فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و پنجم / زمستان ۱۳۹۹

طراحی مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی شبکه تأمین حلقه بسته سبز جهت یکپارچه‌سازی جریان مالی و فیزیکی

شهرام مخلص آبادی[۱]
محمدرضا کاباران زاده قدیم[۲]
حسنعلی آقاجانی کاسه‌گر[۳]
محمد مهدی موحدی[۴]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۰۱/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۰۳/۰۲

چکیده

دنیای امروز بیشتر از هر زمانی رقابتی شده است؛ بنابراین به منظور بقاء در چنین محیطی برای سازمان‌ها، دارا بودن کالای قابل بازیافت و سازگار با محیط‌زیست، مدیریت شبکه تأمین به مسأله‌ای ضروری تبدیل شده است. هدف مقاله حاضر طراحی یک شبکه حلقه بسته سبز به منظور 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 سودکل صاحبان سهام با استفاده از مدل‌سازی ریاضی برنامه‌ریزی آرمانی فازی با در نظر گرفتن جریانات مالی و یکپارچه‌سازی آن با جریان فیزیکی می‌باشد. مدل‌سازی مسأله برنامه‌ریزی آرمانی فازی در یک شبکه تأمین چند سطحی، چند دوره‌ای و چند محصولی با هدف بیشینه نمودن ثروت سهامداران است. برای مواجهه با ماهیت چند هدفه مدل، از روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی استفاده شده است. مدل در صنعت لبنیات دامداران طراحی و اجرا شده است. آزمون مدل پیشنهادی با استفاده از نرم افزارگمز ۲۴ و حل‌کننده CPLEX به روش دقیق اپسیلون محدودیت، صورت پذیرفته است. نتایج مدل‌سازی و 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.

کلمات کلیدی

شبکه‌تأمین‌حلقه‌بسته‌سبز، برنامه‌ریزی‌آرمانی‌فازی، روش‌اپسیلون‌محدودیت، جریان‌مالی، جریان فیزیکی.

۱-گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه ، ایران. sh.mokhlesabadi@gmail.com
۲-گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، (نویسنده مسئول) moh.kabaranzad@iauctb.ac.ir
۳-گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران. aghajani@umz.ac.ir
۴-گروه مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران. mmmovahedi@gmail.com

مقدمه

در رویکردهای سنتی، عملکرد شبکه تأمین[1] فقط از بُعد اقتصادی سنجیده می‌شد و در طراحی شبکه توجه محققان و صنعتگران فقط بر کمینه‌سازی هزینه‌ها یا بیشینه‌سازی درآمدها معطوف بود. اما در دهه‌های اخیر قوانین دولتی، فشارهای سازمان‌های مردم نهاد و وضعیت رو به افول محیط‌زیست، باعث شده است که اهداف و محدودیت‌های زیست‌محیطی در کنار اهداف و محدودیت‌های اقتصادی، به عنوان بخش جداناپذیری از طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین مطرح شوند (افشارکاظمی و همکاران، ۱۳۹۸).

همان طور که شاپیرو[2] (۲۰۰۴)، اشاره کرده است در برنامه‌ریزی سازمانی، جریان‌ها و تصمیم‌های مالی تعامل و ارتباط زیادی با برنامه‌ریزی شبکه تأمین دارند. آن‌چه در نهایت عملکرد شبکه تأمین را مشخص می‌کند، عملکرد مالی آن در افزایش درآمدها و کاهش هزینه‌ها است. از این رو برای موفقیت شبکه تأمین در بلندمدت، برنامه‌ریزی دقیق در زمینه ابعاد مالی در کنار ابعاد فیزیکی امری حیاتی است. علاوه بر این، مدیریت کارا و اثربخش جریان مالی زنجیره تأمین به عنوان یکی از سازه‌های اصلی در راستای تداوم و پایداری عملکرد این زنجیره شناخته می‌شود (محمدی، عالم‌تبریز و پیشوایی، ۱۳۹۷).

در سه دهه اخیر، مفهوم یکپارچگی تصمیم‌گیری در شبکه تأمین به یکی از مهم‌ترین ابعاد مدیریت شبکه تأمین تبدیل شده است. این مفهوم به بررسی وابستگی میان مکان تسهیلات، تخصیص جریان بین تسهیلات، ساختار سیستم حمل‌ونقل و سیستم کنترل موجودی می‌پردازد (Zohal & Soleimani, 2016).

تعریف مرسوم مدیریت شبکه تأمین، فرآیند برنامه‌ریزی، پیاده‌سازی و کنترل عملیات از تأمین‌کننده تا مشتریان به صورت 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[3] توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده است (Zhen, Huang & Wang, 2019).

در مقابل لجستیک مستقیم، لجستیک معکوس از کاربر نهایی (مشتریان) شروع شده و در جمع‌آوری محصولاتی که عمر آن‌ها پایان یافته یا محصولات برگشتی و فعالیت‌هایی همچون بازیافت، احیا و دفع آن‌ها، به منظور دستیابی به مواد اولیه، قطعات، محصولات و کاهش اثرهای زیست‌محیطی پسماندها، سهیم است (Yavari & Zaker, 2020). ترکیب شبکه تأمین مستقیم و شبکه تأمین

معکوس به شکل‌گیری شبکه تأمین حلقه بسته منجر می‌شود. این رویکرد، طراحی شبکه‌های مستقیم و معکوس را به طور همزمان بهینه کرده و از زیربهینگی ناشی از طراحی مجزای شبکه‌های جلوگیری می‌کند (Peng et al, 2020).

توجه به یکپارچگی تصمیمات مالی و فیزیکی برای رسیدن به رشد پایدار ارزش، امری حیاتی است. در این بین 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.

تصمیم‌گیری در مدیریت شبکه تأمین باید با تصمیمات در خصوص تأمین مالی و سرمایه‌گذاری در دارایی‌ها، رشد سود و افزایش فروش به صورت یکپارچه صورت پذیرد؛ چرا که این عوامل بر ارزش سهام شرکت تأثیر می‌گذارند که این مؤلفه نیز نشان‌دهنده سلامت مالی یک شرکت است (فتح‌اله و نجفی، ۱۳۹۵).

محصولات فاسدشدنی، به دلیل زمان محدود مجاز برای نگهداری، چالش‌های بیشتری برای زنجیره تأمین به همراه دارند. به طور کلی کالای فاسدشدنی به کالایی گفته می‌شود که با گذشت زمان ارزش خود را از دست می‌دهد مانند: لبنیات، میوه، سبزیجات، خون، مواد شیمیایی و غیره. فاسد شدن کالا علاوه بر این که از نظر اقتصادی باعث ضرر و زیان بنگاه‌ها می‌شود، از لحاظ زیست‌محیطی نیز موجب افزایش ضایعات و در نتیجه آلودگی بیشتر محیط خواهد شد. در این شرایط تولیدکننده می‌تواند با ایجاد یک رابطه همکاری مناسب با خرده‌فروشان و به اشتراک‌گذاری اطلاعات مربوط به تقاضا و موجودی، بازگرداندن محصولاتی که تاریخ مصرف آن‌ها گذشته است و مدیریت صحیح آن‌ها به منظور دفع یا بازیافت، اقدام کند و به این ترتیب زمینه را برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و استفاده کمتر از منابع طبیعی فراهم آورد. بنابراین به کارگیری مفاهیم و اصول زنجیره تأمین حلقه بسته سبز برای سازمان‌های مختلف به خصوص صنایع مرتبط با اقلام فسادپذیر امری ضروری به نظر می‌رسد (افشارکاظمی و دیگران، ۱۳۹۸).

هر سیستم زنجیره تأمین به طور موازی دارای یک سیستم زنجیره مالی[۴] نیز است. زنجیره مالی می‌تواند هر نوع شبکه تأمین را خلق کند، رشد دهد، تکثیر کند و یا نابود سازد. لزوم بررسی‌ها و تحلیل فرآیندهای عملیاتی۵ برای ترکیب با ملاحظات مالی در بسیاری از پژوهش‌ها تشخیص داده شده‌اند (Martin & Hofmann,2019; Rajesh,2019; Bals,2019).

تاکنون پژوهش‌های بسیاری در خصوص طراحی شبکه تأمین حلقه بسته سبز صورت پذیرفته از جمله: (Zhen et al., 2019;Yavari & Zaker, 2020;Zohal & Soleimani, 2016;

; Talaei, Farhang Moghaddam, Pishvaee, Bozorgi-Amiri & Gholamnejad, 2016; ; Sadeghi Rad & Nahavandi, 2018 ;Soleimani, Govindan, Saghafi & Jafari, 2017 Jiang, ; Ghayebloo, Tarokh, Venkatadri & Diallo, 2015; Romero & Molina, 2013 Wang, Wang, Zhang & Zhou, 2020 ;افشارکاظمی و دیگران، ۱۳۹۸؛بهزادی و یوسفبرقی، ۱۳۹۷؛ محمدی و دیگران، ۱۳۹۷؛کرباسیان، رضوی و صفری، ۱۳۹۵؛سلطانیتهرانی، مصدقخواه و حسنپور، ۱۳۹۵؛سلطانیتهرانی و دیگران، ۱۳۹۵؛رحیمی، مهدوی، سیداصفهانی، فضلاللهتبار، و نیری، ۱۳۹۵؛کولیائی، آذر و رجبزادهقطری، ۱۳۹۷و...)، 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 حمل و نقل 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 در نظر گرفتن نسبتهای مالی در چارچوب یک نگرش کلگرا 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 مالی – عملیاتی جهت بیشینه نمودن ارزش افزوده اقتصادی، مدلی را ارئه 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 مالی - عملیاتی و رویکرد برنامهریزی آرمانی فازی طراحی نمود؟

در ادامه پس از مرور مبانی نظری و پیشینه پژوهشهای شبکه تأمین حلقه بسته سبز و رویکردهای مالی و عملیاتی در شبکه تأمین، به معرفی روش تحقیق، مفروضات مدل؛ پارامترهای مورد استفاده در مدل؛ متغیرهای تصمیم؛ توابع هدف؛ تشریح محدودیتهای مدل، حل مثال عددی در شرکت دامداران، همچنین جهت نشان دادن کارایی و برازش مدل، رویکرد یکپارچه مالی مقاله حاضر با یک مدل غیرمالی مقایسه شده است.

مروری بر مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در سده اخیر، محیطگرایی به یکی از موضوعهای مهم اقتصادی و اجتماعی تبدیل شده است. در واقع با افزایش آگاهی به حفاظت از محیطزیست و گرم شدن در جهان، روند سبز برای حمایت از منابع زمین و محیطزیست، از مباحث بسیار مهم دهه اخیر به شمار میآید. امروزه فعالیتهای صنعتی و نیز

حمل و نقل مربوط به شبکه‌های تأمین، از مهم‌ترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای به شمار می‌روند (Fazli-Khalaf, Mirzazadeh & Pishvaee, 2017).

با وجود این‌که علت گرایش اغلب سازمان‌ها به مدیریت زنجیره تأمین سبز رعایت الزامات قانونی است، این رویکرد در بلند مدت می‌تواند زمینه دستیابی شرکت‌ها به مزیت رقابتی پایدار و در نهایت سودآوری را فراهم کند (کولیائی و دیگران، ۱۳۹۷). در فضای رقابتی امروز، داشتن طرح و برنامه‌ای جامع، بلند مدت و پایدار ضامن بقای شرکت‌ها و بنگاه‌های اقتصادی است. در سالیان اخیر، مدیریت مبتنی بر ارزش که مدیریت تمامی بخش‌های یک بنگاه در جهت بیشینه نمودن سهام را به عنوان هدف اصلی معرفی می‌کند، به عنوان رویکردی مؤثر در تضمین توسعه پایدار، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. بدون شک امروزه رقابت نه تنها میان تک‌تک سازمان‌ها، بلکه میان زنجیره‌های تأمین نیز وجود دارد (محمدی و دیگران، ۱۳۹۷).

