مستلزم حرکت دو تابع هدف دیگر به سمت نامطلوب (ارضا کم‌تر) خواهد بود. به‌عبارت‌دیگر با بهبود تابع هدف محیط زیستی (مقدار تابع هدف محیط‌زیست در حالت *min* کمتر شود) وضعیت دو تابع دیگر یعنی توابع هدف درآمد (مقدار تابع هدف محیط‌زیست در حالت *max* کمتر شود) و هزینه اقتصادی (مقدار تابع هدف محیط‌زیست در حالت *min* بیشتر شود) بدتر شده است.

به‌منظور اجرای مدل در شرکت لبنی دامداران تنها به ٤ دوره زمانی برنامه‌ریزی تولید و برای پنج محصول پرطرفدار شرکت (شیر، خامه، ماست، پنیر و کره) اکتفا شده است. درنهایت میزان انحراف از هریک از آرمان‌های مدل در **جدول ۷**، ارائه‌شده است. چنانکه مشاهده می‌شود نتایج حل مدل بیانگر آن است که هیچ‌یک از آرمان‌های مدل به حد آرمانی خود نرسیده و انحرافات در آرمان‌ها همچنان باقی است، برای مثال در صورت عدم رعایت سبز بودن مقدار تولید شرکت در ٤ دوره برنامه‌ریزی می‌توانست به مقدار ۲۵۰ واحد درآمد بیشتر کسب نماید. علاوه بر آن در مورد سایر آرمان‌های مدل نیز درمجموع انحرافات باقی‌مانده و مدل در یک حالت تعادلی بین آرمان‌ها به مقدار بهینه خود رسیده است.

جدول ۷- مقدار انحراف از آرمان‌های مدل.
Table 7- The amount of deviation from the model ideals.

نوع آرمان	درجه اهمیت	مقادیر آرمانی	مقدار حل‌شده	مقدار انحراف از آرمان
d_1^+	0.27	1000	1350	350
d_2^-	0.31	2000	1845	155
d_3^+	0.23	1600	1980	380
d_4^+	0.19	1850	2340	490

علاوه بر آن در **جدول ۷**، مشاهده می‌شود که بیشترین انحراف نامساعد از آرمان‌ها مربوط به آرمان آلودگی محیط‌زیست (d_3^+) می‌باشد و کمترین انحراف نامطلوب در آرمان زینه‌های اجتماعی (d_4^+) و هزینه‌های اقتصادی (d_1^+) وده است. ناً با توجه به ضریب اهمیت حاصل‌شده از خبرگان شرکت (٪۳۱) انحراف نامطلوب کمتر در این آرمان نسبت به آرمان‌های سبز بودن قابل پیش‌بینی بوده است. ازاین‌رو نتایج حاکی از آن است که به‌منظور سبز شدن هرچه بیشتر، شرکت ناگزیر از مل انحراف بیشتر از آرمان مزبور می‌باشد. **جدول ۸** برنامه تولید سبز در شرکت دامداران ناشی از اجرای مدل را ارائه کرده است.

جدول ۸- برنامه تولید محصولات در ۴ دوره برنامه‌ریزی.
Table 8- Product production plan in 4 planning periods.

دوره زمانی نوع محصول	دوره ۱	دوره ۲	دوره ۳	دوره ۴
شیر	2.740	2.740	2.740	2.740
ماست	720	300	900	1140
خامه	2.240	2.240	2.240	2.240
پنیر	900	1.020	1.210	1.290
کره	500	510	520	550

جدول ۸، بیان‌کننده آن است که محصولاتی با بیشترین سطح آلایندگی زیست‌محیطی، به مقدار کمتر تولیدشده و تمامی توان سازمان برای تولید محصولات سبزتر به مصرف رسیده است. شیر، ماست و خامه بیشترین مقدار تولید را داشته به‌طوری تمام توان سازمان برای تولید این دو محصول صرف شده است و محصول خامه و کره آلایندگی بیشتر و کمترین مقدار تولید را داشته است. قابل‌ذکر است تعیین مقادیر تولید برای تمامی محصولات با در نظر گرفتن تقاضای تعهد شده شرکت و سایر عوامل مانند سودآوری و استفاده بهینه از ظرفیت تولید و با رویکرد یکپارچه بهینه ٤ آرمان مدل در نظر گرفته‌شده است.

