نشریه علمی «مدیریت زنجیره تامین»
سال بیست و پنجم، شماره ۷۹، تابستان ۱۴۰۲؛ ص ۱۲۱- ۱۰۳

علمی – پژوهشی

ارائه مدل برنامه‌ریزی تولید–توزیع یکپارچه زنجیره‌تأمین حلقه بسته محصولات کشاورزی بر اساس تصمیم گیری گروهی احتمالی و مسائل زیست محیطی

اعظم مدرس[۱]، وحیده بافندگان امروزی[۲]، زهرا مهمی[۳]*، آزاده مدرس[۴]

۱- دانشجوی دکتری تحقیق در عملیات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران ۲- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، گروه مدیریت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، ۳- مربی، مدیریت، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران ۴- کارشناس ارشد مهندسی صنایع، سنندج، ایران

(دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳، پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۰)

چکیده

طراحی کارآمد زنجیره‌تأمین باعث بهبود عملکرد در سازمان‌ها می‌شود. این موضوع در زنجیره‌تأمین محصولات کشاورزی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه تلاش می‌شود با رویکردی یکپارچه به بررسی برنامه‌ریزی برای تأمین، تولید و توزیع پرداخته شود. در این پژوهش یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح چند هدفه که به دنبال حداقل کردن هزینه‌ها، آثار زیست محیطی و حداکثرکردن اهمیت تأمین‌کنندگان می‌باشد، ارائه شده است. در این پژوهش از ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده شد. پس از آن وزن‌های به دست آمده تحت ورودی‌های مدل چند هدفه در نظر گرفته شدند. مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن ترکیبی از معیارهای کیفی و کمی و با توازن برقرار کردن بین معیارها می‌تواند ترکیبی از بهترین تأمین کنندگان را پیدا کند. مقایسه جواب‌های حاصل از مدل ارائه شده با میزان واقعی متغیرها در بازه زمانی مورد مطالعه تفاوت آشکار در هزینه‌ها را روشن ساخت و نتایج حاکی از آن است که مدل ارائه شده می‌تواند هزینه‌ها را به میزان قابل توجهی کاهش دهد. با انجام تحلیل حساسیت بر روی یکی از پارامترهای کلیدی مدل (تقاضا)، اثر این پارامتر بر توابع هدف بررسی شد و نتایج نشان دادند در فاصله تغییرات ۱۰ درصدی در میزان تقاضا تفاوت قابل ملاحظه‌ای در توابع هدف مشاهده نمی‌شود در حالی که اگر تغییرات تقاضا در محدوده ۲۰ درصدی تغییر کند تفاوت آشکاری در توابع هدف پدید می‌آید. بنابراین می‌توان گفت جواب‌های حاصل از حل مدل و در زمان مناسب حاکی از کارایی و صحت مدل می‌باشد و مبین قابلیت مدل مذکور برای پاسخگویی به شرایط واقعی است. جهت اعتبارسنجی مدل ارائه شده جواب‌های حاصل با میزان واقعی متغیرها در بازه زمانی مورد مطالعه مقایسه گردیده که نتایج حاکی از کاهش هزینه در مدل ارائه شده می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت جواب‌های حاصل از حل مدل و در زمان مناسب حاکی از کارایی و صحت مدل می‌باشد و مبین قابلیت مدل مذکور برای پاسخگویی به شرایط واقعی است.

کلید واژه‌ها: زنجیره‌تأمین، بهینه‌سازی چند هدفه، برنامه‌ریزی خطی متریک، لجستیک یکپارچه

۱- مقدمه

تحولات عظیم بازارهای جهانی، در چند سال اخیر مدیریت زنجیره‌تأمین را بیش از پیش ضروری ساخته است. به نحوی که سازمان‌های مختلف به منظور حفظ موقعیت و جایگاه رقابتی خود ناگزیر به استفاده از مدیریت زنجیره‌تأمین هستند و به طور فزاینده‌ای بر هماهنگی و یکپارچگی زنجیره‌تأمین به عنوان یک منبع جدید از مزیت رقابتی تأکید می‌کنند [۱، ۲]. در چنین محیط رقابتی، موفقیت نهایی کسب و کارها به توانایی مدیر در تلفیق شبکه پیچیده‌ای از روابط این زنجیره بستگی دارد [۳، ۴]. ملاحظات زیست‌محیطی و قوانین و مقررات دولتی مضاف بر مباحث رقابتی باعث شده است تا توجه سازمان‌ها بیشتر از گذشته به مسائل زیست‌محیطی در زنجیره‌تأمین جلب شود [۵، ۶]. یکی از مواردی که در این راستا از سوی متخصصان اجرایی و جوامع علمی مورد توجه قرار گرفته است، توجه به مسئله بازیافت و یا دفع مواد است که به صورت زنجیره‌تأمین معکوس یا زنجیره‌تأمین با حلقه بسته نمایان شده است و درکاهش اثرات زیست‌محیطی پسماندها سهیم است [۷، ۸] در حقیقت از تلفیق زنجیره‌تأمین مستقیم و زنجیره‌تأمین

* رایانامه نویسنده مسئول: mohemmi2020@pnu.ac.ir

معکوس، زنجیره‌تأمین حلقه بسته ایجاد می‌شود [۹]. این رویکرد طراحی شبکه‌های مستقیم و معکوس را به طور همزمان بهینه کرده و از زیربهینگی ناشی از طراحی مجزای شبکه‌ها جلوگیری می‌کند [۱۰، ۱۱] که در این پژوهش جهت طراحی مدل از این رویه استفاده می‌شود. زنجیره‌تأمین بسته نقش قابل توجهی برحفظ محیط‌زیست از طریق کاهش آلودگی‌ها، بازیافت و دفع محصولات دارد. محققان برای بهبود عملکرد محیطی اثرات زیست‌محیطی را در زنجیره تأمین درنظر می‌گیرند [۱۲، ۱۳]. تأثیرات زیست‌محیطی در کشورهای در حال توسعه مانند ایران به دلیل شیوه‌های ناکارآمد آن‌ها در طول مراحل کشت، فرآوری، بسته‌بندی و حمل‌ونقل زنجیره‌تأمین محصولات زرشک و زعفران شیوع بیشتری دارد [۱۴، ۱۵]. محصولات فاسدشدنی، به دلیل زمان محدود مجاز برای نگهداری، چالش‌های بیشتری برای زنجیره‌تأمین به همراه دارند. فاسد شدن علاوه بر اینکه از نظر اقتصادی باعث ضرر بنگاه‌ها می‌گردد، از لحاظ زیست‌محیطی باعث افزایش ضایعات و در نتیجه آلودگی بیشتر محیط خواهد شد [۱۶، ۱۷].

از آنجا که زنجیره‌تأمین جریانی از مواد در طول کل زنجیره مواجه است، طراحی زنجیره‌تأمین باید تصمیمات استراتژیکی و تاکتیکی را یکپارچه و مشخص سازد تا بتواند به اهداف خود برسد [۱۸، ۱۹]. یکی از موضوع‌های مهم استراتژیک در بررسی زنجیره‌تأمین انتخاب تأمین‌کنندگان است [۲۰]. بهینه‌سازی تصمیم‌های تاکتیکی برنامه‌ریزی تولید و توزیع هم در زنجیره‌تأمین از اهمیت زیادی برخوردار است [۲۱، ۲۲]. هدف اصلی این پژوهش بررسی زنجیره‌تأمین در دو مرحله است، به طوری که در مرحله اول چارچوب مقتضی برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده و پیمانکار فراهم شود و در مرحله دوم مدل ریاضی برای زنجیره‌تأمین بسته طراحی شود. از آن جایی که انتخاب یک تأمین‌کننده قابل اعتماد، تولیدکنندگان را قادر می‌سازد که هزینه موجودی کالا را کاهش و کیفیت کالا و سطح خدمت ارائه شده را بهبود بخشند و انتخاب نادرست آن‌ها می‌تواند برای از بین بردن منابع مالی و فنی در یک زنجیره‌تأمین کافی باشد، بنابراین مسئله انتخاب تأمین‌کننده نقشی اساسی و مهم در فرایند زنجیره‌تأمین دارند [۲۳، ۱۱، ۱۸]. انتخاب بهترین تأمین‌کننده چیزی فراتر از در نظر گرفتن تنها یک معیار هزینه و قیمت است و به عوامل کمی و کیفی متعددی وابسته است [۲۴، ۲۵، ۲۶].

در این پژوهش، برای تعیین اهمیت تأمین‌کنندگان از روش بیزین سلسله مراتبی با روش بهترین- بدترین استفاده شد. مسئله مورد مطالعه در این پژوهش توسعه طراحی شبکه زنجیره‌تأمین یکپارچه است. تسهیلات موجود در شبکه شامل سطوح تأمین‌کننده، مراکز تولید، مراکز توزیع‌کننده، مشتریان داخلی و خارجی هستند. تولیدکننده پس از خرید مواد اولیه و تولید در مراکز تولید و تبدیل آن به محصولات نهایی آن‌ها را به سیستم توزیع می‌فرستد و سپس از طریق مراکز توزیع به دست مشتریان خواهد رسید. درصدی از محصولات به دلایل مختلف از جمله خرابی از مشتریان و یا بطور مستقیم از مراکز فروش ارسال می‌شود. این محصولات به عنوان کنجاله به مراکز پرورش دام و طیور ارسال می‌شوند.

در تحقیق حاضر یک مدل بهینه‌سازی چند هدفه جدید با هدف کمک به فرآیند خرید، تولید با چندین محصول، چند تأمین‌کننده و چندین توزیع‌کننده و مشتری ارائه شده است. مدل چند هدفه ارائه شده در این پژوهش بطور همزمان سه هدف مختلف شامل: حداقل نمودن هزینه‌ها، حداکثر نمودن اهمیت تأمین‌کنندگان و حداقل کردن انتشار گازهای آلاینده محیط زیست را بر حسب تقاضای مشتری، تأمین‌کننده، ظرفیت و بازده ماشین‌آلات مورد بررسی قرار داده است. در این پژوهش به منظور حل مدل چند هدفه طراحی شده از روش برنامه‌ریزی خطی متریک که از نمونه روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفه است استفاده شده است.