در سالیان اخیر و با تشدید فضای رقابتی، این موضوع، بیش از پیش به عنوان یک مسأله بسیار مهم مورد توجه قرار گرفته است. در این میان مدیریت زنجیره تأمین به عنوان یکی از شاخه‌های مهم تحقیقاتی، مورد توجه دانشگاهیان و نیز مدیران‌ارشد سازمان‌های تولیدی و بنگاه‌های تجاری قرار گرفته است. به طور کلی دو نوع زنجیره تأمین وجود دارد: زنجیره تأمین مستقیم و زنجیره تأمین معکوس. زنجیره تأمین مستقیم شامل تمام فعالیت‌هایی است که به واسطه‌ی آن‌ها مواد اولیه به محصولات نهایی تبدیل می‌شوند. مدیران سعی دارند عملکرد زنجیره‌های تأمین مستقیم را در زمینه‌هایی چون مدیریت تقاضا، تدارک، تهیه و تکمیل سفارش، بهبود دهند. زنجیره تأمین معکوس به فعالیت‌هایی چون جمع-آوری و بازیافت محصولات برگشت داده شده اطلاق می‌شود. جنبه‌های اقتصادی، قوانین دولتی و فشارهای مصرف‌کنندگان سه بُعد مهم لجستیک معکوس به شمار می‌آیند. ترکیب یک زنجیره‌ی تأمین مستقیم و یک زنجیره تأمین معکوس به شکل‌گیری یک زنجیره تأمین حلقه‌ی بسته منجر می‌شود. به عبارت دیگر در یک شبکه‌ی زنجیره تأمین حلقه‌بسته یک سیکلی از هر دو مسیر مستقیم و معکوس وجود دارد (De & Giri, 2020).

اثربخشی نظام مدیریت زنجیره تأمین حاصل هماهنگی جریان‌های مختلف کالا، اطلاعات و نهایتاً جریان‌های مالی است (Soleimani et al., 2017). طی سه دهه گذشته تلاش‌های بسیاری در بهبود و ارتقای کارایی زنجیره تأمین نظیر کاهش قابل توجه زمان‌های تأخیر، موجودی‌های کمتر، پاسخگویی بیشتر، افزایش تنوع محصولات، همکاری بیشتر در برنامه‌ریزی و پیش‌بینی، بهبود خدمت‌دهی به مشتریان و امثالهم صورت گرفته است؛ اما مدیریت جریان‌های مالی زنجیره تأمین کماکان به سبک

وسیاق دهه ۱۹۷۰ انجام می‌گیرد. تأخیرهای قابل توجه در پردازش و ثبت سیاه‌ها، زمان‌های زیاد برای فروش‌های وصول نشده و حجم قابل توجه نقدینگی به منظور تأمین سرمایه در گردش در کنار عدم قطعیت موجود و نیز کسر مازاد نقینگی، از مشخصه‌های روش‌های مدیریت جریان مالی در بسیاری از زنجیره‌های تأمین فعلی است (سهرابی، اعتماد و فتحی، ۱۳۹۶).

مواجهه کسب‌وکارها با روندهای افزایشی هزینه‌های تولید، محدودیت دسترسی به منابع مالی و نقدینگی، پیچیدگی‌های حاکم بر روش‌های تأمین مالی و مشکلات مدیریت حساب‌های پرداختنی و دریافتنی در طول زنجیره و همانند آن باعث توجه بیش از پیش به موضوعی با نام مدیریت مالی زنجیره تأمین شده است (Bhatia, Jakhar, Mangla & Gangwani, 2020).

بهینه‌سازی در سیستم‌های تولیدی در کنار برنامه‌ریزی‌های مالی، بهبود در تصمیم‌های مالی و عایدات سازمان‌ها را به دنبال دارد و از این طریق در بهینه نمودن مدل‌های زمان‌بندی پیشرفت تولید، موفقیت حاصل می‌شود. عملیات مالی مکمل عملیات تولید است؛ زیرا تأمین مالی تولید، سرمایه‌گذاری روی فرآیندهای تولیدی، تجهیزات جدید، محصولات نوآورانه و توسعه بازارهای جدید و همچنین عملیات توزیع را ممکن و تضمین می‌سازد. با توجه به این‌که بخشی از روش‌های تأمین مالی از دو منبع بدهی‌ها و انتشار سهام عادی صورت می‌پذیرد، شرکت‌ها برای جذب گروه‌های سرمایه‌گذاری باید وضعیت مالی رضایت‌بخشی داشته باشند. در سال‌های اخیر با توجه به اهمیت روزافزون مسائل طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین حلقه بسته و معکوس، مقالات متعددی در این زمینه منتشر شده است. اورگلر(۱۹۷۰)، مزایای مدل‌سازی مالی و عملیاتی را شناسایی نمود؛ اما کاربردهای عملی برای ادغام و یکپارچه‌سازی آن ارائه نکرد.لائینز و همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی ملاحظات مالی و مهندسی مالی در زنجیره تأمین و مدیریت خط لوله توسعه محصول پرداختند. آن‌ها در مطالعه خود سه جنبه مهم از مسائل، شامل شاخص‌های واقعی اجزای مالی و معیارهای صحیح برای این نوع مسائل، مدیریت راهبردی تأمین‌کنندگان و روابط مشتریان از طریق مدیریت موجودی کالا و قراردادهای اختیار و رویکردهای نوآورانه برای ارزش‌گذاری مناسب و یکپارچه‌سازی محدوده و سیعی از متغیرهای تصمیم‌گیری در مدیریت را بررسی کردند. لائینز و همکاران (۲۰۱۰)، تلاش کردند تا ارزش سهامداران را از طریق در نظر گرفتن عملیات زنجیره تأمین در کنار فعالیت‌های بازاریابی افزایش دهند. آن‌ها یک مدل ریاضی را تدوین کردند که تصمیم‌های راهبردی زنجیره تأمین و بازاریابی را در قالب یک چارچوب یکپارچه بهینه می‌کند و در کنار آن نیز یک مدل مالی برای ارزیابی ارزش سازمان مدنظر قرار دادند. این پژوهش تحت چهار گروه فعالیت‌های بازاریابی، طراحی و عملیات‌های مدیریت زنجیره تأمین،

ملاحظات مالی و ادغام تصمیم‌های مالی و عملیاتی دسته‌بندی شد

(Mohtashami, Aghsami & Jolai, 2020)، 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 بودکه سیستم صف با منابع محدود و ناوگان‌های حمل و نقل 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 حمل و نقل جهت بارگیری و تخلیه میزان تولید، در زمان انتظار وحمل و نقل کاهش داد. (Zhang, Liu & Niu, 2020)، در پژوهشی با عنوان: هماهنگی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز دو کاناله با توجه به کیفیت و بازده محصول، پرداختند. با هدف بازیافت محصولات بازیافتی معیوب و ضایعات محصولات بازیافتی به منظور 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. (De & Giri, 2020)، در پژوهشی با عنوان: مدل‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته تحت سیاست کاهش ناوگان ناهمگن انتشار گاز کربن، هدف مقاله مذکور مدیریت، زمان-بندی و حل مسأله مسیریابی در زنجیره تأمین حلقه بسته جهت دست یافتن پایداری زیست‌محیطی و اقتصادی است. مدل طراحی شده با استفاده از مدل‌سازی ریاضی برنامه‌ریزی غیر خطی مختلط انجام شد. نتایج حل مدل عددی نشان داد بهره‌مندی از این مدل منجر به بهبود مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی می‌گردد. (Huang, Murong & Wang, 2020)، در پژوهشی با عنوان: طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با هدف کنترل و کاهش هزینه‌های انتشار گازهای CO_2، مدل طراحی شده 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 می-گردد.

حاجیان و همکاران (۱۳۹۸)، به ارائه مدلی چند هدفه برای مسأله مکان‌یابی مسیریابی موجودی در شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز چند دوره‌ای و چند محصولی برای کالاهای فاسدشدنی، در

صنعت لبنیات کشور با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی پرداخته‌اند. مقاله آن‌ها با هدف کمینه‌نمودن همزمان مجموع هزینه‌های سیستم، مجموع حداکثر زمان حمل‌ونقل و انتشار آلاینده‌ها در کل شبکه مطرح شد. مسأله پژوهش در قالب یک مدل چند هدفه برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط فرموله شد و برای حل مدل، رویکردی از الگوریتم ژنتیک پیشنهاد شده است. به منظور اعتبارسنجی، نتایج الگوریتم پیشنهادی در مثال‌های اندازه کوچک با نتایج حل روش دقیق نرم افزار گمز، مقایسه شدند. یافته‌ها نشان داد تصمیم‌های مکان‌یابی، مسیریابی و موجودی به هم وابسته بوده و تعیین مقادیر این متغیرها در تعامل با هم است که می‌تواند به یافتن یک سیستم با حداقل هزینه‌های ممکن منجر شود. پارسائیان و همکاران (۱۳۹۸)، به طراحی مدل شبیه‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز و قیمت‌گذاری محصول در حضور رقیب، در شرایط عدم قطعیت تقاضا با هدف 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 تولید شده 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، چهارسوقی و رفیعی (۱۳۹۷)، ارائه یک مدل زنجیره تأمین یکپارچه مبتنی بر ارزش با در نظرگیری نسبت‌های مالی در تصمیمات مالی، یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط به منظور یکپارچه‌سازی تصمیمات مالی و فیزیکی در یک زنجیره تأمین چند سطحی، چند دوره‌ای و چند محصولی با هدف بیشینه نمودن ارزش افزوده اقتصادی، ارائه شده 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 خرید و فروش نقدی و مدت‌دار بر روی ارزش زنجیره پرداخته شده است. کولیائی، آذر و رجب‌زاده قطری (۱۳۹۷)، به پیکره‌بندی مدل ریاضی دو مرحله‌ای برای مدیریت زنجیره تأمین سبز، در یک کارخانه فعال در صنعت شیشه تحت شرایط ابهام و عدم قطعیت است. مدل شامل دو مرحله است. مرحله اول از روش تاپسیس فازی برای ارزیابی تأمین‌کننده‌ها بر حسب معیارهای کمّی و کیفی استفاده شده است. خروجی این مرحله وزن تأمین‌کننده‌ها برای هر قطعه است که به عنوان پارامتر ورودی مرحله دوم مدل در نظر گرفته می‌شود. مرحله بعد یک مدل ریاضی استوار خطی چند هدفه عدد صحیح مختلط پیشنهاد می‌شود به طوری که تعداد بهینه قطعات و محصولات را در شبکه تعیین کند. همچنین به منظور تحلیل دقیق‌تر قابلیت مدل استوار، از شبیه‌سازی مونت کارلو استفاده