۴-۲- ارزیابی پایایی مدل

برای بررسی صحت مدل، شیوه‌های مختلفی وجود دارد. یک شیوه استفاده از مقادیر و داده‌های موجود یا قبلی شرکت به‌عنوان پارامترهای مدل است. درصورتی‌که جواب به‌دست‌آمده از مدل در مقایسه با نتایج واقعی، منطقی و مورد رضایت مدیران شرکت باشد، صحت عملکرد مدل را می‌توان پذیرفت ولی اگر جواب مدل با نتایج واقعی بسیار متفاوت یا برای مدیران عجیب باشد باید نسبت به انجام اصلاحات لازم در مدل اقدام کرد. شیوه دیگر، واردکردن یک عضو از مجموعه پارامترهای مدل به‌عنوان ورودی و بررسی نتیجه و خروجی مدل در پی این تغییر در مدل است. از سوی دیگر مقصود از روایی مدل این است که آیا مدل موردنظر می‌تواند ویژگی و خصوصیتی که مدل برای آن طراحی‌شده است را اندازه‌گیری نماید یا خیر؟ در مقاله حاضر جهت اعتبارسنجی مدل طراحی‌شده زنجیره تأمین حلقه بسته سبز شرکت دامداران، تلاش شده است که از تمامی راه‌های ممکن برای اعتبارسنجی مدل‌سازی ریاضی استفاده شود. در ابتدا مدل‌های ریاضی معتبری که توسط پژوهشگران برجسته در حوزه‌ی مدل‌سازی ریاضی زنجیره تأمین ازجمله کتاب هنر مدل‌سازی ریاضی آقای دکتر علیرضا رشیدی کمیجان، ارائه‌شده را مبنای طراحی مدل قراردادیم و پس از طراحی، مدل‌سازی و ارائه آن، از نظرات کارشناسان و خبرگان مدل‌سازی در خصوص مدل موردمطالعه استفاده‌شده و ویژگی‌های مدل با وضعیت جاری زنجیره تأمین در شرکت دامداران مقایسه شده است. مدل ارائه‌شده، با توجه به استانداردهای مدل‌سازی تأییدشده طراحی گردیده و تمام قواعد و ضوابط ساخت یک مدل ریاضی خطی با اهداف یا آرمان‌های فازی و محدودیت‌های قطعی و فازی در آن در نظر گرفته‌شده است. بخشی از پارامترها و داده‌های به کار گرفته‌شده در مدل از اسناد و مدارک موجود در زنجیره تأمین شرکت دامداران با دقت فراوان استخراج گردیده و بخشی به روش تصادفی تولیدشده‌اند. مدل طراحی‌شده به همراه نتایج حاصل از اجرای آن، برای بررسی و دریافت نظرات در اختیار خبرگان صنعت لبنیات و دانشگاه قرار گرفت که همگی اعتبار آن را تأیید نمودند. در ادامه مدل‌های ریاضی پژوهش، با دقت و صحت کافی و در مدت‌زمان مناسب با نرم‌افزار گمز اجرا و تحلیل حساسیت بر روی بعضی از پارامترهای مهم آن‌ها صورت گرفته است؛ که به نتایج مفید و قابل قبولی نائل گردیده است. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت مدل نسبت به تغییرات به وجود آمده در پارامترهای کلیدی و مهم و به‌تبع آن تغییرات متناسب در میزان اهداف یا آرمان‌ها به‌عنوان خروجی‌ها، نشان از پایایی، اعتبار و صحت مدل و داده‌های پژوهش را نشان می‌دهد.