موضوعی که پژوهشگر را به بررسی و مطالعه بررسی زنجیره‌تأمین محصولات زرشک و زعفران ترغیب کرده است، توجه به هماهنگ سازی و ایجاد تعادل در تولید محصولات کشاورزی در جهت استفاده بهینه از منابع و امکانات تولیدی به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌ها و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و همچنین افزایش رضایت‌مندی در تمام رده‌های زنجیره تأمین محصولات کشاورزی می‌باشد. بنابراین به کارگیری زنجیره‌تأمین حلقه بسته برای سازمان‌های مختلف به خصوص صنایع مرتبط با محصولات فاسدشدنی امری ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله در بخش دوم مروری بر ادبیات تحقیق و مطالعات گذشته بیان شده و در بخش سوم روش تحقیق و مدل ریاضی پیشنهادی ارائه گردیده است. در بخش چهارم مدل پیاده‌سازی و در مطالعه موردی بکار گرفته شده و با کمک روش ال- پی متریک مقادیر بهینه محاسبه شده است. در بخش پنجم و نهایی تحقیق جمع‌بندی صورت گرفته و نتایج و پیشنهادات تحقیق بیان شده است.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۲-۱- برنامه‌ریزی تولید و توزیع

امروزه برنامه‌ریزی تولید و توزیع دو موضوع بسیارمهم در مسائل بهینه‌سازی درزنجیره‌تأمین هستند، به گونه‌ای که می‌توان گفت هسته اصلی مسائل مدیریت زنجیره‌تأمین، مربوط به برنامه‌ریزی تولید و توزیع است [۲]. در دنیای واقعی یکی از مسائل بسیار

مهمی که مدیران با آن روبرو می‌شوند یکپارچه‌سازی برنامه‌های تولید و توزیع است. شبکه تولید-توزیع در زنجیره‌تأمین، یک سیستم یکپارچه شده از نهادهای مختلف است که برای فراهم کردن مواد خام، تبدیل این مواد خام به محصولات نهایی مشخص شده و ارائه این محصولات نهایی به بازارهای مصرف فعالیت می‌کنند. هدف از برنامه‌ریزی تولید و توزیع ارائه برنامه‌ای یکپارچه است به گونه‌ای که بین هزینه‌های تولید و توزیع در سازمان‌ها و همچنین سطح رضایت مصرف‌کننده موازنه‌ای برقرار شود. یکپارچه‌سازی برنامه‌ریزی تولید و توزیع منافع بسیار زیادی برای سازمان‌ها به همراه دارد. به گونه‌ای که منجر به پاسخگویی به تغییرات تقاضا و کاهش زمان تحویل محصولات به مشتریان می‌شود[۷]. در برنامه‌ریزی تولید در خصوص میزان تولید در سازمان‌ها تصمیم‌گیری می‌شود و در برنامه‌ریزی توزیع در رابطه با میزان و نحوه توزیع محصولات برای برآورده شدن بهتر تقاضا تصمیم‌گیری می‌شود. بنابراین از آنجا که این مسائل وابستگی متقابلی به یکدیگر دارند، بایستی آن ها را به طور همزمان در یک روش یکپارچه به کار برد. بسیاری از سازمان‌ها در تلاشند که سیستم تولید و توزیع خودرا به طورجداگانه بهینه کنند، اما این دیدگاه، هرگونه امکان افزایش سود یا کاهش هزینه و نیز انعطاف‌پذیری در برابر تغییرات تقاضا و بهبود خدمت‌رسانی به مصرف کنندگان در زنجیره‌تأمین را محدود می‌سازد. درصورتی‌که استفاده از دیدگاه یکپارچه شده یا به عبارت دیگر برنامه‌ریزی تولید-توزیع به هماهنگی بین سیستم‌های تولید وتوزیع منجر می‌شود و درنتیجه کارایی و انعطاف پذیری بیشتری نسبت به دیدگاه قبلی خواهد داشت [۵] .

۲-۲- مدیریت زنجیره‌تأمین

زنجیره‌تأمین به سیستم یکپارچه‌ای گفته می‌شود که مجموعه‌ای از فرآیندهای تجاری مرتبط با یکدیگر را به منظور موارد زیر به کار می‌گیرد: ۱) میزان مورد نیاز مواد خام و قطعات را فراهم می‌کند. ۲) این مواد خام و قطعات را به محصولات نهایی تبدیل کنید. ۳) ارزش افزوده را به این محصولات اضافه می‌کند. ۴) توزیع و تبلیغ این محصولات را برای خرده‌فروشان یا مشتریان انجام می‌دهد ۵) به تسهیل تبادل اطلاعات بین نهادهای تجاری مختلف کمک می‌کند. هدف اصلی آن این است که کارایی عملیاتی، سودآوری و موقعیت رقابتی یک شرکت و شرکای زنجیره‌تأمین را افزایش دهد [۸]. به طور خلاصه، مدیریت زنجیره‌تأمین به عنوان « ادغام فرآیندهای کلیدی کسب‌وکار از کاربران نهایی از طریق تأمین‌کنندگان اصلی که محصولات، خدمات و اطلاعات را ارائه می‌کنند و برای مشتریان و سایر ذینفعان ارزش می‌افزایند» تعریف می‌شود. در طول یک زنجیره‌تأمین، ممکن است سهامداران متعددی متشکل از تأمین‌کنندگان، تولید کنندگان، توزیع‌کنندگان، تأمین‌کنندگان تدارکات شخص ثالث، خرده‌فروشان و مشتریان مختلف وجود داشته باشند. به طور خلاصه، مفهوم مدیریت زنجیره‌تأمین حول یک شرکت متمرکز بر مشتری تکامل یافته می‌چرخد[۱۰].

مدیریت زنجیره‌تأمین دربرگیرنده مجموعه‌ای از روش‌ها و فعالیت‌های مربوط به جریان نقل و انتقال کالا و خدمات از مرحله تامین مواد اولیه و تولید تا رسیدن به دست مشتری نهایی می‌باشد [۲۸،۲۷]. هدف زنجیره‌تأمین یکپارچگی موثر و کارای تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و فروشندگان می‌باشد، به گونه‌ای که کالاها به تعداد صحیح، در مکان مناسب و در زمان مناسب تولید و توزیع گردند و هزینه‌های سیستم حداقل گردد [۲۹]. شبکه‌های زنجیره‌تأمین به چند دسته کلی طبقه‌بندی می‌شوند: زنجیره‌تأمین سنتی که به عنوان زنجیره‌تأمین رو به جلو و یا حلقه بازشناخته می‌شود، یک سیستم یکپارچه تشکیل‌شده از اجزایی همانند مواد خام، تسهیلات تولیدی، خدمات توزیع و مشتریانی است که به وسیله جریان مواد در زنجیره رو به جلو و جریان اطلاعات در زنجیره معکوس با یکدیگر در ارتباط هستند [۳۰]. زنجیره‌تأمین حلقه بسته بررسی هر دو فرایند جریانات مستقیم و معکوس در زنجیره‌تأمین برای طراحی و مدیریت این جریانات است [۳۲،۳۳،۳۱]. مسائل زنجیره‌تأمین حلقه بسته معرف دسته مسائلی است که جریان مواد برگشتی از مشتریان و برگشت این مواد به چرخه تولید را در نظر می‌گیرند [۳۴، ۳۵، ۵]. با توجه به روند افزایشی که در توجه به مباحث مدلسازی زنجیره‌تأمین چند هدفه وجود دارد، کاربرد این مباحث در صنعت اهمیت زیادی پیدا کرده است. از جمله مطالعات انجام شده در این زمینه به قرار زیر است:

رحمانی، سازور و امیری[۳۰] در مدل سه هدفه برای یک زنجیره‌تأمین پایدار رو به جلو که برای یک محصول کشاورزی زوال‌پذیر پیشنهاد شده است، حداقل‌سازی هزینه‌ها، کمینه‌سازی انتشار گازهای گلخانه‌ای و حداکثرسازی سطح سلامت اجتماعی را مورد بررسی قرار داده‌اند. از روش محدودیت اپسیلون تقویت شده برای محاسبه متغیرهای تصمیم مسئله بهره برده‌اند. پاکسوی، بکتاس و اوزیلان [۳۲] یک مدل‌سازی ریاضی چندهدفه در طراحی شبکه زنجیرتأمین سبز تحت محدودیت ظرفیت برای کمینه‌سازی هزینه حمل‌ونقل در لجستیک مستقیم و معکوس، کمینه کردن انتشار کربن‌دی‌اکسید، کمینه‌سازی هزینه خرید و حداکثرسازی فرصت سود ارائه دادند. آن‌ها کربن‌دی‌اکسید آزاد شده از کامیون‌ها و هم چنین مقدار محصولات قابل بازیافت و هیچنین یک هزینه جریمه برای جلوگیری از آزادسازی

کربن‌دی‌اکسید و یک امتیاز برای مصرف‌کنندگان محصولات قابل بازیافت در نظر گرفتند. وانگ، لای و شی [۲۳] به طراحی شبکه زنجیره‌تأمین با در نظرگرفتن مسائل زیست‌محیطی پرداخته‌اند که به مدل‌سازی دو هدفه که اهداف آن کمینه‌کردن انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و کمینه‌کردن هزینه است. به منظور حل مدل از روش محدودیت نرمال سازی شده و با نرم افزار سیمپلکس حل شد. منحنی پارتوی بهینه توسط مدل و تحلیل حساسیت مدل نشان داد که این مدل می‌تواند وسیله مؤثر در طراحی شبکه زنجیره‌تأمین سبز باشد.

ازکار و بازلیکیل [۳۳] با بکارگیری بهینه‌سازی چند هدفه در زنجیره‌تأمین حلقه بسته در شرایط عدم قطعیت را مورد بررسی قرار دادند. در این مقاله ویژگی‌های اصلی ایجاد یک زنجیره‌تأمین حلقه بسته از جمله فرآیندهای بازیافت نشان داده شده است. شبکه زنجیره حلقه بسته در این تحقیق شامل مشتریان، مراکز جمع آوری، مراکز بازگشت، دستگاه‌ها، امکانات بازیافت و مراکز توزیع ارائه شده است. در این تحقیق مدل بهینه‌سازی چند هدفه بازیافت مواد، قطعات و محصولات در نظرگرفته شده و مدل ذکر شده شامل سه تابع هدف می‌باشد. این اهداف شامل: حداکثرسازی سطح رضایت از تجارت، رضایت مشتری و حداکثرسازی سود کل است. هدف از این پژوهش جستجوی تعداد و مکان‌های بهینه امکانات و تجهیزات، تعیین مقادیر بهینه حمل‌و نقل، تولید و خرید است. طلائی، مقدم و پیشوایی [۲۲] به بررسی یک مدل مکانیابی- تخصیص تسهیلات برای شبکه زنجیره‌تأمین سبز حلقه بسته چندمحصولی با هدف کاهش هزینه‌های کل شبکه و همچنین اهداف زیست‌محیطی پرداختند. آن‌ها برای حل مدل از روش محدودیت اپسیلون و برنامه‌ریزی فازی بهره گرفتند.