شد که نتایج نشان از قابلیت بسیار بالای مدل استوار نسبت به مدل قطعی در پاسخگویی به عدم قطعیت موجود در پارامترهای مسأله دارد. بهزادی و سیف‌برقی (۱۳۹۷)، رویکردهای بهینه‌سازی تصادفی دو مرحله‌ای 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 گرفته شده است. برای ارزیابی عدم قطعیت پارامترها از دو رویکرد بهینه‌سازی تصادفی دو مرحله‌ای و بهینه‌سازی استوار استفاده شده است. نتایج نشان داد کارایی بهینه‌سازی استوار نسبت به بهینه‌سازی تصادفی دو مرحله‌ای در شرایط عدم قطعیت بهتر است. محمدی، عالم‌تبریز و پیشوایی (۱۳۹۷)، به طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز حلقه‌بسته 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. مسأله با روش برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ترکیبی، مدل‌سازی شده است. برای مواجهه با عدم قطعیت پارمترهای تقاضا و بازگشت سرمایه، از روش مسیر سناریو استفاده شده 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 ارائه شده 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. سهرابی، اعتماد و فتحی (۱۳۹۶)، به مدل‌سازی ریاضی شبکه زنجیره تأمین حلقه‌بسته سبز با در نظر گرفتن ریسک تأمین: مطالعه موردی، با هدف طراحی ساختاری برای زنجیره‌های جدید یا مهندسی مجدد شبکه‌های موجود به منظور افزایش ارزش کل است. در مقاله مذکور یک مدل برنامه‌ریزی عددصحیح مختلط چندهدفه فازی که به دنبال حداقل کردن هزینه‌ها، حداقل کردن اثرات زیست‌محیطی و حداقل کردن ریسک تأمین مواد اولیه می‌باشد، ارائه شده است. این مدل در برگیرنده تمام سطوح زنجیره تأمین حلقه بسته می‌باشد و نسبت به مدل‌های طراحی شبکه زنجیره تأمین قبلی جامعیت دارد. جهت پیاده‌سازی مدل تدوین شده، از داده‌های شرکت شیشه‌سازی همدان استفاده شده است. نتایج حل مدل نشان داد مکان و ظرفیت تسهیلات، میزان تولید در مراکز تولید و تعیین فناوری می‌باشد. کرباسیان، رضوی و صفری (۱۳۹۵)، مکان‌یابی و تعیین ظرفیت عناصر زنجیره تأمین حلقه بسته، مدل ارائه شده 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 افـزایش دهـد. از دیگر تمایزهای مدل حاضر آن است که تمام حالت‌های برگشتی از مشتریان در نظر گرفته شـده اسـت. برای بررسی مدل بازیافت باتری خودرو جهت احداث مراکز زنجیره تأمین حلقـه بسـته در دوره زمـانی ۱۰ ساله به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده که نتایج آن، به دلیل توجـه همزمـان بـه تمـام اهـداف سودآوری، اثرات محیط‌زیست، انتخاب مراکز برتر و زمان تحویل، مورد تأیید خبرگان قرار گرفته اسـت. رحیمی و همکاران (۱۳۹۵)، به طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز حلقه‌بسته بـا درنظـر گـرفتن قیمـت گذاری و چرخـه عمـر محصـول، شـبکه ارائـه شـده شـامل چهـار لایـه در زنجیـره رو بـه جلـو شـامل تأمین‌کنندگان، تولیدکننـدگان، مراکـز توزیـع و بازارهـای مشـتری و نیـز سـه تسـهیل شـامل مراکـز جمع‌آوری، جداسازی و دفع ضایعات در زنجیره معکوس می‌باشد. مدل‌ریاضی طراحی شده برنامه‌ریـزی خطی عدد صحیح مختلط برای بهینه‌سازی شبکه زنجیره تأمین سـبز حلقـه بسـته بـا در نظـر گـرفتن سطوح کیفیت قطعات تشکیل دهنده محصولات تولیدی، همراه با سیاست قیمت‌گذاری و چرخـه عمـر محصولات جهت بیشینه‌سازی سود طراحی گردیده است.

در جدول (۱)، شکاف تحقیقـاتی موجـود در مقالـات اخیـر؛ درجـدول (۲)، مـرور مختصـر بـر روی مهم‌ترین مطالعات انجام شده در زمینه مدیریت مبتنی بر ارزش زنجیـره تـأمین و شـاخص‌هـای مـالی ایجاد ارزش و مدل پیشنهادی مقاله حاضر؛ درجدول (۳)، به مقایسه پژوهش‌هـای گذشـته بـا پـژوهش حاضر از نظر شاخص‌های بُعد عملیاتی (فیزیکی)، پرداخته شده است.

جدول۱: شکاف تحقیقاتی موجود در مقالات اخیر (محقق ساخته)

مقالات		توابع هدف			شبکه		زنجیره تأمین سبز		روش‌های حل		رویکرد بازگشتی	
نویسنده	سال	هزینه	آثار زیست محیطی	ابعاد مالی	چند محصولی	چند دوره‌ای	بازگشتی	حمل و نقل	دقیق	ابتکاری	بازیافت	اصلاحی(تعمیر)
Mohtashami, Aghsami & Jolai	۲۰۲۰	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	
Zhang, Liu & Niu	۲۰۲۰	✓	✓		✓	✓	✓					
De & Giri	۲۰۲۰	✓			✓	✓	✓	✓	✓		✓	
Huang, Murong & Wang	۲۰۲۰	✓	✓		✓	✓	✓	✓				
Zhen et al	۲۰۱۹	✓	✓		✓	✓			✓		✓	
حاجیان و همکاران	۱۳۹۸	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	
پارسائیان و همکاران	۱۳۹۸	✓				✓	✓		✓		✓	
خاکبازان، چهارسوقی و رفیعی	۱۳۹۷	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
کولیائی، آذر و رجب‌زاده قطری	۱۳۹۷	✓	✓			✓	✓		✓		✓	
بهزادی و سیف‌برقی	۱۳۹۷	✓				✓	✓		✓		✓	
محمدی، عالم‌تبریز و پیشوایی	۱۳۹۷	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	
سهرابی، اعتماد و فتحی	۱۳۹۶	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	
مقاله حاضر	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

جدول۲: مقایسه پژوهش‌های گذشته با پژوهش انجام شده از نظر شاخص‌های بُعد مالی (محقق ساخته)

تحقیق مرجع	شاخص‌های بُعد مالی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز												
	نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام	هزینه بهای تمام شده محصول	هزینه احداث مراکز بازیافت	هزینه احداث مراکز دفع	هزینه احداث مراکز توزیع	هزینه حمل محصولات	ارزش افزوده اقتصادی(EVA)	میزان بودجه در دسترس مراکز تولید	هزینه نگهداری موجودی	هزینه بازرسی محصولات	هزینه بازیافت محصولات	هزینه پردازش محصولات	هزینه موجودی ذخیره احتیاطی
Mohtashami, Aghsami & Jolai ,(2020)	✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓		
Zhang, Liu & Niu,(2020)	✓				✓		✓	✓				✓	✓
De & Giri,(2020)	✓	✓					✓	✓		✓	✓		
Huang, Murong & Wang,(2020)	✓						✓	✓		✓			
Zhen et al ,(2019)	✓		✓		✓			✓		✓	✓		
حاجیان و همکاران، (۱۳۹۸)			✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	
پارسائیان و همکاران، (۱۳۹۸)	✓		✓						✓				✓
خاکبازان، چهارسوقی و رفیعی، (۱۳۹۷)		✓					✓				✓		
کولیائی، آذر و رجب‌زاده قطری، (۱۳۹۷)		✓	✓	✓	✓					✓			✓
بهزادی و سیف‌برقی، (۱۳۹۷)			✓			✓	✓	✓			✓		✓
محمدی، عالم‌تبریز و پیشوایی، (۱۳۹۷)	✓	✓	✓	✓			✓						✓
سهرابی، اعتماد و فتحی، (۱۳۹۶)			✓	✓	✓				✓		✓		✓
مقاله حاضر	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

جدول۳: مقایسه پژوهش‌های گذشته با پژوهش انجام شده از نظر شاخص‌های بُعد عملیاتی (محقق ساخته)

تحقیق مرجع	شاخص‌های بُعد عملیاتی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز										
	موجودی کالای احتیاطی تولید کالای سبز	میزان آلاینده حاصل از احداث مراکز تولید	میزان آلاینده حاصل از احداث مراکز بازیافت	نرخ تصادفات جاده‌ای در مسیر مرکز تولید	ظرفیت تولید/ بازیافت / مراکز دفع	میزان آلاینده حاصل از احداث مراکز دفع	حمل و نقل منعطف	نرخ تصادفات جاده‌ای در مسیر مرکز خردەفروش	نرخ برگشت محصول	ظرفیت وسیله نقلیه حمل محصول	نرخ بازیافت محصول برگشتی
Mohtashami, Aghsami & Jolai ,(2020)	✓		✓			✓			✓		✓
Zhang, Liu & Niu,(2020)	✓		✓	✓				✓			
De & Giri,(2020)		✓			✓		✓				✓
Huang, Murong & Wang,(2020)	✓		✓								
Zhen et al ,(2019)		✓			✓			✓			✓
حاجیان و همکاران، (۱۳۹۸)		✓		✓					✓		
پارسائیان و همکاران، (۱۳۹۸)			✓		✓		✓				✓
خاکبازان، چهارسوقی و رفیعی، (۱۳۹۷)		✓		✓			✓	✓			
کولیائی، آذر و رجب‌زاده قطری، (۱۳۹۷)			✓			✓			✓		✓
بهزادی و سیف‌برقی، (۱۳۹۷)			✓	✓			✓			✓	
محمدی، عالم‌تبریز و پیشوایی، (۱۳۹۷)		✓						✓			✓
سهرابی، اعتماد و فتحی، (۱۳۹۶)		✓	✓	✓		✓			✓		
مقاله حاضر	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

نوآوری‌های این مقاله نسبت به سایر پژوهش‌های مورد مطالعه در زمینه مدل‌سازی همزمان جریان مالی و عملیاتی در شبکه تأمین حلقه بسته سبز به قرار زیر است:

۱- ارائه یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی فازی با اهداف بیشینه‌سازی سود کل صاحبان سهام و کمینه‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی از حدود مطلوب با در نظر گرفتن پارامترهای مرتبط با عملیات‌های مالی (نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام، هزینه بهای تمام شده محصول، ارزش افزوده اقتصادی و...)؛

۲- پارامترهای مالی نقش بسزایی در میزان سود شرکت دارند؛ از این رو در نظر گرفتن آن‌ها در مدل‌سازی موجب واقعی‌تر شدن مدل می‌شود؛

۳- استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای دستیابی تولیدکننده به حدود مطلوب شاخص‌های مالی و رویکرد واقعی‌تر نسبت به محیط پویای کسب و کار؛

۴- برنامه‌ریزی آرمانی فازی به طور هم‌زمان چند هدف را در بر می‌گیرد و بر اساس حداقل کردن انحراف از اهداف تنظیم می‌شود. هنر اصلی برنامه‌ریزی آرمانی در نظر گرفتن محدودیت‌ها و آرمان‌ها همراه با متغیرهای تصمیم و همچنین از بین بردن و کم رنگ کردن استدلال ضعیف انسانی هنگام برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری است. بنابراین در این مقاله برای دستیابی به حدود مطلوب شاخص‌های مالی از برنامه‌ریزی آرمانی فازی به دلیل عدم قطعیت استفاده شده است؛

۵- ارائه رویکرد حل جدید برای مدل‌های چند هدفه با ترکیب برنامه‌ریزی آرمانی فازی و روش اپسیلون محدودیت؛

با توجه به این که مدل برنامه‌ریزی ارائه شده چند هدفه می‌باشد. در مسائل چند هدفه اهداف معمولاً باهم در تضاد می‌باشند، این بدان معنی است که بهبود یافتن مقدار یکی از توابع هدف ممکن است باعث بدترشدن حداقل یکی از اهداف دیگر شود؛ به همین خاطر راه‌حل‌هایی که منجر به بهبودی یک هدف می‌شوند راه‌حل‌های ناکارآمد هستند و باید به دنبال راه‌هایی باشیم که همزمان همه اهداف را بهینه کنند. اینجاست که مفهوم جبهه پارتو مطرح می‌شود. در واقع جبهه پارتو مجموعه‌ای از جواب‌های شدنی در فضای جواب است که این جواب‌ها در بردارنده مقادیری از توابع هدف هستند که بهتر شدن مقدار یکی از توابع هدف در ازای بدتر شدن مقدار حداقل یکی از توابع دیگر است. بر اساس این تعریف، یافتن رویکردی برای به دست آوردن جواب‌های بهینه پارتو برای مسائل چند هدفه امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. روش اپسیلون محدودیت تکمیلی که نسخه جدیدی از روش اپسیلون محدودیت سنتی است، توسط مارتاس (۲۰۰۹)، ارائه شد (باقری، بابایی و انظباطی، ۱۳۹۷).