۴-۳- تحلیل حساسیت مدل طراحی‌شده

برای ارزیابی عملکرد مدل‌سازی، تعدادی از پارامترهای مطالعه (ظرفیت ذخیره‌سازی محصولات لبنی، قیمت محصولات و ظرفیت حمل‌ونقل) که عموماً کنترل روی آن‌ها است، تحلیل حساسیت می‌شوند. **جدول ۹**، مقادیر تابع هدف و جریانات متغیرهای تصمیم را بدون اعمال تغییر نشان می‌دهد و در همین راستا **جدول ۱۰**، اثرات تغییرات مختلف زنجیره تأمین حلقه بسته سبز را در شرکت دامداران ارائه می‌کند. با اعمال تغییرات روی پارامترهای مشخص‌شده و مقایسه **جدول‌های ۹** و **۱۰**، مقدار تابع هدف تقریباً در همان محدوده تغییر و نوسان می‌کند. این مهم به‌خوبی حکایت از انسجام و پایداری مدل ارائه‌شده دارد. برای نمونه، در خصوص تغییر پارامتر ظرفیت ذخیره‌سازی محصولات لبنی، قیمت محصولات و ظرفیت حمل‌ونقل نسبت به مدل اولیه قابل‌مقایسه است. ۱۵% کاهش در ظرفیت ذخیره‌سازی محصولات لبنی باعث می‌شود که بازار هدف مشتریان به ٦% کاهش یابد؛ زیرا با توجه به تقاضاهای غیرقطعی که در پژوهش حاضر در نظر گرفته‌شده ممکن است با کاهش ظرفیت ذخیره‌سازی محصولات منجر به کمبود در توزیع محصولات لبنی به مراکز توزیع‌کننده و خرده‌فروش مواجه شویم. درواقع کمبود ذخیره‌سازی محصولات لبنی درآمد شرکت را تحت تأثیر قرار می‌دهد و شرکت را در بلندمدت با عدم تعادل درآمدها و هزینه‌ها و از دست دادن مشتریان خود مواجه می‌کند. این امر با حل مدل پژوهش حاضر و در نظر گرفتن ظرفیت‌های ذخیره‌سازی به ازای هریک از محصولات لبنی (شیر، ماست، خامه، پنیر و کره) و ارائه برنامه‌ریزی تولید مرتفع شده است. همچنین مشاهده شد، کاهش ۱۵ درصدی در مقدار ذخیره‌سازی، تابع هدف را به میزان ٦% کاهش یعنی شرکت با این میزان کمبود موجودی مواجه شده است و افزایش ۱۲ و ۲۰ درصدی در قیمت و ظرفیت حمل‌ونقل، تابع هدف ر ا به ترتیب به میزان ۱۲/۵% و ۱۵% افزایش می‌دهد؛ یعنی

منجر به کاهش سودآوری شرکت می‌گردد. برای ارزیابی قابلیت کاربرد مدل ارائه‌شده، تحلیل حساسیت نیز روی پارامترهای مهم در مدل طبق **جدول ۱۰**، انجام‌شده است که این امر نشان می‌دهد تغییرپذیری مدل نسبت به پارامترها در حد قابل قبولی بوده و اهداف مطالعه را محقق ساخته است.

جدول ۹- مقدار تابع هدف و جریانات محصولات لبنی (منبع: پژوهشگر).

Table 9- The value of the objective function and flows of dairy products (researcher: source).

تابع هدف	جریانات	تعریف نمادها
69798395	SMQ(p,d,t)…(p,d,t)□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	SMQ(p,d,t) میزان محصولات لبنی که از تولیدکننده به سمت توزیع‌کنندگان در دوره زمانی t انتقال می‌یابد.
	MWQ(d,re,t)…d,re,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	MWQ(d,re,t) میزان محصولات لبنی که از توزیع‌کنندگان به سمت خرده‌فروشان در دوره زمانی t انتقال می‌یابد.
	MDQ(re,p,t)…(re,p,t)□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	MDQ(re,p,t) میزان محصولات لبنی تاریخ گذشته که از خرده‌فروشان به سمت مراکز بازرسی در دوره زمانی t انتقال می‌یابد.
	RWQ(r,t)…r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	RWQ(r,t) میزان محصولات لبنی تاریخ گذشته که به مراکز بازیافت در دوره زمانی t انتقال می‌یابد.
	RWQ(D,t)…D,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□	RWQ(D,t) میزان محصولات لبنی تاریخ گذشته که به مراکز دفع در دوره زمانی t انتقال می‌یابد.