سلیمانی، گویندان، ثقفی و جعفری[۳۱] در مطالعه‌ای به بهینه‌سازی چندهدفه فازی طراحی شبکه زنجیره‌تأمین پایدار و سبز پرداختند. این تحقیق به مسئله طراحی زنجیره‌تأمین حلقه بسته، شامل تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، مراکز توزیع، مشتریان، مراکز انبار، بازگشت و بازیافت می‌پردازد. مدل‌سازی این زنجیره با در نظرگرفتن ملاحظات زیست‌محیطی، بهینه سازی سود کل و کاهش روزهای کاری از دست رفته و همچنین به حداکثر رساندن پاسخگویی به تقاضای مشتری انجام می‌شود. به منظور حل مدل، از الگوریتم ژنتیک استفاده شده و چندین سناریو با جنبه‌های مختلف بررسی شده است. نتایج این تحقیق امکان‌پذیری مدل ارائه شده و کاربرد روش حل توسعه یافته را اثبات می‌کند. محمدی، عالم تبریز و پیشوایی [۲۴] به ارائه یک مدل برای برنامه‌ریزی اصلی زنجیره‌تأمین پایدار با ملاحظه یکپارچگی جریان مالی و فیزیکی پرداختند. اهداف این مدل عبارتند از: بیشینه‌سازی سود، کمینه‌سازی تأثیرات زیست‌محیطی و اجتماعی و همچنین کمینه‌سازی انحراف نامطلوب شاخص‌های مالی از حد مطلوب خود، برای مواجهه با ماهیت چندهدفه مدل، از روش برنامه‌ریزی آرمانی استفاده شده است و مدل در یک مورد واقعی در صنعت بازیافت پلاستیک اجرا شده است.

چاهرآلزامان، زیهای زانگ و دیابات [۲] به منظور طراحی شبکه زنجیره‌تأمین، مدلی ریاضی غیرخطی عدد صحیح را ارائه نمودند. در این مطالعه بطور همزمان هزینه‌های تولید مستقیم و غیر مستقیم موجودی‌ها و حمل‌و نقل لحاظ شده است. در این مطالعه به تبادل بین کمبود موجودی و افزایش هزینه‌های تولید مستقیم پرداخته شده و از ترکیب این دو هزینه مدلی غیرخطی ایجاد می‌گردد، و پس از اثبات تحدب تابع هدف برای حل مدل از ترکیب روش‌های گرادیان و الگوریتم جستجوی محلی ابتکاری استفاده شده است. نتایج این تحقیق به‌دنبال آنست که، مدل ارائه شده منجر به کاهش هزینه‌های تولید، زمان تأخیر تولید و افزایش توالی عملیاتی زنجیره‌تأمین گردد. صادقی راد و نهاوندی [۳۸] یک مدل برنامه‌ریزی یکپارچه ریاضی برای زنجیره‌تأمین سبز چند دوره‌ای، چندمحصولی و با ظرفیت محدود ارائه دادند که توابع هدف آن، به حداقل رساندن هزینه‌های اقتصادی و انتشار مواد زیست‌محیطی و به حداکثررساندن رضایت مشتری با تعیین بهترین تأمین‌کنندگان، میزان خرید، مکانیابی ـ تخصیص تسهیلات و نوع فناوری است.

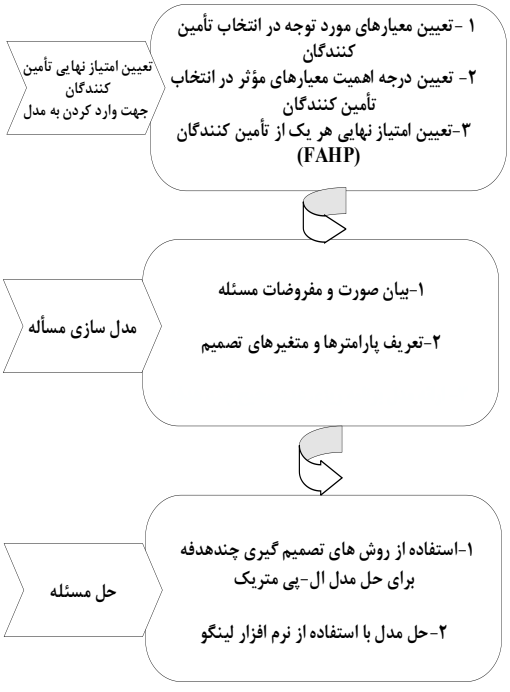
نیری، پایدار، اسدی گنجرج و امامی[۳۴] در مقاله‌ای به رویکرد برنامه‌ریزی چند هدفه فازی برای طراحی شبکه پایدار حلقه بسته پرداختند. در این تحقیق یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چند هدفه برای شبکه زنجیره‌تأمین حلقه بسته پایدار برای مخزن آب ارائه شده است. اهداف مدل پیشنهادی بهینه‌سازی تأثیرات مالی، زیست‌محیطی و اجتماعی است. مدل پیشنهادی با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی حل شده است.

با توجه به تحقیقات پیشین که مرتبط با زنجیره‌تأمین و مدلسازی ریاضی آن بصورت چند هدفه و با در نظر گرفتن محدودیت‌های مختلف صورت گرفته، تعداد کمی از آن‌ها به بررسی اهمیت تأمین کنندگان که از اهمیت استراتژیکی زیادی برخوردار است و در نظر گرفتن آن به عنوان یکی از توابع هدف پرداخته‌اند .

۳- روش تحقیق

پژوهش حاضر از حیث تحقیق از نوع کاربردی، و از نظر روش از نوع مدلسازی کمی است. از لحاظ روش‌شناسی و نحوه گردآوری داده‌ها تحقیق حاضر از نوع تحلیلی و از شاخه مطالعه موردی است. همچنین این پژوهش به لحاظ اجرا نیز در دسته پژوهش‌های میدانی است. داده‌های مورد نیاز مدل به روش میدانی و از طریق مصاحبه با مدیران ارشد و افراد مطلع در سازمان جمع‌آوری شده است. جامعه آماری این پژوهش که خبرگان محسوب می‌شوند، متشکل از خبرگان هستند که در تصمیم‌گیری‌های شرکت تأثیرگذارند [۳۹].

بر اساس مدل پیشنهادی برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده مقرر شد در ابتدا شرکت تولیدکننده، تأمین‌کنندگان و همچنین شاخص ها و مؤلفه‌های ارزیابی آن‌ها را شناسایی کنند. بنابراین در این مرحله به کمک فرایند بیزین سلسله مراتبی با روش بهترین- بدترین، با در نظر گرفتن ضریب اهمیت آن‌ها و امتیاز نهایی تأمین‌کنندگان جهت وارد کردن به مدل برنامه‌ریزی چندهدفه محاسبه شد. در مرحله بعد مدل ریاضی زنجیره‌تأمین طراحی شد که یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح مختلط چند هدفه است. چارچوب مدلسازی پژوهش در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱). مراحل انجام تحقیق حاضر

۳-۱- تعیین معیارهای مورد توجه در انتخاب تأمین‌کنندگان

شرکت تولیدی مواد اولیه محصولات زرشک و زعفران خود را از ۶ تأمین‌کننده دریافت می‌نماید. ابتدا با مطالعه ادبیات موضوع و بهره‌گیری از نتایج مطالعات گذشته معیارهای انتخابی برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان انتخاب و استخراج شد. برای استخراج معیارهای مؤثر بر انتخاب تأمین‌کننده بین معیارهای مورد مطالعه، مصاحبه و نظرسنجی با خبرگان، مدیران کنترل کیفیت، مدیران بازرگانی و تولید و کارشناسان شرکت تروند قاینات که در این حوزه فعالیت می‌کنند، انجام شد. پس از مصاحبه و بررسی‌های لازم از بین معیارهای تعیین شده شش معیار (قیمت، فاصله، تحویل به موقع، خدمات پس از فروش، کیفیت، سابقه همکاری) انتخاب شد.

۳-۲- تعیین درجه اهمیت معیارهای مؤثر در انتخاب تأمین‌کنندگان

در این راستا با گنجاندن معیارهای استخراج شده در پرسشنامه طراحی شده، برمبنای روش بیزین سلسله مراتبی داده‌های مورد نیاز جهت تشکیل ماتریس جمع آوری شده و در نهایت اوزان اهمیت معیارها از طریق میانگین هندسی محاسبه گردید. پرسشنامه‌ها مربوط به مقایسات زوجی با مقیاس‌های ساعتی (۱ تا ۹) برای مقایسه دو به‌دوی شاخص‌ها در قالب ۱۵ سؤال بوده است. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها نرخ سازگاری پاسخ‌های هریک از مدیران بررسی شده است.

۳-۲-۱- روش بهترین- بدترین با رویکرد بیزین[1]

روش بهترین- بدترین برای اولین بار توسط رضایی معرفی شد [۴۰]. این رویکرد برای تعیین وزن شاخص بر مبنای مقایسات زوجی بنا نهاده شده است. در روش بهترین- بدترین وزن بهینه مجموعه‌ای از معیارها بر اساس ترجیحات فقط یک تصمیم‌گیرنده به دست می‌آید [۴۱، ۴۲]. در تصمیم‌گیری‌های گروهی برای هر تصمیم‌گیرنده یک بردار وزن به دست می‌آید و سپس از میانگین هندسی یا حسابی برای ترکیب بردار وزن‌ها استفاده می‌شود. با توجه به اینکه میانگین به داده‌های پرت حساس است، حتی اگر یک تصمیم‌گیرنده ترجیحات گوناگون از کل گروه داشته باشد،

[1] BWM Bayesian

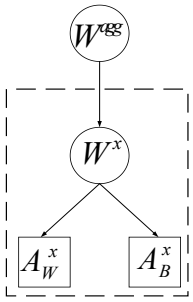
نظر او بر ترجیحات کل گروه تأثیر خواهد داشت. بنابراین برای رفع این مسئله رویکرد بهترین- بدترین بیزین که اولین بار توسط محمدی و رضایی معرفی شد [۴۳] استفاده شده است. ورودی‌ها که بردار مقایسات زوجی هستند مشابه با ورودی‌های روش بهترین-بدترین است. اما خروجی آن وزن نهایی تجمیعی کل تصمیم‌گیرندگان است که از روشی کاملاً متفاوت از بهترین-بدترین با رویکرد بیزین به دست می‌آید. با توجه به اینکه این روش یک روش تصادفی است ورودی‌ها و خروجی‌های آن با بکارگیری توزیع‌های احتمالی مدل می‌شوند. در این روش از دیدگاه احتمالاتی، شاخص‌ها پیشامدهای تصادفی در نظر گرفته می‌شوند. بنابراین وزن آن‌ها احتمال وقوع آن‌ها را نشان می‌دهد. در این رویکرد از توزیع چند جمله‌ای و توزیع دریچلت برای مدل‌کردن بردارهای مقایسات زوجی استفاده می‌شود. گام‌های زیر برای تعیین وزن معیارها با بکارگیری روش بهترین- بدترین با رویکرد بیزین انجام می‌شود:

۱- تصمیم گیرنده مجموعه‌ای از معیارها را مشخص می‌کند.
۲- تصمیم گیرنده بهترین و بدترین معیار را از بین مجموعه معیارها تعیین می‌کند.
۳- تصمیم گیرنده مقایسات زوجی بین بهترین معیار با بقیه معیارها و بقیه معیارها با بدترین معیارها را انجام می‌دهد.

$$A_B = \qquad ,\ldots\ldots,a_{Bn}) \tag{۱}$$

$$A_W = \qquad _V,\ldots\ldots,a_{jw}) \tag{۲}$$

که a_{Bj} در رابطه (۲) مقایسه زوجی بهترین معیار (B) را با بقیه معیارها و a_{jw} مقایسه زوجی بقیه معیارها با بدترین معیار (W) است. بردار A_B تنها ترجیحات یک تصمیم‌گیرنده را نشان می‌دهد. اگر فرض کنیم x تا تصمیم‌گیرنده وجود داشته باشد، بردار ترجیحات کل تصمیم‌گیرندگان با A_B^X و A_W^X نشان داده می‌شوند. بنابراین مجموعه‌ای از همه بردارهای همه تصمیم‌گیرندگان را با $A_B^{1:X}$ و $A_W^{1:X}$ نشان می‌دهیم. در این روش، ابتدا $W^{1:X}$ که بردار وزن تصمیم‌گیرندگان است محاسبه و سپس از میانگین آن‌ها W^{agg} که بردار وزن تجمیعی نهایی است، به دست می‌آید. برای به دست آوردن $W^{1:X}$ و W^{agg} به گونه همزمان از مدل سلسله‌مراتبی بیزین که در شکل (۲) نشان داده شده است، استفاده می‌شود.