متدولوژی

پژوهش حاضر با توجه به اهداف مطالعه، رویکرد کمّی دارد و به لحاظ مبانی از نظر جهت‌گیری‌های پژوهشی، از نوع کاربردی- توسعه‌ای است. همچنین در قالب مدل‌سازی مهندسی مالی شبکه تأمین حلقه بسته سبز از نظر قلمرو موضوعی قرار می‌گیرد. پژوهش حاضر تلاش می‌کند تا در سطح تصمیم‌گیری راهبردی و فنی یک شبکه تأمین حلقه بسته سبز سه بُعدی مشتمل بر ابعاد مالی؛

زیست‌محیطی و اجتماعی را در نظر بگیرد و با استفاده از مدل‌سازی ریاضی و موارد ذکر شده، در جهت نیل به اهداف پژوهش گام بردارد. این تحقیق بر اساس تفکر سیستمی، در دوسطح راهبردی و فنی، رویکرد فیزیکی و مالی را مدل‌سازی کرده و یکپارچه می‌کند. در این پژوهش مدل‌سازی انجام شده، چند محصولی و چند دوره‌ای است. محل‌های تأمین‌کنندگان، خرده فروشان و مشتریان، ثابت و مقادیر پارامترها در شرایط فازی نیز تعیین می‌شوند.

جامعه و نمونه آماری (معرفی مورد مطالعه)

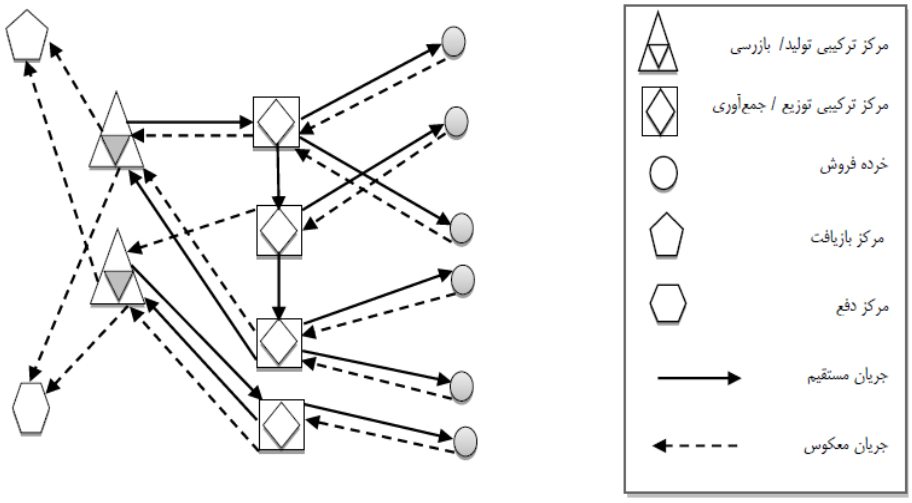
جامعه آماری پژوهش حاضر را شرکت لبنیات دامداران واقع در استان تهران تشکیل می‌دهد. شرکت دامداران یک شرکت تولیدکننده محصولات غذایی است. این شرکت همچنین ۳۵۰۰ راس گاو برای تأمین شیر خود در اختیار دارد. این شرکت در سال ۱۳۶۱ هجری به صورت یک واحد صنفی شروع به کار کرد. در ابتدا ماست تولیدی خود را در ظروف یکبار مصرف عرضه می‌کرد. در آبان ماه ۱۳۷۳ کارخانه کوچکی تحت عنوان شرکت فرآورده‌های لبنی تین (دامداران) تأسیس گردید.

روش نمونه‌گیری تمام شماری است؛ یعنی از نظرات تمامی خبرگان جهت انتخاب ابعاد و شاخص‌های شبکه تأمین حلقه بسته سبز جهت طراحی مدل، ۶ کارشناس‌ارشد شرکت مذکور که حداقل دارای ۲۵ سال سابقه کار اجرایی در حوزه لبنیات و مسلّط به مباحث شبکه‌های تأمین حلقه بسته سبز می‌باشند؛ استفاده شده است.

مسأله: مسأله مورد بررسی در این پژوهش، مدل‌سازی ریاضی (برنامه ریزی آرمانی فازی)، شبکه تأمین حلقه بسته سبز در صنعت لبنیات دامداران که در آن هزینه‌ها، مسائل زیست‌محیطی، مالی و حمل و نقل به حداقل برساند. در مسأله پژوهش، طراحی شبکه با در نظر گرفتن اهداف مالی، زیست محیطی و اجتماعی می‌باشد. در این شبکه که چند سطحی و چند محصولی می‌باشد؛ ابتدا محصولات در مراکز تولیدی تولید شده و سپس از طریق مراکز توزیع به مشتریان فرستاده می‌شوند، محصولاتی که مشتریان از آن‌ها رضایت ندارند یا تاریخ انقضاء آن‌ها گذشته برگشت داده می‌شوند و در مراکز جمع‌آوری نگهداری می‌شوند. نمودار (۱)، ساختار شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز مورد بررسی در این پژوهش را نشان می‌دهد. مدل پیشنهادی با توجه به این که باید تمامی ابعاد زنجیره تأمین حلقه بسته سبز دربُعد مالی و فیزیکی را در نظر بگیرد. جدول (۴)، ابعاد و شاخص‌های مورد نظر مستخرج از پیشینه پژوهش به تفکیک جریان مالی و عملیاتی را نشان می‌دهد.

جدول۴: ابعاد و شاخص‌های مالی و فیزیکی شبکه تأمین حلقه بسته سبز (منبع پژوهشگر)

بُعد	شاخص‌ها
مالی	نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام؛ هزینه بهای تمام شده محصول؛ هزینه احداث مراکز بازیافت؛ هزینه احداث مراکز دفع؛ هزینه احداث مراکز توزیع؛ هزینه حمل محصولات؛ ارزش افزوده اقتصادی(EVA) ؛ میزان بودجه در دسترس مراکز تولید؛ هزینه نگهداری موجودی؛ هزینه بازرسی محصولات؛ هزینه بازیافت محصولات؛ هزینه پردازش محصولات؛ هزینه موجودی ذخیره احتیاطی
زیست محیطی (فیزیکی)	موجودی کالای احتیاطی تولید کالای سبز؛ میزان آلاینده حاصل از احداث مراکز تولید؛ میزان آلاینده حاصل از احداث مراکز بازیافت؛ ظرفیت تولید/ بازیافت / مراکز دفع؛ میزان آلاینده حاصل از احداث مراکز دفع؛ حمل و نقل منعطف؛ نرخ برگشت محصول؛ ظرفیت وسیله نقلیه حمل محصول؛ نرخ بازیافت محصول برگشتی، منبع یابی منعطف
اجتماعی (فیزیکی)	نرخ تصادفات جاده‌ای در مسیر مرکز تولید؛ نرخ تصادفات جاده‌ای در مسیر مرکز خرده‌فروش



نمودار۱: شبکه تأمین حلقه بسته سبز (حاجیان و همکاران، ۱۳۹۸)

هدف این پژوهش، تعیین بهترین برنامه میان مدت چند دوره‌ای با اهداف بیشینه‌سازی سود؛ کمینه‌سازی شاخص‌های مالی از حد مطلوب؛ کمینه‌سازی تأثیرات زیست‌محیطی، اجتماعی با درنظر گرفتن محدودیت‌های عملیاتی و مالی به شیوه مشترک و یکپارچه برای مسائل زیر است:

برنامه تأمین: مقدار خرید هر ماده از هر تأمین‌کننده در هر دوره؛

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

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

مدیریت مالی: تعیین هزینه بهای تمام شده محصول؛ نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام، هزینه احداث مراکز دفع؛ هزینه‌های نگهداری موجودی و غیره در هر دوره.

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

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

مفروضات

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

۱- مسأله مد نظر چند دوره‌ای و چند محصولی است.

۲- سه سطح ظرفیت با هزینه متفاوت برای مراکز در نظر گرفته شده و در نهایت یک سطح ظرفیت برای هر مرکز انتخاب می‌شود.

۳- باید به همه مراکز توزیع / جمع‌آوری تأسیس شده، خدمت داده شود.

۴- تقاضای مراکز توزیع/ جمع‌آوری و خرده‌فروش‌ها در هر دوره قطعی است.

۵- مدل ارائه شده ابعاد مالی و فیزیکی ساختار شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز را طبق جدول(۴)، یکپارچه می‌نماید.

۶- نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام در هر دوره از حداقل نرخ مطلوب، بیشتر است.

۷- تعداد و محل قرارگیری مشتریان، توزیع‌کنندگان، تأمین کنندگان و مرکز تولید ثابت بوده و از قبل مشخص است.

۸- درصد مشخصی از تقاضای هر دوره در خرده‌فروشی‌ها، در دوره بعد از پایان عمر محصول به عنوان محصولات منقضی شده به مراکز توزیع / جمع‌آوری برگشت داده می‌شوند.

۹- نوع ناوگان حمل و نقل موجود ناهمگن است، بنابراین ظرفیت خودروها یکسان نبوده و محدود هست.

۱۰- هر مسیر از یک مرکز تولید / بازرسی تأسیس شده آغاز شده و پس از خدمت‌دهی به مراکز توزیع/ جمع‌آوری، دوباره به همان مرکز تولید/ بازرسی باز می‌گردد.

۱۱- مسیریابی، از مرکز تولید / بازرسی به مراکز توزیع/ جمع‌آوری در نظر گرفته شده است.

۱۲- هرمرکز توزیع/ جمع‌آوری مسئول‌جمع‌آوری محصولات منقضی‌شده ازآن دسته خرده‌فروشانی است که تقاضای آن‌ها توسط آن مرکز توزیع / جمع‌آوری تأمین می‌شود.

۱۳- درصد مشخصی از تقاضای هر دوره در خرده‌فروش‌ها، در دوره بعد از پایان عمر محصول به عنوان محصولات منقضی شده به مراکز توزیع / جمع‌آوری برگشت داده می‌شوند.

مدل‌سازی ریاضی

هریک از عوامل اشاره شده حاوی متغیرها و پارامترهای بسیاری هستند که در راستای بهینه کردن تابع هدف خود در قالب مدل‌سازی برنامه‌ریزی آرمانی فازی و همچنین پوشش دادن چارچوب کل‌گرا و سیستمی، در جدول (۵)، ارائه شده‌اند. در همین راستا بُعدهای فیزیکی، مالی و ادغام این دو بُعد و همچنین تابع هدف معرفی می‌شوند.