نتایج مدل‌سازی و حل مدل عددی، اهمیت نقش بُعد مالی و در نظر گرفتن هم‌زمان ابعاد زیست‌محیطی، مالی و اجتماعی در مدل ریاضی برای کسب مزیت رقابتی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز را نشان می‌دهد. نتایج پژوهش نشان داد، پارامترهای هزینه در عملکرد اقتصادی برنامه اصلی زنجیره تأمین تأثیر مثبتی دارد؛ اما با بررسی این پارامترها در تحلیل حساسیت باعث افت عملکرد تولید در ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی می‌شود؛ همچنین در نظر گرفتن بُعد زیست‌محیطی و اجتماعی در شبکه تأمین مقدار درآمدهای شرکت را تا ۱۵۵ واحد، کاهش می‌دهد چون رعایت الزامات زیست‌محیطی و اجتماعی هزینه‌های را در شرکت دامداران افزایش می‌دهد؛ درنتیجه می‌توان بیان کرد که طراحی یکپارچه زیست‌محیطی، مالی و اجتماعی در زنجیره تأمین به تقویت بُعد اجتماعی و زیست‌محیطی تولید منجر می‌شود.

جدول ۱۰- تحلیل حساسیت پارامترهای تحقیق (منبع: پژوهشگر).

Table 10- Sensitivity analysis of research parameters (researcher: source).