شکل (۲). مدل گرافیکی احتمالاتی روش بهترین-بدترین با رویکرد بیزین

در شکل (۲) گره‌ها متغیرهایی هستند که باید تخمین زده شوند و مربعات نشان‌دهنده متغیرهای ورودی (ورودی‌های روش بهترین- بدترین اصلی) هستند. در رابطه ۳ متغیرهای $A_B^{1:X}$ و $A_W^{1:X}$ متغیرهای ورودی بهترین و بدترین معیارها به ترتیب هستند. برای تخمین و به دست آوردن $W^{1:X}$ و W^{agg} با توجه به بردارهای ورودی و معین $A_B^{1:X}$ و $A_W^{1:X}$ باید توزیع تجمعی زیر به دست آورده شود:

$$P(W^{agg}, W^{1:X} \mid A_W^{1:X}, A_B^{1:X}) \propto$$
$$P(W^{agg}) \prod \qquad (۳)$$
$$\times \qquad W^{\cdot\cdot})P(W^{\cdot} \mid W^{agg})$$

برای تخمین وزن‌ها باید توزیع‌های احتمالاتی هر کدام از متغیرها در رابطه (۳) به‌دست آورده شوند. A_w و A_b با بکارگیری توزیع دو جمله‌ای مدل می‌شوند که روابط (۴) و (۵) به ترتیب تابع جرم احتمال توزیع چند جمله‌ای برای بردارهای A_w و A_b هستند. در این روابط w توزیع احتمال معین است و w_j توزیع احتمال معین معیار j ام را نشان می‌دهد.

$$P(A_w \mid w) = \frac{(\sum \qquad}{\prod} \qquad \Pi \tag{۴}$$

$$P(A_b \mid w) = \frac{(\sum \qquad}{\prod} \qquad \Pi \tag{۵}$$

$$w^x \mid w^{agg} \square Dri(\gamma \times \tag{۶}$$

در رابطه (۶) $w^{x} \mid w^{agg}$ نشان‌دهنده توزیع شرطی وزن هر معیار به وزن تجمیعی، است که متناسب با توزیع دریچلت است. $Dri(\gamma \times$ توزیع دریچلت را نشان می‌دهد.

γ پارامتر تمرکز توزیع است که باید با بکارگیری توزیع گاما مدل شود. a و b پارامترهای شکل توزیع گاما هستند که در رابطه (۸) نشان داده شده‌اند.

$$\gamma \qquad \iota a(a,b) \tag{۷}$$

در این روش با توجه به پیچیده بودن محاسبات برای به دست آمدن توزیع پسین که از حاصلضرب احتمال توزیع‌های چندجمله‌ای در توزیع پیشین توزیع دریچلت[1] به دست می‌آید، از روش شبیه‌سازی زنجیره مارکف مونت کارلو[2] برای به دست‌آمدن وزن نهایی استفاده می‌شود. با داشتن توزیع پسین وزن‌ها، احتمالات ترجیحات معیارها نسبت به هم از رتبه‌بندی کردیدال به دست می‌آید. برای یک زوج از معیارها C_i و C_j رتبه‌بندی کریدال از رابطه (۸) به دست می‌آید. در رابطه ۸ متغیرهای C_i و C_j نشان دهنده معیارهای $\boldsymbol{i}$ ام و $\boldsymbol{j}$ ام هستند.

$$O = \qquad ,d) \tag{۸}$$

در معادله (۹) رابطه بین معیارهای C_i و C_j و d اطمینان R رابطه بین معیارها را نشان می‌دهد. این رابطه برای تمامی زوج معیارها محاسبه می‌گردد. احتمال اولویت C_i بر C_j از رابطه (۹) به دست می‌آید.

$$p(C_i > \qquad = \int \qquad ^{agg}) \tag{۹}$$

که $P(w^{agg})$ توزیع پسین w^{agg} و I یک هست. نماد $I_{(w_i^{agg} >}$ هم معرف تابع نشانگر است که اگر شرطی که در زیرنویس معادله بیان شده است حفظ شود مقدار آن یک وگرنه مقدار تابع برابر با صفر است. این انتگرال با به دست آمدن نمونه‌ایی که از روش زنجیره مارکف مونت کارلو به دست می‌آید، تقریب زده می‌شود.

[1] Drichlet
[2] Markov-chain Monte Carlo

۳-۳- تعیین امتیاز نهایی هر یک از تأمین‌کنندگان

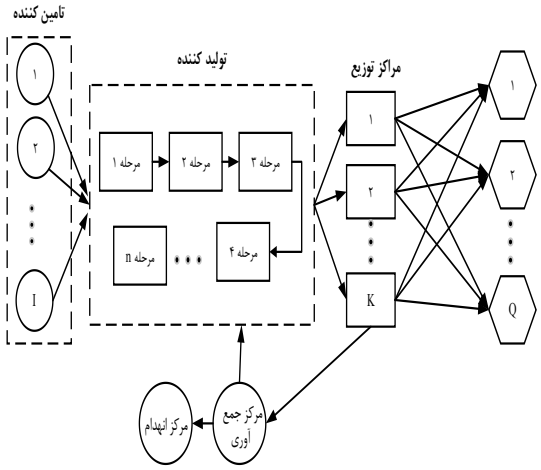
با در نظر گرفتن ضریب اهمیت و امتیاز نسبی هر یک از تأمین‌کنندگان، امتیاز نهایی هر یک از ۶ تأمین‌کننده، جهت وارد کردن به مدل برنامه‌ریزی چند هدفه محاسبه شد.

۳-۴ - ساخت مدل برنامه ریزی خطی چند هدفه زنجیره‌تأمین کارخانه تروند قاین

۳-۴-۱- مورد مطالعه

شرکت مورد مطالعه پژوهش، کارخانه تروند قاین می‌باشد، به‌عنوان مورد مطالعه مد نظر قرار گرفت و از اطلاعات مربوط به این واحد تولیدی برای داده‌های مدنظر مدل استفاده شده است. محصولات مورد مطالعه در این پژوهش زرشک و زعفران که از جمله محصولات فاسدشدنی و کشاورزی هستند، می باشند که توسط شرکت تروند بسته‌بندی و توزیع می‌گردد. در این کارخانه محصولات زرشک و زعفران از کشاورزان خریداری، بسته بندی و به سراسر ایران توزیع می‌شود. مدل طراحی شده در این مقاله یک شبکه لجستیک مستقیم و معکوس چند دوره‌ای چندمحصولی است که مسیر رفت شامل مراکز تأمین، مراکز تولید، مراکز توزیع و مراکز مشتریان می‌باشد و در مسیر برگشت شامل مراکز جمع‌آوری و مراکز دفن و انهدام می‌باشد. موجودیت‌های شبکه در جریان مستقیم به ترتیب شامل مراکز تأمین‌کننده، مراکز تولیدکننده، مراکز توزیع و مشتریان می‌باشد. مواد اولیه به مراکز تولید حمل می‌شوند و از مراکز تولید تعدادی از کالاها به مراکز توزیع حمل شده و تعدادی دیگر در انبار نگهداری می‌شوند. کالاها از مراکز توزیع به محل مشتریان حمل و تحویل داده می‌شوند. در جریان معکوس کالاهای مصرف شده از مناطق مشتریان به مرکز جمع‌آوری و از آنجا به مراکز انهدام جهت دفن ایمن جابه‌جا می‌شوند. به این ترتیب شبکه مورد بررسی یک شبکه لجستیک حلقه بسته خواهد بود. به منظور ساخت مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه به کار رفته در مدل تحقیق اطلاعاتی در مورد اهداف و اولویت آن‌ها، محدودیت‌ها و پارامترهای مدل با مصاحبه تخصصی با مدیران ارشد و مطالعات مستندات موجود به دست آمد [۳۸، ۳۹، ۴۴، ۴۵]. به‌منظور مدلسازی به طراحی شبکه لجستیک یکپارچه پرداخته شد. شبکه لجستیک در این مدل شامل هفت مرحله است. تسهیلات موجود در شبکه شامل سطوح تأمین‌کننده، مراکز تولید، مراکز توزیع-

کننده، مشتری، مراکز جمع‌آوری و مراکز انهدام می باشند. در این مدل مواد اولیه از تأمین‌کنندگان مختلف (مزارع کاشت زرشک و زعفران) خریداری شده و در سردخانه‌ها در کارخانه انبار می شوند و با توجه به نیاز در فرایند تولید قرار می‌گیرند. پس از تکمیل فرایند تولید، محصول نهایی به انبار محصول و یا از کارخانه به مراکز توزیع فرستاده می‌شود و سپس از طریق مراکز توزیع محصولات برای مشتریان ارسال می‌شوند. درصدی از محصولات به دلایل مختلف مانند خرابی، عدم فروش از مشتریان به مراکز جمع‌آوری ارسال می‌گردند. این محصولات پس از ارسال به مراکز جمع‌آوری پس از بازرسی، در صورت فاسد نشدن به مراکز تولید فرستاده شده و در صورت فاسدشدن همان‌جا منهدم می‌شوند و از شبکه خارج می‌شوند. شبکه زنجیره‌تأمین مورد مطالعه در این پژوهش در قالب شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل (۳). شبکه زنجیره تأمین

مفروضات مدل به شرح زیر است:

- ✓ مدل به صورت چهار سطحی شامل تأمین کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، مشتریان می باشد.
- ✓ مکان و تعداد مراکز تأمین‌کننده، تولید کننده و مشتری ثابت می‌باشد و مکان مراکز توزیع کننده مشخص نمی‌باشد.
- ✓ کارخانه، انبارها، سردخانه‌ها دارای ظرفیت ثابتی هستند.
- ✓ هزینه انتقال مواد به نوع محصولات بستگی ندارد و تحت تأثیر مبدأ و مقصد (مسافت) است.
- ✓ درصد ثابتی از محصولات ارسال شده به هر مشتری برابر با مقدار محصولات برگشتی از همان مشتری در نظر گرفته می‌شود.
- ✓ موجودی اولیه مرکز تولید در دوره اول برابر با صفر است.