جدول۵: اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل‌سازی ریاضی فازی (منبع پژوهشگر)

اندیس‌ها		پارامترهای بُعد مالی	
ماده اولیه	m	ارزش افزوده اقتصادی در دوره t	EVA_t
مرکز تولید	j	بازگشت دارایی‌ها در دوره t	ROA_t
مجموعه توزیع‌کنندگان	d	سود تقسیمی بین سهامداران در دوره t	Div_t
مجموعه خرده‌فروشان	re	هزینه حمل هر واحد ماده اولیه m از توزیع کننده s به مرکز تولیدj در دورهt	trp_{mjt}
مجموعه مشتریان	c	هزینه تولید هر واحد محصول r در مرکز بازرسیi در دوره t	PI_{irt}
مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز بازرسی $i \in \{1,2,...,I\}$	I	هزینه نگهداری هر واحد ماده m در دوره t	hr_{mt}
مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز ترکیبی توزیع / جمع‌آوری $s \in \{1,2,...,S\}$	S	هزینه موجودی کالای احتیاطی محصول r در دوره t	$SAFCost_{rt}$
مجموعه مکان‌های ثابت خرده فروش‌ها $k \in \{1,2,...,K\}$	K	هزینه بازرسی هر واحد محصول برگشتی r در مرکز بازرسی i در دوره t	PH_{irt}
مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز بازیافت $n \in \{1,2,...,N\}$	N	هزینه احداث مرکز تولید j با سطح ظرفیت b	F_j^b
مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز دفع $l \in \{1,2,...,L\}$	L	هزینه احداث مرکز توزیع / جمع‌آوری s با سطح ظرفیت b	F_s^b
مجموعه وسایل نقلیه $v \in \{1,2,...,V\}$	V	هزینه احداث مرکز بازیافت n با سطح ظرفیت b	F_n^b

مجموع سطوح ظرفیت در دسترس مرکز $j \in \{1,2,...,J\}$	B_j	هزینه احداث مرکز دفع l با سطح ظرفیت b	F_l^b
مجموعه محصولات $r \in \{1,2,...,R\}$	R	مقدار درآمد قبل از پرداخت بهره و مالیالت در انتهای دوره t	$EBIT_t$
مجموعه دوره زمانی $t \in \{1,2,...,T\}$	T	بهره پرداختی در انتهای دوره t	IP_t
متغیرهای فازی		درآمد مشمول مالیات در طول دوره t	TI_t
ظرفیت تسهیلات در دوره t افزایش و کاهش آن مقدارش بین صفر تا یک فازی	$\tilde{W}_t$	هزینه کل خرید در دوره t	$OCOS_t$
اگر توزیع‌کننده d در دوره t دایر شود و نشود مقدارش بین صفر تا یک فازی	$\tilde{Y}_{dt}$	هزینه کل تولید در دوره t	$OCOP_t$
پارامترهای تنظیم مدل فازی		دارایی‌های ثابت در انتهای دوره t	FA_t
درصد تقسیم سود بین سهامداران در دوره t	$\tilde{\delta}_t$	هزینه کل توزیع در دوره t	$OCOD_t$
درصدی از حساب‌های دریافتنی که در دوره t تسویه می‌شوند و برای دوره k ضمانت شده است	$\tilde{\Theta}$	هزینه پردازش هر واحد محصول جمع‌آوری شده r در مرکز توزیع / جمع‌آوری s در دوره t	PC_{srt}
		مجموع هزینه‌های مرکز بازرسی i در دوره t (هزینه‌های بازرسی، نگهداری موجودی و حمل و نقل)	TOC_{it}
درصدی از حساب‌های پرداختنی کوتاه مدت که در دوره t تسویه می‌شوند	$\tilde{\mu}$	هزینه دفع هرواحدمحصول r در مرکز دفع l در دوره t	PL_{lrt}
کل ظرفیت توزیع‌کننده d در دوره t	$\tilde{DC}_{dt}$	پارامترهای بُعد اجتماعی	
		نرخ تصادفات جاده‌ای در مسیر مرکز تولید j در دوره t	raf_{jt}
		نرخ تصادفات جاده‌ای درمسیرخرده فروش re دردوره t	raf_{ret}

ادامه جدول۵: اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل‌سازی ریاضی فازی (منبع پژوهشگر)

پارامترهای بُعد زیست محیطی	
میزان آلاینده منتشر شده حاصل از احداث مرکز تولید j با سطح ظرفیت b	PO_j^b
میزان آلاینده منتشر شده حاصل از احداث مرکز بازرسی i با سطح ظرفیت b	PO_i^b
میزان آلاینده منتشر شده حاصل از احداث مرکز توزیع / جمع‌آوری s با سطح ظرفیت b	PO_s^b
میزان آلاینده منتشر شده حاصل از احداث مرکز بازیافت n با سطح ظرفیت b	PO_n^b
میزان آلاینده منتشر شده حاصل از احداث مرکز دفع l با سطح ظرفیت b	PO_l^b
موجودی کالای احتیاطی محصول r در دوره t	SAF_{rt}
تاخیر در حمل موجودی سبز در دوره t	DIC_t
متوسط میزان آلاینده منتشر شده در هر واحد زمانی توسط وسیله نقلیه	ET

ادامه جدول۵: اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل‌سازی ریاضی فازی (منبع پژوهشگر)

متغیرهای تصمیم مدل زنجیره تأمین حلقه بسته سبز			
اگر مرکز توزیع / جمع‌آوری s به خرده فروش re در دوره t تخصیص یابد برابر ۱، در غیر این صورت برابرصفر	XKS_{rest}	مقدار انحراف رو به پایین شاخص مالی نوع n در دوره t	d_{nt}^{-}
اگر مرکز بازرسی i به مرکز دفع l در دوره t تخصیص یابد برابر با ۱، در غیر این صورت برابر با صفر	XIL_{ilt}	مقدار انحراف روبه بالای شاخص مالی نوع n در دوره t	d_{nt}^{+}
اگر مرکز بازرسی i به مرکز بازیافت n در دوره t تخصیص یابد برابر با ۱، در غیر این صورت برابر با صفر	XIN_{int}	میزان موادی که از مراکز توزیع s برای محصول r در دوره t به شرکت می‌روند	SMQ_{srt}
موجودی کالای اولیه r در دوره t	RWQ_{rt}	میزان محصولr که از وسیله نقلیه V به انبار W در دوره t می‌رود	VWQ_{rt}
اگر مرکز بازرسی i با سطح ظرفیت b تأسیس شود برابر با ۱، در غیر این صورت برابر با صفر	W_i^b	میزان محصولr که از وسیله نقلیه V به خرده فروش re در دوره t می‌رود	VDQ_{rret}
اگر مرکز بازیافت n با سطح ظرفیت b تأسیس شود برابر ۱، در غیر این صورت برابر با صفر	W_n^b	اگر مرکز توزیع / جمع‌آوری s با سطح ظرفیت b تأسیس شود برابر با ۱، در غیر این صورت برابر با صفر	W_s^b
مقدار محصول حمل شده r از مرکز توزیع / جمع‌آوری s به خرده‌فروش re در دوره t	OSK_{srert}	اگر مرکز توزیع / جمع‌آوری s توسط وسیله نقلیه v مرکز بازرسی i در دوره t تأمین شود برابر با ۱، در غیر این صورت برابر با صفر	X_{ivst}
مقدار محصول حمل شده r از مرکز بازرسی i به مرکز دفع l در دوره t	OIL_{ilrt}	اگر مرکز توزیع / جمع‌آوری s نخستین مرکز ملاقات شده توسط وسیله نقلیه v مرکز بازرسی i در دوره t باشد برابر با ۱، در غیر این صورت برابر با صفر	X'_{ivst}
مقدار محصول برگشتی r که از خرده‌فروش re به مرکز توزیع / جمع‌آوری s در دوره t ارسال می‌شود	RKS_{resrt}	اگر مرکز توزیع / جمع‌آوری s آخرین مرکز ملاقات شده توسط وسیله نقلیه v مرکز بازرسی i در دوره t باشد برابر با ۱، در غیر این صورت برابر با صفر	X''_{ivst}
خالص فروش در انتهای دوره t	NTS_t	کل ظرفیت شرکت M در دوره t	TC_t
استهلاک در انتهای دوره t	DPR_t	مقدار محصول حمل شده r از مرکز بازرسی i به مرکز بازیافت n در دوره t	OIN_{inrt}

توابع هدف

برای مواجهه با ماهیت چند هدفه مسأله برنامه اصلی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی بهره گرفته شده است. بر این اساس برای هر هدف مسأله حد مطلوبی (آرمانی)، در نظر گرفته شده و سپس طبق اصول برنامه‌ریزی آرمانی فازی سعی در کمینه‌سازی

انحرافات نامطلوب از حد مطلوب شده است. در تابع هدف طراحی شده، با توجه بـه اهمیـت هرکـدام از اهداف، به متغیرهای انحراف مربوط به آن هدف، یک وزن تعلق گرفته است. چهار تابع هدف مهم برای مسأله مدل‌سازی یکپارچه مالی و عملیاتی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز مورد نظر، در نظر گرفته شده است. تابع هدف اول کاهش انحرافات شاخص‌های مالی از حـدود مطلـوب (TDIF)[۶]؛ تـابع هـدف دوم افزایش سود کل صاحبان سهام (TPRO)[۷]؛ تابع هدف سوم کمینه کردن هزینه‌ها و تابع هـدف چهـارم کمینه کردن میزان انتشار گازهای آلاینده در سراسر شبکه.

تابع هدف۱: حداقل‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی از حدود مطلوب

جریان مالی در کنار جریان کالا و اطلاعات، جریان‌های کلیدی در هر تولید هسـتند. چـون عملکـرد نهایی زنجیره تأمین متأثر از عملکرد مالی است، مـدیریت جریـان مـالی اهمیـت زیـادی دارد. مطالعـه جریان‌های مالی معمولاً متمرکز بر تحلیل نسبت‌های مالی است. نسبت‌های مالی، شاخص‌هایی هستند که موقعیت مالی شرکت را تحلیل می‌کنند. برای بهینه‌سازی شاخص‌های مالی از برنامـه‌ریـزی آرمـانی فازی (FGP) استفاده شده است. به این منظور ابتدا حدمطلوب هر شاخص طبق استانداردهای موجـود تعیین شده و سپس طبق برنامه‌ریزی آرمانی فازی سعی در حداقل‌سازی انحرافات شـاخص‌هـای مـالی مرکز تولید (شرکت دامداران) از حدود مطلوب شرکت شده است.

تابع هدف مربوط به حداقل‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی تولیدکننده از حدود مطلوب به صورت رابطه (۱)، تعریف می‌شود. طبق این رابطه ۱۴ هزینه موجود در بعد مـالی بایـد مینـیم و ۸ شـاخص از جمله سود تقسیمی بین سهامداران باید انحراف مثبت داشته باشد تا تابع هدف انحرافات هزینـه بهینـه گردد.

$$\text{MinTDIF} = \sum_{t=1}^{T} (w_1.d_{1t}^{+} + w_2.d_{2t}^{+} + w_3.d_{3t}^{+} + w_4.d_{4t}^{-} + w_5.d_{5t}^{-} + w_6.d_{6t}^{-} + w_7.d_{7t}^{-} + w_8.d_{8t}^{-} + w_9.d_{9t}^{-} + w_{10}.d_{10t}^{-} + w_{11}.d_{11t}^{-} + w_{12}.d_{12t}^{-} + w_{13}.d_{13t}^{+} + w_{14}.d_{14t}^{+} + w_{15}.d_{15t}^{+} + w_{16}.d_{16t}^{-} + w_{17}.d_{17t}^{-} + w_{18}.d_{18t}^{+} + w_{19}.d_{19t}^{-} + w_{20}.d_{20t}^{-} + w_{21}.d_{21t}^{-} + w_{22}.d_{22t}^{-}$$

رابطه(۱)

تابع هدف۲: افزایش سود کل صاحبان سهام

سود خالص شرکت برابر تفاضل درآمد خالص پس از کسر مالیات و میزان زیان شرکت است و طبق رابطه (۲)، محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که TR_t درآمد کل در دوره زمانی t و TI_t^{+} یعنی درآمد قبل از پرداخت مالیات شرکت مثبت است و مشمول مالیات بر درآمد می‌شود و TI_t^{-} یعنی درآمد قبل

از پرداخت مالیات شرکت منفی است و مشمول مالیات بر درآمد نمی‌شود؛ همچنین دو متغیر مذکور متغیری وابسته هستند و نمی‌توانند به طور همزمان مقدار مخالف صفر داشته باشند.

$$MaxTPRO_t = \sum_{t=1}^{T} ((1-TR_t).TI_t^+ - TI_t^-) \qquad \forall t$$

رابطه(۲)

تابع هدف۳: کمینه کردن هزینه‌ها

$$MinZ_3 = \sum_i \sum_{b\in B_i} F_i^b W_i^b + \sum_s \sum_{b\in B_s} F_s^b W_s^b + \sum_l \sum_{b\in B_l} F_l^b W_l^b + \sum_i \sum_{b\in B_n} F_n^b W_n^b + \sum_t \sum_i TOC_{it} +$$
$$\sum_s \sum_{re} \sum_r \sum_t XKS_{rest}(OSK_{srert}.PS_{srt} + RKS_{resrt}.PC_{srt}) + \sum_l \sum_i \sum_r \sum_t XIL_{ilt}.OIL_{ilrt}.PL_{lrt} +$$
$$\sum_n \sum_i \sum_r \sum_t XIN_{int}.OIN_{inrt}.PN_{nrt}$$