پارامتر	Δ درصد	Obj درصد	جریانات
ظرفیت ذخیره‌سازی محصولات	-15	-6	SMQ(p,d,t)…p,d,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ MWQ(d,re,t)…d,re,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ MDQ(re,p,t)…(re,p,t)□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ RWQ(r,t)…r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ RWQ(D,t)…D,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
قیمت محصولات	12	12.5	SMQ(p,d,t)…(p,d,t)□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ MWQ(d,re,t)…d,re,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ MDQ(re,p,t)…(re,p,t)□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ RWQ(g,t)…g,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ RWQ(D,t)…D,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
ظرفیت حمل‌ونقل محصولات	20	15	SMQ(p,d,t)…(p,d,t)□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ MWQ(d,re,t)…d,re,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ MDQ(re,p,t)…(re,p,t)□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ RWQ(r,t)…r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□ RWQ(D,t)…D,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نوآوری مقاله حاضر طراحی مدل چهار هدفه، جهت کمینه‌سازی هزینه‌ها؛ میزان انتشار گازهای آلاینده در سراسر شبکه زیست‌محیطی و هزینه‌های اجتماعی و حداکثر نمودن درآمد شرکت و با استفاده از مدل‌سازی ریاضی برنامه‌ریزی آرمانی فازی با در نظر گرفتن جریانات مالی و یکپارچه‌سازی آن با جریان فیزیکی می‌باشد. مدل‌سازی مسئله برنامه‌ریزی آرمانی فازی در یک شبکه تأمین چند سطحی، چند دوره‌ای و چند محصولی باهدف بیشینه نمودن ثروت سهامداران است. برای مواجهه با ماهیت چند هدفه مدل، از روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی و روش تیواری استفاده‌شده است. در این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی اصلی برای شبکه تأمین حلقه بسته سبز به‌صورت چند محصوله و چند دوره‌ای در صنعت لبنیات ایران (دامداران) با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی فازی ارائه شد. اهداف مدل ارائه‌شده عبارت‌اند از: بیشینه‌سازی سود؛ کمینه‌سازی هزینه‌ها؛ کمینه‌سازی تأثیرات زیست‌محیطی، اجتماعی شبکه تأمین بر اساس چارچوب برنامه‌ریزی آرمانی فازی، برای هریک از اهداف بالا مقادیر آرمانی با حل جداگانه هر آرمان محاسبه‌شده و در تابع هدف نهایی مدل، میزان انحراف از مقادیر مطلوب کمینه شده است. مقاله حاضر یک شبکه تأمین حلقه بسته سبز در شش سطح تولیدکننده، توزیع‌کنندگان، خرده‌فروشان و مشتریان و زنجیره تأمین معکوس آن درنهایت سطوح مراکز بازیافت و مراکز دفع مدل‌سازی نموده و فارغ از نگاه‌های مجزا زنجیره تأمین و بهینه‌سازی‌های معمول، تفکر سیستمی و چارچوب کل گرا را بر کل مدل همچنین ابعاد زیست‌محیطی و اجتماعی برای اولین بار در صنعت لبنیات کشور به‌طور عام و شرکت دامداران به‌طور خاص نیز بر مدل حاکم کرده است. همچنین این پژوهش چند محصولی (شیر، ماست، خامه، پنیر و کره) و چند دوره‌ای (چهار دوره‌ی سه‌ماهه مجموعاً یک سال) در زنجیره تأمین حلقه بسته سبز و مقادیر آرمان‌ها و پارامترهای محدودیت هزینه در شرایط فازی نیز تعیین شد؛ بنابراین با توجه به لحاظ کردن موارد اشاره‌شده، دیدگاه جامع‌تر و دقیق‌تری را نسبت به مطالعات پیشین ارائه کرده و مدل‌سازی خود را به‌صورت یک مدل عمومی برای شرکت‌های مختلف تولیدی خصوصاً صنعت لبنیات ایران اجرا کرده است. این تحقیق به‌جای بهینه‌سازی مرسوم که به بیشینه نمودن سود یا حداقل سازی هزینه در نظر گرفته می‌شد، به حداکثر سازی تغییرات درآمدی شرکت؛ کاهش میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی و اجتماعی؛ کاهش هزینه‌های تولید تغییر رویکرد داده است؛ بنابراین مزیت این پژوهش نسبت به سایر مطالعات آن است که رویکردهای زیست‌محیطی، مالی و اجتماعی به‌صورت هم‌زمان در نظر گرفته‌شده است؛ همچنین برای اولین بار زنجیره تأمین حلقه بسته سبز در یک مدل یکپارچه در صنعت لبنیات ایران مدل‌سازی شده است؛ با انتخاب موارد وسعت دادن به تحلیل‌ها و دقیق کردن ارتباطات صورت‌های مالی (برای مثال در مقایسه بامطالعه حاجیان و همکاران (۲۰۱۹))، مدل‌سازی دقیق‌تر و واقعی‌تر شده است. ازاین‌رو می‌توان استدلال کرد که در نظر گرفتن برنامه‌ریزی آرمانی فازی با توجه به بُعد زیست‌محیطی و اجتماعی این عوامل باعث بهبود مدیریت صحیح زنجیره تأمین و افزایش کارایی آن می‌شود. نتایج آزمون رویکرد ترکیبی (زیست‌محیطی، مالی و اجتماعی)، نشان داد که جهت تحقق رویکرد زیست‌محیطی و کاهش صدمات اجتماعی از هریک از محصولات لبنی (شیر، ماست، خامه، پنیر و کره) به چه میزان تولید نماییم تا آرمان‌های تحقیق محقق گردد و این موضوع نشان‌دهنده توانمندی رویکرد نوین (پژوهش حاضر) است. همچنین نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات حاجیان و همکاران (۲۰۱۹) و محمدی و همکاران (۲۰۱۸)، هم‌راستا می‌باشد. به‌عنوان نمونه، در ترکیب ساختار سرمایه شرکت در رویکرد مقاله حاضر، هزینه‌های شرکت دامداران به میزان ۳۵۰ واحد، انحراف داشته است و این مهم حکایت از افزایش هزینه‌های شرکت به دلیل در نظر گرفتن ابعاد زیست‌محیطی و اجتماعی شرکت دامداران را حکایت می‌کند.

۵-۱- پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی

جهت پژوهش محققین آتی تحقیقات زیر پیشنهاد می‌شود:۱- اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با استفاده از تکنیک *VIKOR* فازی.۲- ارزیابی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با رویکرد *SWOT* و تکنیک *TOPSIS* فازی.۳- اولویت‌بندی معیارهای زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با استفاده از تکنیک *BWM* فازی.٤- اولویت‌بندی معیارهای زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با استفاده از تکنیک*FAHP-FTOPSIS*.٥- در نظر گرفتن مدل‌سازی فازی و بهره‌مندی از زنجیره تأمین حلقه بسته تاب آور و عدم قطعیت در مدل. ٦- بررسی سایر اهداف مالی به‌طور هم‌زمان و در نظر گرفتن ابعاد چابکی و نابی در تولید و ترکیب آن با زنجیره تأمین سبز (زیست‌محیطی).۷- لحاظ کردن ریسک‌های مالی و تجاری در محدودیت‌ها و آزمون مدل بر اساس داده‌های واقعی در صنایع تولیدی دیگر، می‌توانند به‌عنوان پیشنهاد برای پژوهش‌های آینده لحاظ شوند.