با توجه به مطالعه موردی ارائه شده و از طریق درک روابط ریاضی حاکم بر مسأله، مدل جریان مواد زنجیره‌تأمین به شرح ذیل در این تحقیق طراحی شده است. مدل حاضر یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مختلط چندهدفه است که در این قسمت اندیس‌ها، پارامترها، متغیرها و سپس مدل ریاضی مسئله به صورت ذیل ارائه می‌گردد.

۳-۴-۱-۱- مجموعه‌ها و اندیس‌ها

	مکان‌های تولید(مزارع)
k	تولید کننده
C	مراکز توزیع
j	سردخانه
q	مراکز مشتری
v	مرکزجمع آوری
r	مرکزانهدام
m	محصولات تأمین‌کننده (مواد اولیه تولید کننده)
p	محصولات نهایی تولیدکننده
t	دوره

۳-۴-۱-۲- پارامترها

PC_{mit}	هزینه تولید به ازای هر واحد محصول m در مزرعه (تأمین‌کننده) i دردوره t
FC_{pkt}	هزینه تولید به ازای هر واحد محصول p در مراکز تولیدی k در دوره t
f_{mit}	هزینه ثابت برای اقدام به کاشت محصول mدر مزرعه i در دوره t
g_{mit}	هزینه خرید محصول m (مواد اولیه کارخانه) از تأمین کننده i در دوره t
TC_{mij}	هزینه انتقال هر واحد محصول m از مزرعه i به سردخانه j به ازای هر واحد مسافت
BC_{mjk}	هزینه انتقال هر واحد محصول m از سردخانه j به کارخانه k به ازای هر واحد مسافت
CC_{pkc}	هزینه انتقال هر واحد محصول p از کارخانه k به مرکز توزیع c به ازای هر واحد مسافت
DC_{pcq}	هزینه انتقال هر واحد محصول p از مرکز توزیع c به مراکز مشتری q به

ازای هر واحد مسافت	
هزینه انتقال هر واحد محصول p از مرکز توزیع c به مراکز جمع آوری vبه ازای هر واحد مسافت	EC_{pcv}
هزینه انتقال هر واحد محصول p از مراکز جمع آوری v به کارخانه k به ازای هر واحد مسافت	FC_{pvk}
هزینه انتقال هر واحد محصول p از مراکز جمع آوری v به مراکز انهدام r به ازای هر واحد مسافت	GC_{pvr}
هزینه بسته بندی محصول p در کارخانه k در دوره t	LC_{pkt}
هزینه بسته بندی محصول p در کارخانه k در دوره t	LC_{pkt}
فاصله مزرعه i تا سردخانه j	dA_{ij}
فاصله سردخانه j تا کارخانه k	dB_{jk}
فاصله کارخانه k تا مرکز توزیع C	dC_{kc}
فاصله مرکز توزیع c تا مراکز مشتری q	dD_{cq}
فاصله مرکز توزیعc تا مراکز جمع آوریv	dE_{cv}
فاصله مراکز جمع آوریv تا مراکز انهدام r	dF_{vr}
فاصله مراکز جمع آوریv تا مراکز تولیدی k	dG_{vk}
هزینه ثابت سردخانه j	F_j
هزینه نگهداری هر واحد محصول m در سردخانه تj در دوره t	HC_{mjt}
هزینه نگهداری هر واحد محصول p در مراکز توزیع c در دورهt	MD_{pct}
حداکثرظرفیت سردخانه j در دوره t	S_{jt}
هزینه یک واحد محصول برگشتی p از مشتری q **به** مرکز جمع آوریv در دورهt	po_{pqvt}
هزینه ثابت مرکز توزیع c	G_c
تقاضای محصول p توسط مشتری q در دوره t	D_{pqt}
حداکثر ظرفیت تولید در کارخانه k برای محصول p در دوره t	CA_{pkt}
حداکثر ظرفیت تولید برای محصول m توسط تأمین کننده i	CB_{mi}
حداکثر ظرفیت نگهداری مراکز توزیع c در دوره t	h_{ct}
نرخ برگشت محصول p از مراکز توزیع c به تولید کننده k	e_{pck}
حداکثر بودجه برای سردخانه	BB
حداقل درآمد قابل قبول برای کشاورزان i در دوره t	N_{it}
ارزش تأمین کننده i ام برای محصول m ام در دوره t	a_{mit}
نرخ درصد برگشت محصول p	b_p
موجودی مواد اولیه m ام در مراکز تولید k در پایان دوره t	IH_{mkt}
موجودی محصول p ام در مراکز تولید k در پایان دورهt	IH_{pkt}
موجودی محصول p در مراکز تولید k در دوره t	QAP_{pkt}
موجودی محصول p در مراکز توزیع c در دوره t	QBP_{pct}
حداقل تعداد محصول (مواد اولیه) m ام که باید از تأمین کننده i ام در دوره tخریداری می‌شود.	MN_{mit}
میزان انتشار CO_2 از مزرعه i به سردخانه j به ازای حمل هر واحد محصول m در دوره t	CO_{mijt}
میزان انتشار CO_2 از سردخانه j به کارخانه k به ازای حمل هر واحد محصول m در دورهt	DO_{mjkt}
میزان انتشار CO_2 از کارخانه k به مرکز توزیعc به ازای حمل هر واحد محصول p در دوره t	EO_{pkct}
میزان انتشار CO_2 از مرکز توزیع c به مراکز مشتریq به ازای حمل هر واحد محصول p در دورهt	FO_{pcqt}
میزان انتشار CO_2 به ازای تولید یک واحد محصول p در کارخانه k در دوره t	VO_{pkt}
میزان انتشار CO_2 به ازای انهدام هر واحد محصول p در مراکز انهدام r در دوره t	SO_{prt}

۳-۴-۱-۳- متغیرهای تصمیم

میزان کل تولید (برداشت) محصول m در مزرعه i در دورهt	TP_{mit}
میزان کل تولید محصول p درمراکز تولیدی k در دورهt	XC_{pkt}
مقداری از محصول m که از مزرعه i به سردخانه j در دوره t انتقال می یابد	y_{mijt}
مقداری از محصول m که از سردخانه j به کارخانه k در دورهt انتقال می یابد	X_{mjkt}
مقداری از محصول p که از کارخانه k به مرکز توزیع c در دوره t انتقال می یابد	I_{pkct}
مقداری از محصول p که از مرکز توزیع c به مرکز مشتری q در دوره t انتقال می یابد	P_{pcqt}
مقداری از محصول p که از مرکز توزیع c به مراکز جمع آوری v در	Z_{pcvt}

دوره t انتقال می یابد	
مقداری از محصول p که از مرکز جمع آوری v به مراکز تولید k در	U_{pvkt}
دوره t انتقال می یابد	
مقداری از محصول p که از مرکز جمع آوری v به مراکز انهدام r در	B_{pvrt}
دوره t انتقال می یابد	
مقداری از محصولات p که در مرکز انهدام r در دوره t انهدام می یابند	ZW_{prt}
مقدار موجودی محصول m در سردخانهj در دوره t	Q_{mjt}
مقدار محصول برگشتیp از مشتری q به مراکز جمع آوری v در دوره t	w_{pqvt}
اگر برای کشت m در مزرعه i در دوره t اقدام شود برابر با یک وگرنه صفر	R_{mit}
اگر از سردخانه j در دوره t استفاده شود یک وگرنه صفر استفاده شود	L_{jt}
اگر از مرکز توزیع c در دوره t استفاده شود یک وگرنه صفر استفاده شود	K_{ct}
مقداری از محصول p که در انبار توزیع کننده c در دوره t نگهداری می شود	Ih_{pct}
مقداری از محصول m که از تأمین کننده i در دوره t خریداری می شود.	A_{mit}
متغیر باینری (خرید یا عدم خرید محصول m را از تأمین کننده i ام در دوره t	J_{mit}

۳-۴-۱-۴- متغیرهای تصمیم مدل ریاضی مسئله توابع هدف مدل

در مسئله این پژوهش، طراحی شبکه با در نظر گرفتن اهداف اقتصادی، زیست‌محیطی و اهمیت تأمین‌کنندگان می‌باشد. اهداف مورد نظر که در این مدل باید با در نظر گرفتن برآورده شدن تقاضا بهینه شوند عبارتند از:

۱- کمینه‌سازی هزینه کل شبکه لجستیک یکپارچه که شامل هزینه ثابت مراکز تولید، توزیع، سردخانه‌ها و هزینه متغیر خرید مواد اولیه، حمل‌و نقل مواد و محصولات بین سطوح مختلف شبکه لجستیک، هزینه نگهداری موجودی در انبارها، هزینه بسته‌بندی محصولات، هزینه خرید محصولات، هزینه انهدام و فاسد شدن محصولات برگشتی را نشان می‌دهد.

۲- در تابع هدف دوم سعی می‌شود تا آثار زیست محیطی که بر محیط زیست تأثیرات نامطلوبی می‌گذارد، به کمترین حد برسد. تسهیلات و انتقال جریان بین تسهیلات، در آلودگی محیط زیست تأثیر مهمی دارند در این مقاله کمینه کـردن گـاز دی‌اکسـیدکربن ناشـی از عملیات درون تسهیلات و انتقال جریان بین تسهیلات، تابع هدف زیست‌محیطی در نظر گرفته شده است. عبارت (۲) فرمول ریاضی مربوط به این تابع هدف را نشان می‌دهد.

۳- بیشینه‌سازی ارزش تأمین‌کنندگان، با در نظر گرفتن وزن و اهمیت تأمین‌کنندگان می‌توان به بیشینه‌کردن خرید از آن دسته از تأمین‌کنندگانی پرداخت که اهمیت بیشتری دارند. عبارت (۳) فرمول ریاضی این تابع هدف را نشان می‌دهد.