رابطه(۳)

تابع هدف۴: کمینه کردن میزان انتشار گازهای آلاینده در سراسر شبکه (زیست محیطی)

$$MinZ_4 = \sum_i \sum_s \sum_v \sum_{b\in B_S} \sum_t ET.W_s^b \left[[(X'_{ivst} + X''_{ivst}) \frac{C_{is}}{V'_{iv}} + \sum_{s'=1}^{s} XSS_{ivs's't}. \frac{CS_{s's}}{V'_{iv}} \right] + \sum_k \sum_s \sum_t ET.TKS_{ks}.XKS_{kst} +$$
$$\sum_i \sum_n \sum_t ET.TIN_{in}.XIN_{int} + \sum_k \sum_s \sum_t ET.TIL_{il}.XIL_{ilt} + \sum_{b\in B_i} \sum_i PO_i^b W_i^b + \sum_{b\in B_S} \sum_s PO_s^b W_s^b + \sum_{b\in B_n} \sum_n PO_n^b W_n^b +$$
$$\sum_{b\in B_l} \sum_l PO_l^b W_l^b + \sum_i \sum_l \sum_r \sum_t OIL_{ilrt}.XIL_{ilt} + \sum_i \sum_n \sum_r \sum_t OIN_{inrt}.XIN_{int}$$

رابطه(۴)

محدودیت‌ها

محدودیت‌های این پژوهش در قالب بُعد مالی، بُعد عملیاتی و یکپارچه‌سازی ابعاد عملیاتی و مالی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته در شرکت لبنیات دامداران، تفکیک شده و مدل‌سازی صورت پذیرفته است.

شاخص‌های بُعد مالی

همچنین روابط (۵) تا (۸)، محدودیت‌های پارامترهای مالی را نشان می‌دهد.

رابطه (۵)، مقدار درآمد قبل از کسر مالیات در هر دوره عبارت است از:

$$TI_t = EBIT_t - IP_t \qquad \forall t$$

رابطه (۶)، مقدار بهره پرداختی در هر دوره از رابطه (۶)، محاسبه می‌شود.

$$IP_t = P_t \times I_t \times N_t \qquad \forall t$$ **رابطه(۶)**

رابطه (۷)، مقدار درآمد قبل از پرداخت بهره و مالیات در هر دوره عبارت است از:

$$EBIT_t = NTS_t - TC_t - DPR_t \qquad \forall t$$ **رابطه(۷)**

رابطه (۸)، میزان استهلاک در انتهای دوره عبارت است از:

$$DPR_t = \frac{C_t - S_t}{n_t} \qquad \forall t$$ **رابطه(۸)**

شاخص‌های بعد فیزیکی (عملیاتی)

موجودی کالای احتیاطی: موجودی کالای احتیاطی برای شرایط غیرقابل پیش‌بینی در نظر گرفته می‌شود. هرچه موجودی کالا بیشتر نگهداری شود، بهتر می‌توان به مشتریان خدمت‌رسانی نمود؛ اما این موضوع، هزینه‌های عملیاتی را افزایش می‌دهد؛ از این رو لازم است میزانی کالای احتیاطی نگهداری شود تا عملکرد زنجیره تأمین برای مدت کوتاهی حفظ شود؛ بنابراین رابطه (۹)، میزان کالای احتیاطی برای هر محصول و در هر دوره را کنترل می‌کند.

$$RWQ_{gt} \geq SAF_{gt}.\tilde{W}_t \qquad \forall t$$ رابطه(۹)

منبع‌یابی منعطف: گزینه‌های مختلف در تأمین مواد اولیه تولید نقش بسزایی در افزایش تاب‌آوری صنایع و سازمان‌ها ایفا می‌نماید. دررابطه (۱۰)، این شاخص مدل شده است.

$$\sum_t TC_t + RC_t \geq \tilde{DC}_{dt} + \tilde{Y}_{dt} \qquad \forall t$$ رابطه(۱۱)

تعادل در جریان کالا: این محدودیت‌ها اطمینان می‌دهند که ورودی‌های هر قسمت از محصولات و کالاها با خروجی‌های آن در تعادل است.

رابطه‌های (۱۲) و (۱۳)، میزان کالاها و موادی که از هر تأمین‌کننده در هر دوره وارد شرکت و انبار آن می‌شوند را با میزان خروجی‌های آن که از انبار یا شرکت به سمت هریک از توزیع‌کنندگان می‌روند را در تعادل قرار می‌دهد.

$$\sum_s \sum_g SMQ_{Sgt} = \sum_g MWQ_{gt} + \sum_g \sum_d MDQ_{gdt} \qquad \forall t$$ رابطه(۱۲)

$$\sum_g MDQ_{gdt} + \sum_g WDQ_{gdt} = \sum_g \sum_c DCQ_{gdct} \qquad \forall t$$ رابطه(۱۳)

یکپارچه‌سازی حل مدل یکپارچه مالی – فیزیکی

روش‌های متنوعی در مبانی نظری موضوع برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه فازی ارائه شده است. در پژوهش حاضر با استفاده از رویکردهای چند هدفه فازی TH و SO، تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا با انتخاب راه‌حل مناسب بر اساس درجه ارضاء و اولویت هر تابع هدف تصمیم نهایی را اتخاذ کند؛ همچنین این رویکردها قادر به تولید جواب‌های کارآمد متعادل و نامتعادل با توجه به ترجیح تصمیم‌گیرنده است.

ازاهداف اصلی پژوهش حاضر، پوشش دادن تفکر سیستم و رویکرد کل‌گرا به کل مجموعه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز است. مدل‌سازی روابط (۱۴) تا (۱۷)، به خوبی جریانات فیزیکی کالا و جریانات مالی را با لحاظ کردن بُعدهای فیزیکی و مالی یکپارچه و ادغام می‌کند. این روابط هزینه‌های مواد، تولید، حمل و نقل، انبارداری و همچنین توزیع‌کننده را مد نظر قرار می‌دهند.

$$MaCost_t = \sum_S \sum_g SMCU_{st}.SMQ_{sgt} \qquad \forall t \qquad \text{رابطه(۱۴)}$$

$$Pr\,Cost_t = \sum_g \sum_d MPCU_{gt}.MDQ_{gdt} + MWQ_{gt} \qquad \forall t \qquad \text{رابطه(۱۵)}$$

$$HaCost_t = \sum_g \sum_c \sum_t HCUC_{dt}.DCQ_{gdct} \qquad \forall t \qquad \text{رابطه(۱۶)}$$

$$StCost_t = MSCU_t.(\frac{\sum g\,(RWQ_t + RWQ_{g(t-1)})}{2}) \qquad \forall t \qquad \text{رابطه(۱۷)}$$

مدل‌سازی این پژوهش به صورت برنامه‌ریزی آرمانی فازی و مدلسازی ریاضی انجام شد و برای حل مدل، از نرم‌افزارGAMS24 و حل کننده CPLEX استفاده شده است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

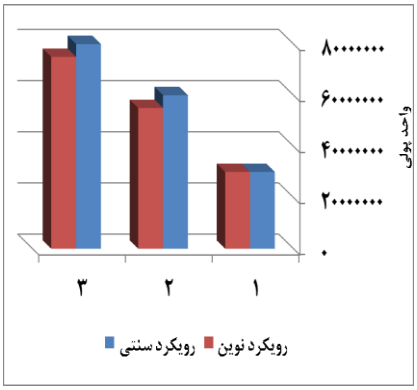
برای نمایش مدل ارائه شده و روش حل به کار رفته، در این بخش یک مسأله نمونه حل می‌شود. ابعاد مسأله نمونه استفاده شده در جدول (۶)، ارائه شده است. پارامترهای استفاده شده در مسأله نمونه با استفاده از توزیع یکنواخت و به طور تصادفی تولید شده‌اند. مدل‌سازی مسأله تعداد زیادی پارامتر را شامل می‌گردد؛ بنابراین نمایش تمامی پارامترها به واسطه محدودیت تعداد صفحات مقاله امکان‌پذیر نیست؛ در نتیجه بعضی از پارامترهای مهم مانند پارامترهای مالی برای ۴ دوره(هر دوره سه ماه) در جدول (۶)، ارائه شده است. لازم به ذکر است که هر دوره برنامه‌ریزی (t) به صورت یک ماهه در نظر

گرفته شده است و کل دوره برنامه‌ریزی (T) دو سال است. جدول (۷)، مقادیر بهترین و بدترین جـواب توابع هدف تحت مسأله نمونه را نمایش می‌دهد.

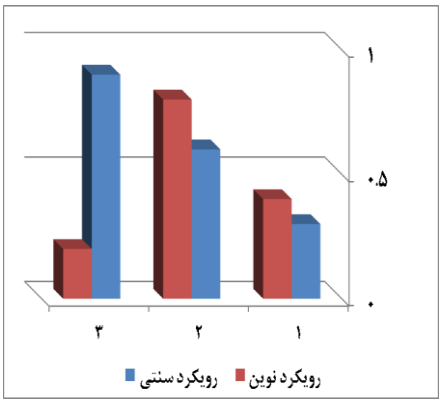
جدول۶: ابعاد مسأله نمونه (منبع پژوهشگر)

	تعداد محصول	تعداد تأمین‌کننده	تعداد توزیع‌کننده	تعداد خرده فروش	تعداد مشتری	تعداد دوره
مسأله نمونه	۵	۷	۱۰	۵۰	۸	۴

مقایسه مدل مالی و غیرمالی: براساس اطلاعات ارائه شده و حل مدل، دو رویکرد سنتی (مـدل غیـر مالی) و نوین (مدل مالی پژوهش حاضر) در مقابل یکـدیگر قـرار گرفتـه و مقایسـه شـده‌انـد. برخـی از متغیرهای محاسبه شده مانند بهای تمام شده کالای فروش رفته و ترکیب بهینه ساختار سرمایه شرکت متعلق به شبکه حلقه بسته سبز اشاره شده در نمودارهای شماره (۲و۳)، نشان داده شده است.



نمودار۲: بهای تمام شده محصول در رویکرد سنتی و نوین نمودار



نمودار ۳: ترکیب ساختار سرمایه در رویکرد سنتی و نوین

مشاهده می‌گردد در رویکرد نوین (مالی) بهای تمام شده کالای فروش رفته میـزان پـایین‌تـری بـه دست می‌آید و این مهم، اثربخشی حسابداری بهای تمام شده را افـزایش مـی‌دهـد؛ همچنـین سـاختار سرمایه شرکت نشان می‌دهد که شرکت توانسته است نسبت به رویکرد سنتی (مدل غیر مالی) ریسـک مالی خود را کاهش دهد و میزان اهرمی بودن شرکت را پایین آورد؛ به تبع این موضـوع موجـب پـایین آمدن ریسک و ورشکستگی شرکت و شبکه تأمین حلقه بسته سبز می‌شود.

جدول۷: بهترین و بدترین جواب ممکن برای توابع هدف در مسأله نمونه (منبع پژوهشگر)

	هدف ۱: کمینه‌سازی انحرافات شاخص‌های مالی از حدود مطلوب	هدف۲: حداکثرکردن سود کل صاحبان سهام	هدف۳: کمینه کردن هزینه‌ها	هدف۴: کمینه کردن میزان انتشار گازهای آلاینده در سراسر شبکه (زیست محیطی)
بهترین مقدار تابع هدف (با در نظر گرفتن ابعاد مالی)	۵۴۳۶۱۴۰۰۰۰۰۰	۵۴۳۷۰۰۰۰۰۰	۳۲۳۵۰۰۰۰۰۰	۲۳۵۷۰۰۰۰۰۰
بدترین مقدار تابع هدف (بدون در نظر گرفتن شاخص‌های مالی)	۶۲۵۱۴۵۰۰۰۰۰۰	۴۶۸۱۷۵۹۰۰۰	۵۸۷۵۶۲۱۰۰۰	۳۴۱۷۰۰۰۰۰۰

با توجه به نتایج جدول (۷)، یک مدل چهار هدفه برنامه‌ریزی آرمانی فازی، حل شده است. حل مدل ریاضی نتایج نشان داد بهره‌مندی از رویکرد نوین پژوهش حاضر می‌توان ثروت سهامداران را افزایش دهد.