منابع مالی

در انجام این تحقیق هیچ‌گونه کمک‌هزینه مالی از هیچ نهادی دریافت نشده است.

تعارض با منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضادی در منافع در مورد انتشار این نسخه وجود ندارد.

منابع

Afarin Mohammadzadeh, M., & Hasanzadeh, R. (2018). Identification and ranking of effective factors on the implementation of green supply chain management by Fuzzy TOPSIS and Fuzzy AHP in Electricity Industry. *Journal of decisions and operations research*, *3*(3), 281-301. (**In Persian**). DOI: 10.22105/DMOR.2018.69514

Ahmad, F., Adhami, A. Y., & Smarandache, F. (2020). Modified neutrosophic fuzzy optimization model for optimal closed-loop supply chain management under uncertainty. *Optimization theory based on neutrosophic and plithogenic sets* (pp. 343-403). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819670-0.00015-9

Hajian, S., Afshar Kazemi, M. A., Seyed Hosseini, S. M. & Toloie, A. (2019). Provide a multi-objective model for the closed-loop supply chain green location on the network routing and multi-product chnddvrhay perishable goods. *Industrial management journal*, *11*(1), 83-110. (**In Persian**). https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=479660

Bhatia, M. S., Jakhar, S. K., Mangla, S. K., & Gangwani, K. K. (2020). Critical factors to environment management in a closed loop supply chain. *Journal of cleaner production*, *255*, 120239. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120239

Baradaran, V. & Safari, Z. (2020). A two-objective location model for a closed loop supply chain network design under uncertainty conditions. *Indusrtial management studies*, *54*(17), 223-262. (**In Persian).** DOI: 10.22054/jims.2018.21406.1743

Bashiri, M., & Sherafati, M. (2013). Advanced Bi-objective closed loop supply chain network design considering correlated criteria in fuzzy environment. *Journal of industrial engineering research in production systems*, *1*(1), 25-36. (**In Persian**). https://ier.basu.ac.ir/article_494.html?lang=en

Behzadi, M., & Seifabrghy, M. (2018). Two-stage and robust stochastic optimization of closed-loop supply chain network under uncertainty. *Journal of production and operations management*, *9*(2), 77-97. (**In Persian**). DOI: 10.22108/jpom.2017.92475

De, M., & Giri, B. C. (2020). Modelling a closed-loop supply chain with a heterogeneous fleet under carbon emission reduction policy. *Transportation research part e: logistics and transportation review*, *133*, 101813. https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.11.007

Feyzolahi, S., Soltanpanah, H., Faroghi, H. & Rahimzadeh, A. (2019). Development of a multi-objective and multi-period chain link supply network model under uncertainty conditions. *Industrial management perspective*, 32 (8), 61-96. (**In Persian**). https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=484335

Hosseini-Motlagh, S. M., Nouri-Harzvili, M., Johari, M., & Sarker, B. R. (2020). Coordinating economic incentives, customer service and pricing decisions in a competitive closed-loop supply chain. *Journal of cleaner production*, *255*, 120241. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120241

Huang, L., Murong, L., & Wang, W. (2020). Green closed-loop supply chain network design considering cost control and CO2 emission. *Modern supply chain research and applications*, *2*(1), 42-59. https://doi.org/10.1108/MSCRA-02-2019-0005

Kamal, M., Modibbo, U. M., AlArjani, A., & Ali, I. (2021). Neutrosophic fuzzy goal programming approach in selective maintenance allocation of system reliability. *Complex & intelligent systems*, *7*(2), 1045-1059.