تابع هدف ۱:

$$(۱۰)$$

$$\begin{aligned}\min Z_1 = &\sum_{i=1}^{I}\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T}(PC_{mit}\times TP_{mit} + f_{mit}\times R_{mit})\\ &+\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{m}^{M}\sum_{t=1}^{T}(TC_{mijt}\times d_{ij}\times y_{mijt})\\ &+\sum_{m=1}^{M}\sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T}BC_{mjkt}\times dB_{jk}\times X_{mjkt}\\ &+\sum_{p}^{P}\sum_{k}^{K}\sum_{c}^{C}\sum_{t}^{T}CC_{pkct}\times dC_{kc}\times I_{pkct}\\ &+\sum_{p=1}^{P}\sum_{c=1}^{C}\sum_{q=1}^{Q}\sum_{t=1}^{T}DC_{pcqt}\times dD_{cq}\times P_{pcqt}\\ &+\sum_{j=1}^{J}F_{jt}\times L_{jt}\sum_{m=1}^{M}\sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T}HC_{mjt}\times Q_{mjt}\\ &+\sum_{p=1}^{P}\sum_{c=1}^{C}\sum_{t=1}^{T}MD_{pct}\times S_{pct}\\ &+\sum_{p=1}^{P}\sum_{c=1}^{C}\sum_{v=1}^{V}\sum_{t=1}^{T}EC_{pvct}\times dE_{cvt}\times Z_{pcvt}\\ &+\sum_{p=1}^{P}\sum_{v=1}^{V}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T}FC_{pvkt}\times dG_{vk}\times U_{pvkt}\\ &+\sum_{p=1}^{P}\sum_{v=1}^{V}\sum_{r=1}^{R}\sum_{t=1}^{T}GC_{pvrt}\times dF_{vr}\times B_{pvrt}\\ &+\sum_{p=1}^{P}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T}(FC_{pkt}+LC_{pkt})\times X_{pkt}\\ &+\sum_{p=1}^{P}\sum_{q=1}^{Q}\sum_{v=1}^{V}\sum_{t=1}^{T}PO_{pqvt}\times W_{pqvt}\\ &+\sum_{c=1}^{C}\sum_{t=1}^{T}G_{ct}\times K_{ct}+\sum_{m=1}^{M}\sum_{i=1}^{I}\sum_{t=1}^{T}g_{mit}\times A_{mit}\end{aligned}$$

تابع هدف ۲:

(۱۱)

$$\begin{aligned} min\ Z_2 = & \sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T} CO_{ijmt} \times y_{mijt} \\ & + \sum_{j=1}^{J}\sum_{k=1}^{K}\sum_{m=1}^{M}\sum_{t=1}^{T} DO_{jkmt} \times X_{mjkt} \\ & + \sum_{k=1}^{K}\sum_{c=1}^{C}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} EO_{pkct} \times I_{pkct} \\ & + \sum_{p=1}^{P}\sum_{k=1}^{K}\sum_{t=1}^{T} VO_{pkt} \times XC_{pkt} \\ & + \sum_{p=1}^{P}\sum_{r=1}^{R} SO_{prt} \times ZW_{prt} \end{aligned}$$

تابع هدف ۳:

$$max\ Z_3 = \sum_{m=1}^{M}\sum_{i=1}^{I}\sum_{t=1}^{T} A_{mit} \times a_{mit} \quad (۱۲)$$

محدودیت‌های تحقیق

$$\sum_{k=1}^{K} XC_{pkt} \geq \sum_{q=1}^{Q} D_{pqt} \quad (۱۳)$$

$$\sum_{c=1}^{C}\sum_{q=1}^{Q} P_{pcqt} \geq \sum_{q=1}^{Q} D_{pqt} \times b_p \quad (۱۴)$$

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{i=1}^{I}\sum_{t=1}^{T} y_{mijt} \leq S_{jt} \quad (۱۵)$$

$$\sum_{c=1}^{C}\sum_{k=1}^{K}\sum_{p=1}^{P} I_{pkct} \leq h_{ct} \times k_{ct} \quad (۱۶)$$

$$\sum_{m=1}^{M} (PC_{mit} + f_{mit}) \times TP_{mit} \leq N_{it} \quad (۱۷)$$

$$\sum_{j=1}^{J}\sum_{t=1}^{T} L_{jt} \times F_{jt} \leq BB_t \quad (۱۸)$$

$$TP_{mit} \leq CB_{mit} \quad (۱۹)$$

$$XC_{pkt} \leq CA_{pkt} \quad (۲۰)$$

$$\sum_{j} y_{mijt} \leq CB_{mit} \quad (۲۱)$$

$$\sum_{m=1}^{M}\sum_{j=1}^{J} X_{mjkt} \leq \sum_{p=1}^{P} CA_{pkt} \quad (۲۲)$$

$$\sum_{k=1}^{K} I_{pkct} = \sum_{q=1}^{Q} P_{pcqt} \quad (۲۳)$$

$$IH_{mkt-1} + \sum_{i=1}^{I} A_{mkit} = IH_{mkt} + D_{mkt} \quad (۲۴)$$

$$IH_{pkt-1} + XC_{pkt} = IH_{pkt} + D_{pkt} \quad (۲۵)$$

$$(A_{mit} - MN_{mit}) \times J_{mit} + (MN_{mit} - A_{mit}) \times (1 - J_{mit}) \geq 0 \quad (۲۶)$$

$$(MN_{mit} - A_{mit}) \leq 0 \quad (۲۷)$$

$$\sum_{p=1}^{P}\sum_{k=1}^{K} I_{pkct} \leq M \times k_{ct} \quad (۲۸)$$

$$Ih_{ct} \leq h_{ct} \quad (۲۹)$$

$$\sum_{c=1}^{C} Z_{pcvt} \geq \sum_{k=1}^{K} U_{pvkt} + \sum_{r=1}^{R} p_{vrt} \quad (۳۰)$$

$$\sum_{k=1}^{K} XC_{pkt} \geq \sum_{k=1}^{K}\sum_{c=1}^{C} I_{pkct} \quad (۳۱)$$

$$QAP_{pkt} = XC_{pkt} - \sum_{c=1}^{C} I_{pkct} \quad (۳۲)$$

$$QBP_{pct} = \sum_{k=1}^{K} I_{pkct} - \sum_{q=1}^{Q} P_{pcqt} \quad (۳۳)$$

$$QCP_{pvt} = \sum_{c=1}^{C} Z_{pcvt} - \sum_{k=1}^{K} U_{pvkt} - \sum_{v=1}^{V} B_{pvrt} \quad (۳۴)$$

محدودیت (۱۳) نشان‌دهنده این است که میزان کل تولید محصول در مرکز تولیدی در هر دوره باید از تقاضای آن محصول در آن دوره بیشتر باشد. محدودیت (۱۴) بیانگر آن است که مقدار محصولی که از مراکز توزیع به مرکز مشتری فرستاده می شود باید از تقاضا بیشتر باشد. محدودیت (۱۵) بیانگر آن است که محصولاتی که از سمت مزارع به سردخانه‌ها فرستاده می‌شوند باید از حدکثر ظرفیت سردخانه کمتر باشد. محدودیت (۱۶) نشان دهنده آن است که محصولاتی که ازکارخانه به سمت مراکز توزیع فرستاده می‌شوند، باید از حداکثر ظرفیت مراکز تولیدی کمتر باشد. محدودیت (۱۷) بیان می‌کند، کل هزینه‌ای که تأمین‌کننده برای تولید محصول صرف می‌کند باید از حداقل درآمد کشاورزان در آن دوره کمتر باشد. محدودیت (۱۸) نشانگر

آن است که هزینه ثابت سردخانه به شرطی که از آن استفاده شود باید از بودجه تخصیص داده شده به آن سردخانه کمتر باشد. محدودیت (۱۹) بیانگر آن است که مواد و محصولات تولیدی توسط تأمین‌کننده باید از ظرفیت تولیدی تأمین کننده کمتر باشد. محدودیت (۲۰) بیان می‌کند میزان تولید مراکز تولیدی باید از حداکثر ظرفیت تولید آن‌ها کمتر باشد. محدودیت (۲۱) نشان می‌دهد میزان محصول انتقالی از تأمین‌کننده به سردخانه باید کمتر از ظرفیت تأمین‌کننده باشد. محدودیت (۲۲) بیانگر آن است مقدار محصول انتقالی از سردخانه به کارخانه کمتر از ظرفیت تولید کارخانه باید باشد. محدودیت (۲۳) محدودیت تعادل است که بیان می‌کند مقدار محصولاتی که از کارخانه به مراکز تولیدی انتقال می‌یابد برابر با میزان محصولاتی است که از مراکز توزیع به مراکز مشتری‌ها انتقال می‌یابد. محدودیت‌های (۲۴) و (۲۵) نشان‌دهنده محدودیت‌های مربوط به تقاضای مواد و قطعات خریداری شده و محصول ارسالی است. معادله (۲۶) و (۲۷) نشان‌دهنده محدودیت‌های مربوط به خرید قطعات از تأمین کنندگان است، محدودیت (۲۸) بیانگر آن است که میزان محصول که از مراکز تولیدی به مراکز توزیع انتقال می یابند از ظرفیت مراکز تولیدی کمتر باشد. محدودیت (۲۹) نشان می دهد مقدار محصولی که در مراکز توزیع نگهداری می شود، باید از ظرفیت انبار مراکز کمتر باشد.

محدودیت‌های (۳۰) و (۳۱) محدودیت‌های حداقل سفارش تخصیص به هر تأمین‌کننده را نشان می‌دهند. با توجه به هزینه‌های حمل‌ونقل و هزینه‌های سفارش‌دهی برای شرکت‌ها از نظر اقتصادی دریافت مواد کمتر از حداقل خرید از تأمین کننده باشد مقرون به‌صرفه نیست. لذا چنانچه مدل مقداری کمتر به یک تأمین‌کننده اختصاص دهد باید از آن تأمین‌کننده خریداری صورت نگیرد. محدودیت تعادلی (۳۲) نیز بیانگر آنست که موجودی مواد اولیه ابتدای دوره به اضافه مجموع خرید تمامی مواد ماده اولیه موردنظر از تأمین‌کنندگان مختلف منهای موجودی پایان دوره ماده برابر با مجموع کلیه دریافتی از تأمین‌کنندگان است. محدودیت تعادلی (۳۳) بیانگر آنست که موجودی ابتدای دوره از محصول به اضافه مقدار محصول تولیدی در دوره موردنظر منهای موجودی پایان دوره این محصول برابر با جمع مقدار محصول ارسال شده به توزیع‌کنندگان است؛ محدودیت (۳۴) نشانگر آن است که جریان ورودی به مراکز جمع‌آوری و بازرسی بزرگتر یا مساوی با جریان خروجی از آن است.

۴- اجرای مدل تحقیق

در این بخش به اعتبارسنجی مدل طراحی شده پرداخته شده است. جهت اعتبارسنجی مدل ارائه شده مسئله با استفاده از نرم افزار لینگو حل شده است. از آنجایی که مدل معرفی شده در این پژوهش چند هدفه می‌باشد، برای حل مدل چند هدفه پیشنهادی از روش برنامه‌ریزی خطی متریک که از جمله روش‌های تصمیم گیری چند معیاره است استفاده شد. هدف از این روش حداقل‌کردن انحراف توابع هدف موجود در این مدل نسبت به یک راه‌حل ایده‌آل است.

۴-۱- روش برنامه ریزی خطی ال پی متریک

فاصله متریک در روش‌های برنامه‌ریزی خطی متریک به منظور سنجش نزدیکی یک راه‌حل موجود نسبت به راه حل ایده‌آل مورد استفاده واقع می شوند. این سنجش از انحراف به صورت یک تابع سازگار طبق معادله زیر خواهد بود.