جدول۸: حدود مالی پارامترها (منبع پژوهشگر)

مقدار	پارامتر مالی
۰/۰۲	نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام
۰/۰۵	نرخ بازگشت دارایی‌ها
۱۰	نرخ پوشش پول
۱/۷۵	نرخ بدهی‌ها به حقوق صاحبان سهام

ارزیابی پایایی مدل و تحلیل حساسیت

برای ارزیابی عملکرد مدل‌سازی، تعدادی از پارامترهای مطالعه (هزینه بهای تمام شده محصول، هزینه حمل محصولات و هزینه پردازش محصولات)، 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 ارائه می‌کند. با اعمال تغییرات یاد شده روی پارامترهای مشخص شده و مقایسه جدول‌های (۹ و ۱۰)، مقدار تابع هدف تقریباً در همان محدوده تغییر و نوسان می‌کند. این مهم به خوبی حکایت از انسجام و پایداری مدل ارائه شده دارد. برای نمونه، در خصوص تغییر پارامتر هزینه بهای تمام شده محصول، میزان تغییرات در جریانات محصولات میان

تسهیلات مختلف نسبت به مدل اولیه قابل مقایسه است. ۱۵ درصد کاهش در هزینه بهای تمام شده باعث می‌شود که عمده مواد از تأمین کننده سوم تهیه شود؛ زیرا قیمت‌های این تأمین‌کننده نسبت به سایر تأمین‌کنندگان مناسب‌تر است. در واقع کاهش تقاضا درآمد شرکت را تحت تأثیر قرار می‌دهد و شرکت را ملزم به تأمین مواد با قیمت‌های باصرفه‌تر می‌کند. همچنین مشاهده می‌شود، کاهش ۱۵درصدی در هزینه بهای تمام شده، تابع هدف را به میزان ۵درصد کاهش و کاهش ۱۶ و ۲۵ درصدی در هزینه حمل محصولات و هزینه پردازش محصولات، تابع هدف را به ترتیب به میزان ۱۰ و ۱۲ درصد کاهش می‌دهد.

جدول۹: مقدار تابع هدف و جریانات مواد اولیه(منبع پژوهشگر)

تابع هدف	جریانات
۶۴۵۲۳۱	SMQ(s,r,t)…(s,r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
	VWQ(r,t)…(r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
	VDQ(r,re,t)… (r,re,t)□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
	RWQ(r,t)…(r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

جدول۱۰: تحلیل حساسیت پارامترهای تحقیق (منبع پژوهشگر)

پارامتر	Δ در صد	**Obj** در صد	جرایانات
هزینه بهای تمام شده محصول	-۱۵	-۵	SMQ(s,r,t)…(s,r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
			VWQ(r,t)…(r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
			VDQ(r,re,t)… (r,re,t)□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
			RWQ(r,t)…(r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
هزینه حمل محصو	-۱۶	-۱۰	SMQ(s,r,t)…(s,r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
			VWQ(r,t)…(r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
			VDQ(r,re,t)…

لات			(r,re,t)□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
			RWQ(r,t)…(r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
هزینه‌-های پرداز ش محصو لات	-۲۵	-۱۲	SMQ(s,r,t)…(s,r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
			VWQ(r,t)…(r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
			VDQ(r,re,t)… (r,re,t)□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□
			RWQ(r,t)…(r,t□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

برای ارزیابی قابلیت کاربرد مدل ارائه شده، تحلیل حساسیت نیز روی پارامترهای مهم در مدل طبق جدول (۱۰)، انجام شده است که این امر نشان می‌دهد تغییرپذیری مدل نسبت به پارامترها در حد قابل قبولی بوده و اهداف مطالعه را محقق ساخته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

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 سودکل صاحبان سهام با استفاده از مدل‌سازی ریاضی برنامه‌ریزی آرمانی فازی با در نظر گرفتن جریانات مالی و یکپارچه‌سازی آن با جریان فیزیکی می‌باشد. مدل‌سازی مسأله برنامه‌ریزی آرمانی فازی در یک شبکه تأمین چند سطحی، چند دوره‌ای و چند محصولی با هدف بیشینه نمودن ثروت سهامداران است. برای مواجهه با ماهیت چند هدفه مدل، از روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی استفاده شده است.

در این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی اصلی برای شبکه تأمین حلقه بسته سبز به صورت چند محصوله و چند دوره‌ای در صنعت لبنیات ایران (دامداران) با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی فازی ارائه شد. اهداف مدل ارائه شده عبارت‌اند از: بیشینه‌سازی سود؛ کمینه‌سازی شاخص‌های مالی از حد مطلوب؛ کمینه‌سازی تأثیرات زیست‌محیطی، اجتماعی شبکه تأمین و همچنین بیشینه‌سازی نرخ بازگشت حقوق صاحبان سهام. بر اساس چارچوب برنامه‌ریزی آرمانی فازی، برای هریک از اهداف بالا حد مطلوبی در نظر گرفته شده و در تابع هدف نهایی مدل، میزان انحراف از مقادیر مطلوب کمینه شده است. مقاله حاضر یک شبکه تأمین حلقه بسته سبز سه بُعدی در دو سطح تصمیم‌گیری راهبردی و فنی، طراحی و مدل‌سازی نموده و فارغ از نگاه‌های مجزا زنجیره تأمین و بهینه‌سازی‌های معمول، تفکر

سیستمی و چارچوب کل‌گرا را بر کل مدل همچنین ابعاد مالی نیز بر مدل حاکم کرده است. این پژوهش، ابعاد فیزیکی (بُعد زیست محیطی (میزان آلاینده حاصل از احداث مراکز تولید؛ میزان آلاینده حاصل از احداث مراکز تولید؛ میزان آلاینده حاصل از احداث مراکز بازیافت؛ طرفیت تولید/ بازیافت/ مراکز دفع؛ میزان آلاینده حاصل از احداث مراکزدفع؛ حمل و نقل منعطف؛ نرخ برگشت محصول؛ ظرفیت وسیله تقلیه حمل محصول؛ نرخ بازیافت محصول برگشتی)؛ بُعد اجتماعی(نرخ تصادفات جاده‌ای در مسیر مرکز تولید؛ نرخ تصادفات جاده‌ای در مسیر مرکز خرده‌فروش)، بُعد مالی (نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام؛ هزینه بهای تمام شده محصول؛ هزینه احداث مراکز بازیافت؛ هزینه احداث مراکز دفع؛ هزینه احداث مراکز توزیع؛ هزینه حمل محصولات؛ ارزش افزوده اقتصادی (EVA)؛ میزان بودجه در دسترس مراکز تولید؛ هزینه نگهداری موجودی؛ هزینه بازرسی محصولات؛ هزینه بازیافت محصولات؛ هزینه پردازش محصولات؛ هزینه موجودی ذخیره احتیاطی)، را در نظر گرفته و یکپارچه کرده است؛ همچنین این پژوهش چند محصولی و چند دوره‌ای در زنجیره تأمین حلقه بسته سبز و مقادیر پارامترهای در شرایط فازی نیز تعیین شد؛ بنابراین با توجه به لحاظ کردن موارد اشاره شده، دیدگاه جامع‌تر و دقیق‌تری را نسبت به مطالعات پیشین ارائه کرده و مدل‌سازی خود را به صورت یک مدل عمومی برای شرکت‌های مختلف تولیدی خصوصاً صنعت لبنیات ایران اجرا کرده است.

درجدول (۱۱)، به مقایسه پژوهش‌های گذشته با مقاله حاضر از نظر روش تحلیل، چند سطحی بودن زنجیره تأمین و امتیازات مقاله فعلی نسبت به دیگر تحقیقات پرداخته شده است.

جدول۱۱: مقایسه پژوهش‌های گذشته با مقاله حاضر (مهم‌ترین پژوهش‌های شبکه تأمین حلقه بسته سبز)

محقق و سال	عنوان پژوهش	روش تحلیل	مدل	امتیازات مقاله حاضر نسبت به دیگر پژوهش‌ها
محتشمی، آقسامی و جولای،۲۰۲۰	طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با استفاده از سیستم صف جهت کاهش اثرات محیط-زیستی و مصرف انرژی	مدل‌سازی ریاضی	سیستم صف	طراحی مدل ریاضی فازی علاوه بر ارائه مدل مفهومی و در نظر گرفتن مدل چهار هدفه شبکه حلقه بسته سبز
زهانگ، لو و نی، ۲۰۲۰	هماهنگی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز دو کاناله با توجه به کیفیت و بازده محصول	مدل‌سازی ریاضی	طراحی مدل تخفیف و شبیه‌سازی	رویکرد کمی و مدل‌سازی ریاضی و فازی و یکپارچه-سازی ابعاد و مالی و عملیاتی
دی و گری، ۲۰۲۰	مدل‌سازی زنجیره تأمین حلقه	مدل‌سازی	برنامه ریزی	تصمیم گیری چند هدفه

	بسته تحت سیاست کاهش ناوگان ناهمگن انتشار گاز کربن	ریاضی	غیرخطی مختلط	فازی
هانگ، مورانگ و وانگ، ۲۰۲۰	طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز با هدف کنترل و کاهش هزینه‌های انتشار گازهای CO_2	مدل‌سازی ریاضی	برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط	یکپارچه‌سازی رویکرد مالی و فیزیکی در شبکه تـأمین حلقه بسته سبز
حاجیان و همکاران، ۱۳۹۸	ارائه مدلی چند هدفه برای مسأله مکان‌یابی مسیریابی موجودی در شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز چند دوره‌ای و چند محصولی برای کالاهای فاسدشدنی	مدل‌سازی ریاضی	مدل چند هدفه برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح مختلط و الگوریتم ژنتیک	مدلسازی با برنامـه ریـزی آرمـانی و منطـق فـازی و ارائـه مـدل بهینـه‌سـازی شبکه تـأمین حلقـه بسـته سبز با چهار هدف

بنابراین با توجه به جدول (۱۱)، این تحقیق به جای بهینه‌سازی مرسوم که به بیشینه نمودن سـود یا حداقل‌سازی هزینه در نظر گرفته می‌شد، به حداکثرسازی تغییـرات حقـوق صـاحبان سـهام؛ میـزان بازگشت داریی‌ها؛ محاسبه سود عملیاتی خالص در زنجیره تأمین؛ کاهش هزینه‌های حمـل موجـودی و کالای ساخته شده و کاهش هزینه‌های موجودی ذخیره احتیاطی تغییر رویکرد داده اسـت؛ بنـابراین بـا توجه به جداول (۱و۲و۳)، مزیت این پژوهش نسبت به سایر مطالعات آن است که رویکردهـای مـالی و فیزیکی به صورت همزمان در نظر گرفته شده است؛ همچنین برای اولین بار زنجیره تأمین حلقه بسـته سبز در یک مدل سه بُعدی در صنعت لبنیات ایران مدل‌سازی شده است؛ با انتخاب موارد وسعت دادن به تحلیل‌ها و دقیق کردن ارتباطات صورت‌های مـالی (بـرای مثـال در مقایسـه بـا مطالعـه حاجیـان و همکاران (۱۳۹۸))، مدل‌سازی دقیق‌تر و واقعی‌تر شده است. از این رو می‌توان استدلال کرد که در نظـر گرفتن برنامه‌ریزی آرمانی فازی و توجه به بُعد زیست‌محیطـی و اجتمـاعی ایـن عوامـل باعـث بهبـود مدیریت صحیح زنجیره تأمین و کارایی آن می‌شود. نتایج آزمـون رویکـرد ترکیبـی (مـالی – فیزیکـی)، نشان داد که میزان افزایش در تغییرات حقوق صاحبان سهام بیشـتر از میـزان کـاهش در مقـدار سـود است و این موضوع نشان‌دهنده توانمندی رویکرد نوین (پژوهش حاضر) است. همچنین نتـایج پـژوهش حاضر با نتـایج تحقیقـات حاجیـان و همکـاران (۱۳۹۸) و محمـدی، عـالم‌تبریـز و پیشـوایی (۱۳۹۷)، همراستا می‌باشد. به عنوان نمونه، در ترکیب ساختار سرمایه شرکت در رویکرد نوین، میانگین بدهی‌هـا طی دوره‌های مدنظر در مدل ریاضی، کاهش یافته است و این مهم حکایت از کـاهش ریسـک مـالی در شرکت دامداران دارد.