Koleyae, M., Azar, A. & Rajabzade Ghatari, A. (2019). Two-stage mathematical model configuration for green supply chain management. *Organizational resources management researchs*, *8*(4), 111-130. (**In Persian**). https://ormr.modares.ac.ir/article-28-15641-fa.html

Khakbazan, E., Chaharsoghi, S., & Mokhatab Rafiei, F. (2018). Presenting an integrated value based supply chain model considering financial ratios in financial decisions. *Modern research in decision making*, *3*(1), 113-136. (**In Persian**). http://journal.saim.ir/article_31248.html?lang=en

Kiani, S., & Samouei, P. (2020). Multi-objective dynamic recycling-routing-inventory for different pharmaceutical items with considering discount in a closed-loop supply chain. *Journal of decisions and operations research*, *5*(3), 290-311. (**In Persian**). DOI: 10.22105/dmor.2020.237709.1170

Mohtashami, Z., Aghsami, A., & Jolai, F. (2020). A green closed loop supply chain design using queuing system for reducing environmental impact and energy consumption. *Journal of cleaner production*, *242*, 118452. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118452

Mokhlesabadi, S., Kabaranzadeh Khadim, M., Aghajanikasehgar, H., & Movahedi, M. (2020). Designing a Fuzzy Goal Programming (FGP) model of Green Closed Loop Supply Network (GCLSN) direction integrating financial and operational flow. *Financial engineering and exchange management*, 11(45), 389-422. (**In Persian**). http://fej.iauctb.ac.ir/article_679099.html?lang=en

Mohammadi, A., Alem Tabriz, A., & Pishvaee, M. (2018). Designing green closed-loop supply chain network with financial decisions under uncertainty. *Industrial management journal*, *10*(1), 61-84. (**In Persian**). DOI: 10.22059/imj.2018.240867.1007303

Manouchehri, S., Tajdin, A., & Shirazi, B. (2019). Robust integrated optimization for green closed loop supply chain. *Journal of industrial management perspective*, *9*(3), 55-85. (**In Persian**). DOI: 10.52547/jimp.9.3.55

Peng, H., Shen, N., Liao, H., Xue, H., & Wang, Q. (2020). Uncertainty factors, methods, and solutions of closed-loop supply chain—a review for current situation and future prospects. *Journal of cleaner production*, *254*, 120032. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120032

Parsaiyan, S., Amiri, M., Azimi, P., & Taghavifard, M. (2019). Designing a Green Closed-loop Supply Chain Simulation Model and Product Pricing in The Presence of a Competitor. *Industrial management studies*, *17*(52), 153-202. DOI: 10.22054/jims.2018.34709.2125

Rahimi, M., Mahdavi, E., Seyed Esfehani, M.M., Fazlolah Tabar, H. & Nayeri, S. (2017). Closed-loop green supply chain network design considering product pricing and product life cycle. *Industrial engineering and production management studies*, *2*(2), 16-46. (**In Persian**). https://civilica.com/doc/542851/

Rezaee, F., & Pilevari, N. (In Press). Mathematical model of sustainable multilevel supply chain with meta-heuristic algorithm approach (case study: ATMOSPHERE GROUP: industrial and manufacturing power plant). *Journal of decisions and operations research*. DOI: 10.22105/dmor.2021.270853.1310

Soltani Tehrani, M., Hasanpour, H. & Ramezani, S. (2016). Two-objective cost optimization model and carbon dioxide in the closed loop supply chain. *Management research in Iran*, *13*(19), 169-190. (**In Persian**). https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=272405

Tsaur, R. C., Chiu, C. L., & Huang, Y. Y. (2021). Fuzzy portfolio selection in COVID-19 spreading period using fuzzy goal programming model. *Mathematics*, *9*(8), 835. https://doi.org/10.3390/math9080835

Yavari, M., & Zaker, H. (2020). Designing a resilient-green closed loop supply chain network for perishable products by considering disruption in both supply chain and power networks. *Computers & chemical engineering*, *134*, 106680. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.106680

Zhang, Z., Liu, S., & Niu, B. (2020). Coordination mechanism of dual-channel closed-loop supply chains considering product quality and return. *Journal of cleaner production*, *248*, 119273. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119273

Zhen, L., Huang, L., & Wang, W. (2019). Green and sustainable closed-loop supply chain network design under uncertainty. *Journal of cleaner production*, *227*, 1195-1209. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.098

مخلص آبادی و هاشمی کهر/ تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۶، شماره ویژه، زمستان ۱۴۰۰، صفحه: ۳۰-۱