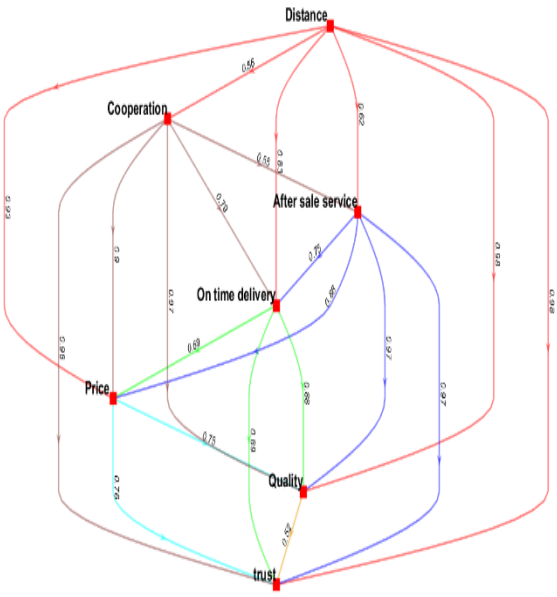
$$L_p = \left\{ \sum_{y=1}^{Z} \theta_y \left(\frac{f_y(x^*) - f_y(x)}{f_y(x^*)} \right) \wedge p \right\} \wedge \frac{1}{p} \quad (۳۵)$$

اهداف به صورت بیشینه مدنظر است، x^* نشان دهنده راه حل ایده آل در بهینه‌سازی هدف yام است. x بیانگر یک راه حل مفروض بوده و θ_y نشان دهنده درجه اهمیت (وزن) برای هدف yام با $\theta_y > 0$ است. تابع سازگار برنامه ریزی خطی متریک به منظور حداقل کردن انحرافات از ایده‌آل باید کمینه شود. ارزش p مشخص‌کننده درجه تأکید به انحرافات موجود است. به گونه‌ای که هر چه این ارزش بزرگتر باشد، تأکید بیشتری بر بزرگترین انحرافات خواهد بود و اگر $p = \infty$ شود، بدان مفهوم خواهد بود که بزرگترین انحراف از انحرافات موجود برای بهینه‌سازی مدنظر واقع می‌گردد.

۵- ارزیابی نتایج

۵-۱- نتایج حل مرحله اول: انتخاب تأمین‌کننده

در این پژوهش با توجه به ماهیت پژوهش و مزایای روش بهترین – بدترین از این روش جهت تعیین درجه اهمیت معیارها استفاده شده است. از آنجائیکه تعداد مقایسات زوجی لازم برای این روش نسبت به سایر روش‌ها کمتر بوده و استفاده از این روش به دلیل استفاده از اعداد صحیح برای انجام مقایسات زوجی آسان و قابل فهم است، سطح پیچیدگی و زمان مورد نیاز برای تکمیل مقایسات برای تصمیم‌گیران و کارشناسان را تا حد زیادی بهبود می‌دهد [۴۶]. همچنین روش بهترین– بدترین یک روش ساختارمند جهت جمع‌آوری داده‌هاست که از این طریق ناسازگاری مقایسات زوجی را تا حد زیادی پایین می‌آورد [۴۷]. بنابراین برای به دست آوردن وزن شاخص‌ها از این روش بهره گرفته شد. شکل (۴) نتایج حاصل از احتمال ترجیحات جفت معیارها را نسبت به هم، با بکارگیری روش بهترین-بدترین با رویکرد بیزین نشان می‌دهد. در این پژوهش، میانگین سطوح اعتماد معیارها نسبت به هم ۰/۹۳ به‌دست آمده است که حاکی از اعتبار نتایج به دست آمده است.



شکل (۴). احتمالات ترجیحات معیارها نسبت به هم

جدول (۱) وزن حاصل از معیارها را با بکارگیری روش بهترین- بدترین با رویکرد بیزین نشان می‌دهد.

جدول (۱). وزن حاصل از معیارها با بکارگیری روش بهترین- بدترین

معیار	قیمت	کیفیت	خدمات پس از فروش	سابقه همکاری	تحویل به موقع	فاصله	اعتماد
وزن	۰,۱۳ ۲۳	۰,۱۱ ۸۸	۰,۱۵ ۹۱	۰,۱۶ ۲۴	۰,۱۴ ۳۴	۰,۱۶ ۶۴	۰,۱۱ ۷۷

تخمین امتیاز نهایی تأمین‌کنندگان با بکارگیری تاپسیس فازی در این پژوهش تاپسیس فازی به منظور اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان برگزیده شد. روش تاپسیس یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که اولین بار توسط یون و وانگ معرفی شد [۴۴]. در این روش گزینه انتخاب شده باید دارای کوتاه‌ترین فاصله از ایده‌آل مثبت و از طرف دیگر بیشترین فاصله را از ایده‌آل منفی داشته باشد. نتایج در جدول (۲) آورده شده‌اند. در گام بعدی وزن‌های به دست آمده ازجدول (۲) وارد مدل ریاضی شدند.

جدول (۲). نتایج حاصل از روش تاپسیس

تأمین‌کننده	D^-	D^+	CI	وزن نرمال شده	رتبه‌بندی
۱	۰,۱۱۸۳	۰,۱۶۱۱	۰,۴۲۳	۰,۱۹۲۰	۳
۲	۰,۳۸۴	۰,۲۴۵۹	۰,۱۳۵۲	۰,۰۶۱۳	۴
۳	۰,۲۳۴۵	۰,۰۴۰۳	۰,۸۵۳۱	۰,۳۸۷۱	۱
۴	۰,۲۴۴۳	۰,۰۶۳۲	۰,۷۹۲۵	۰,۲۵۹۵	۲
۵	۰,۱۱۸۳	۰,۱۲۵۴	۰,۴۹۲۹	۰,۱۵۹۵	۶
۶	۰,۱۳۸۳	۰,۱۲۸۳	۰,۵۱۸۷	۰,۲۵۹۵	۵

۵-۲- نتایج حاصل از حل مدل ریاضی

در این بخش، نتایج محاسباتی و تحلیل رفتار مدل ارائه شده است. مدل پیشنهادی با استفاده از تمام محاسبات با استفاده از نرم‌افزار لینگو ارائه شده با پردازشگر رایزن تری و رم ۸ گیگا بایت، حل شده است. جدول (۳) جواب های به دست آمده از حل مدل را نشان می‌دهند. لازم به ذکر است که از آوردن جواب بعضی متغیرهای تصمیم به دلیل زیاد بودن تعداد آنها صرفنظر شده است.

جدول (۳). جواب های حاصل از حل مدل

TP_{mit}	TP_{111}	TP_{121}	TP_{131}	TP_{141}	TP_{151}	TP_{211}	TP_{221}	TP_{231}	TP_{241}	TP_{251}
مقدار	۵۴۰	۴۰۶	۷۹۸	۵۵۹	۶۳۰	۳۲۰	۴۰۷	۳۰۲	۶۶۹	۵۰۷
TP_{mit}	TP_{112}	TP_{122}	TP_{132}	TP_{142}	TP_{152}	TP_{212}	TP_{222}	TP_{232}	TP_{242}	TP_{252}
مقدار	۶۴۰	۵۴۸	۵۰۳	۴۰۷	۶۳۰	۴۵۰	۷۰۹	۳۵۰	۴۴۸	۳۹۰
R_{mit}	R_{111}	R_{121}	R_{131}	R_{141}	R_{151}	R_{211}	R_{221}	R_{231}	R_{241}	R_{251}
مقدار	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰
R_{mit}	R_{112}	R_{122}	R_{132}	R_{142}	R_{152}	R_{212}	R_{222}	R_{232}	R_{242}	R_{252}
مقدار	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰
A_{mit}	A_{111}	A_{121}	A_{131}	A_{141}	A_{151}	A_{211}	A_{221}	A_{231}	A_{241}	A_{251}
مقدار	۵۰۴	۳۸۷	۳۷۸	۴۸۵	۵۶۳	۳۷۲	۳۳۹	۳۴۲	۵۴	۴۹۲
A_{mit}	A_{112}	A_{122}	A_{132}	A_{142}	A_{152}	A_{212}	A_{222}	A_{232}	A_{242}	A_{252}
مقدار	۵۷۲	۴۸	۴۶۲	۳۵۸	۵۴۰	۳۷۵	۶۹۴	۲۷۸	۴۳۵	۳۳۲
j_{mit}	j_{111}	j_{121}	j_{131}	j_{141}	j_{151}	j_{211}	j_{221}	j_{231}	j_{241}	j_{251}
مقدار	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۰
j_{mit}	j_{112}	j_{122}	j_{132}	j_{142}	j_{152}	j_{212}	j_{222}	j_{232}	j_{242}	j_{252}
مقدار	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰
y_{mijt}	y_{1111}	y_{1211}	y_{1311}	y_{1411}	y_{1511}	y_{2111}	y_{2211}	y_{2311}	y_{2411}	y_{2511}
مقدار	۲۴۰	۱۸۹	۴۳۹	۲۷۵	۱۳۲	۱۷۹	۱۴۹	۲۹۶	۲۸۷	۳۴۴
y_{mijt}	y_{1121}	y_{1221}	y_{1321}	y_{1421}	y_{1521}	y_{2121}	y_{2221}	y_{2321}	y_{2421}	y_{2521}
مقدار	۲۴۵	۳۱۹	۲۳۶	۱۸۶	۲۸۴	۱۸۸	۳۵۴	۱۶۶	۲۱۸	۶۹۷
y_{mijt}	y_{1112}	y_{1212}	y_{1312}	y_{1412}	y_{1512}	y_{2112}	y_{2212}	y_{2312}	y_{2412}	y_{2512}
مقدار	۲۴۰	۱۸۹	۴۳۹	۲۷۵	۱۳۲	۱۷۹	۱۴۹	۲۹۶	۲۸۷	۳۴۴
y_{mijt}	y_{1122}	y_{1222}	y_{1322}	y_{1422}	y_{1522}	y_{2122}	y_{2222}	y_{2322}	y_{2422}	y_{2522}
مقدار	۲۴۵	۳۱۹	۲۳۶	۱۸۶	۲۸۴	۱۸۸	۳۵۴	۱۶۶	۲۱۸	۶۹۷
I_{pkct}	I_{1111}	I_{1121}	I_{1131}	I_{1141}	I_{1112}	I_{1122}	I_{1132}	I_{1142}	I_{2111}	I_{2121}
مقدار	۵۳۲	۴۰۰	۷۸۰	۵۵۰	۶۰۰	۳۴۰	۴۰۰	۲۹۰	۶۶۵	۴۹۸
I_{pkct}	I_{2131}	I_{2141}	I_{2112}	I_{2122}	I_{2132}	I_{2142}				
مقدار	۶۲۰	۵۲۰	۵۲۰	۳۹۰	۴۰۲	۳۷۶				
x_{mjkt}	x_{1111}	x_{1211}	x_{1112}	x_{1212}	x_{2111}	x_{2211}	x_{2112}	x_{2212}		
مقدار	۲۳۸	۳۹۶	۴۵۰	۲۳۱	۱۸۰	۳۸۷	۲۹۷	۳۵۶		
Z_{pcvt}	Z_{1111}	Z_{1211}	Z_{1112}	Z_{1212}	Z_{2111}	Z_{2211}	Z_{2112}	Z_{2212}		
مقدار	۳	۱,۲	۳,۱	۲,۸	۲,۵	۱,۹	۱,۸	۲,۳		
U_{pvkt}	U_{1111}	U_{1112}	U_{2111}	U_{2112}						
مقدار	۳,۵	۵,۵	۳,۸	۴						
B_{pvrt}	B_{1111}	B_{1112}	B_{2111}	B_{2112}						
مقدار	۳,۵	۵,۵	۳,۷	۳,۹						
ZW_{prt}	ZW_{111}	ZW_{211}	ZW_{112}	ZW_{112}						
مقدار	۱۲۸	۱۶۷	۳۲۱	۲۱۳						
L_j	L_1	L_2								
مقدار	۱	۰								

۵-۳- آنالیز حساسیت برای تغییر در نرخ تقاضا

به‌منظور آشنایی با عملکرد مدل تغییراتی در مدل ایجاد شده است و مدل مجدداً اجرا شده است. سپس پاسخ‌های به دست آمده از مدل مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. وجود برخی عوامل مهم و حساس در جواب بهینه تأثیرگذار هستند. بنابراین تلاش می شود تا با ایجاد تغییر در نرخ تقاضا که در این مدل به صورت قطعی در نظر گرفته شده بود، تاثیرات حاصل از تغییر آن ها را روی جواب بهینه بررسی کرد.