نتایج مدل‌سازی و حل مدل عددی، اهمیـت نقـش بُعـد مـالی و در نظـر گـرفتن هـم‌زمـان ابعـاد

مالی - فیزیکی در مدل ریاضی برای کسب مزیت رقابتی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز را نشان می‌دهد. نتایج پژوهش نشان داد، شاخص‌های مالی در عملکرد اقتصادی برنامه اصلی زنجیره تأمین تأثیر مثبتی دارد؛ اما ملاحظه شاخص‌های مالی باعث افت عملکرد تولید در ابعاد اجتماعی و زیست‌محیطی می‌شود؛ همچنین در نظرگرفتن بُعد مالی در زنجیره تأمین منجر به افزایش سودآوری سودسهامداران در صنعت لبنیات ایران ایران می‌گردد؛ در نتیجه می‌توان بیان کرد که طراحی یکپارچه مالی – فیزیکی در زنجیره تأمین به تقویت بُعد اقتصادی و زیست‌محیطی تولید منجر می‌شود.

در نظر گرفتن مدل‌سازی فازی و بهره‌مندی از زنجیره تأمین حلقه بسته تاب‌آور و عدم قطعیت در مدل، بررسی سایر اهداف مالی به طور همزمان و در نظر گرفتن ابعاد چابکی و نابی در تولید و ترکیب آن با زنجیره تأمین سبز(زیست‌محیطی)، لحاظ کردن ریسک‌های مالی و تجاری در محدودیت‌ها و آزمون مدل بر اساس داده‌های واقعی در صنایع تولیدی دیگر می‌توانند به عنوان پیشنهاد برای پژوهش‌های آینده لحاظ شوند.

منابع

۱) آذر، عادل، کولیایی، مریم، امینی، محمدرضا، رجب‌زاده‌قطری، علی، طراحی مدل ریاضی یکپارچه برای زنجیره تأمین با حلقه بسته، پژوهش‌های مدیریت در ایران، شماره۱، بهار ۱۳۹۵.

۲) افشارکاظمی، محمدعلی، سیدحسینی، سیدمحمد، طلوعی‌اشلقی، عباس و حاجیان، سیما، ارائه مدل چندهدفه برای مسأله مکان‌یابی ـ مسیریابی موجودی در شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز چنددوره‌ای و چندمحصولی برای کالاهای فاسدشدنی، مدیریت صنعتی(دانشگاه تهران)، شماره ۱۱، ۱۳۹۸.

۳) بهزادی، مونا و سیف‌برقی، مهدی، رویکردهای بهینه‌سازی تصادفی دو مرحله‌ای و استوار در شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته در شرایط عدم قطعیت، مدیریت تولید و عملیات، شماره ۹، ۱۳۹۷.

۴) باقری، محسن، بابایی، ندا و انظباطی، امیرحسین، ارائه و بهینه‌سازی مدل چندهدفه زمان‌بندی جریان کارگاهی به منظور کاهش مصرف انرژی، زمان اتمام و زمان دیرکرد، نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، شماره۳، پاییز ۱۳۹۷.

۵) پارسائیان، سمیرا، امیری، مقصود، عظیمی، پرهام و تقوی‌فرد، محمدتقی، طراحی مدل شبیه-سازی زنجیره تأمین حلقه بسته سبز و قیمت‌گذاری محصول در حضور رقیب، فصلنامه علمی مطالعات مدیریت صنعتی، شماره۵۲، بهار ۱۳۹۸.

۶) خاکبازان، احسان، چهارسوقی، سیدکمال و مخاطب رفیعی، فریماه، ارائه یک مدل زنجیره تأمین یکپارچه مبتنی بر ارزش با در نظرگیری نسبت‌های مالی در تصمیمات مالی، پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری، شماره۱، بهار ۱۳۹۷.

۷) رحیمی، مجتبی، مهدوی، ایرج، سیداصفهانی، میرمهدی، فضل‌الله‌تبار، حامد و نیری، سینا، طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز حلقه بسته با در نظر گرفتن قیمت‌گذاری و چرخه عمر محصول، مطالعات مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۲، ۱۳۹۵.

۸) سلطانی‌تهرانی، مهدی، حسن‌پور، حسینعلی و رمضانی، سعید، مدل بهینه‌سازی دو هدفه هزینه و کربن دی‌اکسید در زنجیره تأمین حلقه بسته، پژوهش‌های مدیریت در ایران، شماره ۱۳۹۴.

۹) سلطانی‌تهرانی، مهدی، مصدق‌خواه، مسعود و حسن‌پور، حسینعلی، بهینه‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته چند سطحی، چند محصولی و چند دوره‌ای با هدف کاهش هزینه‌های زنجیره تأمین (مطالعه موردی: شرکت آمادبهینه ساز)، مدیریت زنجیره تامین، شماره ۱۸، ۱۳۹۵.

۱۰) سهرابی، طهمورث، اعتماد، محسن و فتحی، محمدرضا، مدل‌سازی ریاضی شبکه زنجیره تأمین حلقه‌بسته‌سبز با در نظر گرفتن ریسک تأمین: مطالعه موردی، مجله مدل‌سازی پیشرفته ریاضی، شماره۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۶.

۱۱) فرخ، مجتبی، آذر، عادل و جندقی، غلامرضا، توسعه یک رویکرد برنامه‌ریزی فازی استوار برای طراحی زنجیره تأمین حلقه بسته، چشم‌انداز مدیریت صنعتی، شماره ۶، ۱۳۹۵.

۱۲) فتح‌اله، مهدی و نجفی، مهدی، توسعه الگوی مدیریت مالی زنجیره تأمین و تأمین مالی زنجیره‌ای، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید، شماره۹، زمستان ۱۳۹۵.

۱۳) کرباسیان، سعید، رضوی، سیدمصطفی و صفری، حسین، مکان‌یابی و تعیین ظرفیت عناصر زنجیره تأمین حلقه بسته، پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۲۰، ۱۳۹۵.

۱۴) کولیائی، مریم، آذر، عادل و رجب‌زاده‌قطری، علی، پیکره‌بندی مدل ریاضی دو مرحله‌ای برای مدیریت زنجیره تأمین سبز، پژوهش‌های مدیریت منابع سازمانی، شماره ۸، ۱۳۹۷.

۱۵) میرزایی، علی‌حسین، جوادی، بابک و نخعی، عیسی، طراحی شبکه توزیع در زنجیره تأمین با معیارهای چندگانه با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی فازی آرمانی، کنفرانس لجستیک و زنجیره تأمین، دوره۲، ۱۳۸۵.

۱۶) محمدی، امیرسالار، عالم‌تبریز، اکبر و پیشوایی، میرسامان، طراحی شبکه زنجیره تأمین سبز حلقه بسته همراه با تصمیم‌های مالی در شرایط عدم قطعیت، مدیریت صنعتی(دانشگاه تهران)، شماره ۱۰، ۱۳۹۷.

17) Ahmad, F., Adhami, A.Y., & Smarandache, F (2020). Modified neutrosophic fuzzy optimization model for optimal closed-loop supply chain management under uncertainty. In Optimization Theory Based on Neutrosophic and Plithogenic Sets (pp. 343-403). Elsevier.

18) Bhatia, M.S., Jakhar, S.K., Mangla, S.Kumar., & Gangwani, K.K (2020). "Critical factors to environment management in a closed loop supply chain", Journal of Cleaner Production, 255, 120239.

19) Bals, C.2019. "Toward a supply chain finance (SCF) ecosystem – Proposing a framework and agenda for future research", Journal of Purchasing and Supply Management, 25(2), 105-117.

20) 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.

21) Fazli-Khalaf, M., Mirzazadeh, A., & Pishvaee, M.S (2017). "A robust fuzzy stochastic programming model for the design of a reliable green closed-loop supply chain network", Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 23(8), 2119-2149.

22) Govindan, K., Mina, H., Esmaeili, A., & Gholami-Zanjani, S.M (2020). "An Integrated Hybrid Approach for Circular supplier selection and Closed loop Supply Chain Network Design under Uncertainty", Journal of Cleaner Production, 242, 118317.

23) Ghayebloo, S. Tarokh, M.J., Venkatadri, U., & Diallo, C (2015). "Developing a bi-objective model of the closed-loop supply chain network with green supplier selection and disassembly of products: The impact of parts reliability and product greenness on the recovery network", Journal of Manufacturing Systems,36,76-86. 1

24) Ghomi-Avili, M., Jalali Naeini, S.G., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Jabbarzadeh, A (2018). "A fuzzy pricing model for a green competitive closed-loop supply chain network design in the presence of disruptions", Journal of Cleaner Production, 188, 425-442.

25) 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.

26) Huang, L., Murong, L., & Wang, W (2020). "Green closed-loop supply chain network design considering cost control and CO_2 emission", Modern Supply Chain Research and Applications, ahead-of-print.

27) Jiang, G., Wang, Q., Wang, K., Zhang, Q., & Zhou, J (2020). "A Novel Closed-Loop Supply Chain Network Design Considering Enterprise Profit and Service Level", Sustainability, 12(2), 544.

28) 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.

29) Martin, J. and Hofmann, E.2019. "Towards a framework for supply chain finance for the supply side", Journal of Purchasing and Supply Management, 25(2), 157-171

30) 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.

31) Rajesh, R.2019. "A fuzzy approach to analyzing the level of resilience in manufacturing supply chains",Sustainable Production and Consumption,18,224-236.

32) Sadeghi Rad, R., & Nahavandi, N (2018). "A novel multi-objective optimization model for integrated problem of green closed loop supply chain network design and quantity discount", Journal of Cleaner Production, 196, 1549-1565.

33) Soleimani, H., Govindan, K., Saghafi, H., & Jafari, H (2017). "Fuzzy multi-objective sustainable and green closed-loop supply chain network design", Computers & Industrial Engineering, 109, 191-203.

34) Talaei, M., Farhang Moghaddam, B., Pishvaee, M.S., Bozorgi-Amiri, A., & Gholamnejad, S (2016). "A robust fuzzy optimization model for carbon-efficient closed-loop supply chain network design problem: a numerical illustration in electronics industry", Journal of Cleaner Production, 113, 662-673.

35) Wang, Y., Fan, R., Shen, L., & Miller, W (2020). "Recycling decisions of low-carbon e-commerce closed-loop supply chain under government subsidy mechanism and altruistic preference", Journal of Cleaner Production, 259, 120883.

36) 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.

37) 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.

38) Zohal, M., & Soleimani, H (2016). "Developing an ant colony approach for green closed-loop supply chain network design: a case study in gold industry", Journal of Cleaner Production, 133, 314-337.

یادداشت‌ها:

1 Supply Network (SN)
2 Shapiro
3 Closed Loop Supply Network (CLSN)
4 Financial Chain System (FCS)
5 Operational Process (OP)
6 Total Deviation Index Financial (TDIF)
7 Total Profit (TPRO)