فواصل عددی تغییر در تقاضا در دو قسمت بصورت ۱۰ درصد و ۲۰ درصدی افزایش یافته و در دو قسمت دیگر بصورت ۱۰ درصد و ۲۰ درصد کاهش یافته است. نتایج تحلیل حساسیت تغییرات تقاضا در جدول ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود مقادیر تقاضا بر توابع هدف تاثیر گذارند. در فاصله تغییرات ۱۰ درصدی در میزان تقاضا تفاوت آشکاری در توابع هدف مشاهده نمی‌شود. این در حالیست که اگر تغییرات تقاضا در محدوده ۲۰ درصدی تغییر کند تفاوت آشکاری در توابع هدف پدید می‌آید. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش تقاضا چون هزینه‌ها و انتشار دی‌اکسیدکربن افزایش می‌یابد مقادیر تابع هدف نیز افزایش یافته است. لازم به ذکر است مقادیر تقاضا به تن است. همچنین چون تغییر تقاضا تاثیری بر تابع هدف سوم نداشته است از تحلیل حساسیت بر روی آن خودداری شده است.

جدول(۴). تحلیل حساسیت بر مقادیر تقاضا

نتایج حاصل از استراتژی‌های مختلف	اجرای ۱	اجرای ۲	اجرای ۳	اجرای ۴	اجرای ۵
درصد تغییرات	-۲۰٪	-۱۰٪	۰٪	+۱۰٪	+۲۰٪
میزان تقاضا	۲۰۰	۲۲۵	۲۵۰	۲۷۵	۳۰۰
تابع هدف مرتبط با حداقل کردن هزینه ها	۳۲۱۵۶۹۰۵۴	۳۴۳۷۸۹۴۵۳	۳۶۸۶۵۵۴۳۴	۳۸۵۹۰۳۲۱۰	۴۲۸۷۶۵۹۰۰
تابع هدف مرتبط با حداقل کردن انتشار CO_2	۶۵۴۳۰۹۸۷	۶۵۸۷۹۰۴۲	۶۷۶۳۱۹۶۸	۷۰۷۶۸۹۰۴	۷۵۸۹۰۴۳۲

۶- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت روزافزون لجستیک معکوس و پیاده‌سازی آن، طراحی مدل ریاضی زنجیره‌تأمین حلقه بسته که به تصمیماتی از قبیل تعیین تعداد قطعات در هر نقطه زنجیره مستقیم و معکوس، ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره معکوس اشاره دارد، مورد توجه بیش از پیش محققان قرار گرفته است. در این پژوهش با بهره‌گیری از دانش مدلسازی به طراحی مدل ریاضی زنجیره‌تأمین سه سطحی، شامل کارخانه‌ها، انبارها و خرده فروشان در کارخانه تروند قاینات پرداخته شد بدین منظور به توسعه یک مدل ریاضی سه هدفه شبکه زنجیره‌تأمین شامل کشاورزان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، مشتریان و مراکز جمع آوری و انهدام پرداخته شد. سه تابع هدف هزینه، اهمیت تأمین‌کنندگان و اثرات زیست‌محیطی در نظر گرفته شد. با توجه به جواب‌های حاصل از مدل در مورد جواب‌های حاصل شده و مقایسه آن با وضع موجود، کارایی مدل تحقیق در بهبود تصمیم‌گیری‌های زنجیره‌تأمین برای شرکت مورد مطالعه تایید شد. از آنجا که ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده با برنامه‌ریزی تولید و توزیع و بازگشت مجدد محصول به زنجیره‌تأمین یکپارچه شده است، پس علاوه بر تمام مزایایی که از کلی‌نگری ناشی از یکپارچه‌سازی زنجیره به دست می‌آید می‌توان ادعا کرد خرید مواد اولیه از تأمین‌کننده بر حسب نیاز زنجیره و اهمیت تأمین‌کنندگان صورت می‌گیرد. همچنین در این پژوهش در زمینه طراحی مدل ریاضی چندهدفه ارائه شده است که این اجازه را به شرکت می‌دهد تا به جای دنبال کردن یک هدف خاص برای مثال کاهش هزینه‌ها چندین هدف مختلف را همزمان در نظر بگیرد که مدل به دنیای واقعی نزدیکتر باشد. همچنین، با انجام تحلیل حساسیت بر روی یکی از پارامترهای کلیدی مدل (تقاضا)، اثر این پارامتر بر توابع هدف بررسی شد و نتایج نشان دادند در فاصله تغییرات ۱۰ درصدی در میزان تقاضا تفاوت قابل ملاحظه‌ای در توابع هدف مشاهده نمی‌شود در حالی که اگر تغییرات تقاضا در محدوده ۲۰ درصدی تغییر کند تفاوت آشکاری در توابع هدف پدید می‌آید. در راستای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود برای ورودی‌های مدل عدم قطعیت به صورت فازی و احتمال در نظر گرفته شود. همچنین می‌توان از دیگر روش‌های

تصمیم‌گیری چند هدفه که نظر تصمیم‌گیرنده در آن دخالت دارد به‌منظور حل مدل استفاده کرد و در وزن‌دهی به معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان می‌توان از سایر فنون وزن‌دهی استفاده کرد. همچنین با توجه به اینکه این محصولات به کشورهای زیادی صادر می‌شود در توسعه مدل موضوع صادرات در نظر گرفته شود.

۷- مراجع

[1] A. Ahmadi Nadoshan, "Desihn of robust optimization mathematical model for logistic chain," M.S. Thesis, Tarbiat Modares Univ, 2012. [In Persian]

[2] C. Alzaman, Z. H. Zhang, and A. Diabat, "Supply chain network design with direct and indirect production costs: Hybrid gradient and local search based heuristics," Int. J. Prod. Econ., vol. 203, pp. 203–215, 2018.

[3] M. Agha Mohammadali Kermani, M. Hakimi, and M. H. Ali Ahmadi, "Supplier selection in supply chain: Fuzzy approach," Modiriat Farda, vol. 21, pp. 74–88, 2009. [In Persian]

[4] A. Modares, V. Bafandegan Emroozi and Z. mohemmi, "Evaluate and control the factors affecting the equipment reliability with the approach Dynamic systems simulation, Case study: Ghaen Cement Factory," Journal of Quality Engineering and Management, vol. 11, pp. 89-106, 2021. [In Persian]

[5] M. S. Pishvaee, F. Jolai, and J. Razmi, "A stochastic optimization model for integrated forward/reverse ogistics network design," J. Manuf. Syst., vol. 28, no. 4, pp. 107–114, 2009

[6] A. Modares, N. Motahari Farimani, and V. B. Emroozi, "A new model to design the suppliers portfolio in newsvendor problem based on product reliability," J. Ind. Manag. Optim., vol. 19, no. 6, pp. 4112-4151, 2023.

[7] Ayers, janse B, " Handbook of supply chain in management. (1st ed.). CRC Press.

[8] V. Bafandegan Emroozi, A. Modares, and Z. mohemmi, "Presenting a model for diagnosing the implementation of total quality management based on performance expansion model (Case: Simorgh Rail Transportation Company) ," Road, 2022. [In Persian].

[9] R. Cruz-Rivera and J. Ertel, "Reverse logistics network design for the collection of End-of-Life Vehicles in Mexico," Eur. J. Oper. Res., vol. 196, no. 3, pp. 930–939, 2009

[10] V. Bafandegan Emroozi, and A. Fakoor. "A new approach to human error assessment in financial service based on the modified CREAM and DANP," Journal of Industrial and Systems Engineering, 2023.

[11] J. B. Yang, "Gradient projection and local region search for multiobjective optimisation," Eur. J. Oper. Res., vol. 112, no. 2, pp. 432–459, 1999.

[12] A. Diabat, T. Abdallah, and A. Henschel, "A closed-loop location-inventory problem with spare parts consideration," Comput. Oper. Res., vol. 54, pp. 245–256, 2015.

[13] B. Fahimnia, J. Sarkis, and H. Davarzani, "Green supply chain management: A review and bibliometric analysis," Int. J. Prod. Econ., vol. 162, pp. 101–114, 2015.

[14] K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, and T. Meyarivan, "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II," IEEE Trans. Evol. Comput., vol. 6, no. 2, pp. 182–197, 2002.

[15]J. Ghahremani Nahr, And A, Ghodratnama, " Designing a multi-product and multi-cycle green supply chain network with consideration of discounts in conditions of uncertainty," Industrial Engineering in Production Systems, vol, 6, no. 13. pp. 119-137, 2018. [In Persian]

[16] F. H. F. Liu and H. L. Hai, "The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier," Int. J. Prod. Econ., vol. 97, no. 3, pp. 308–317, 2005.

[17] A. Haji Mirzajan, M. A. Piraish , and F. Dehghanian, "Presenting a supply chain planning model for perishable crops," production and operations management, Vol, 6, No, 11pp. 35-60, 2015.

[18] A. Modares, N. M. Farimani, and V. B. Emroozi, "A vendor-managed inventory model based on optimal retailers' selection and reliability of supply chain," J. Ind. Manag. Optim., vol. 19, no. 5, pp. 3075–3106, 2023.

[19] A. Modares, N. M. Farimani, and V. B. Emroozi, "Developing a Newsvendor model based on the relative competence of suppliers based on probabilities group decisions,"Industrial Management Journal, vol. 14, pp.115-142, 2022.

[20] E. H. Sabri and B. M. Beamon, "A multi-objective approach to simultaneous strategic and operational planning in supply chain design," Omega, vol. 28, no. 5, pp. 581–598, 2000

[21] G. C. Stevens, "International Journal of Physical Distribution & Logistics Management Emerald Article: Integrating the Supply Chain," Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag., vol. 19, no. 8, pp. 3–8, 1989.

[22] M. Talaei, B. Farhang Moghaddam, M. S. Pishvaee, A. Bozorgi-Amiri, and S. Gholamnejad, "A robust fuzzy optimization model for carbon-efficient closed-loop supply chain network design problem: A numerical illustration in electronics industry," J. Clean. Prod., vol. 113, pp. 662–673, 2016

[23] F. Wang, X. Lai, and N. Shi, "A multi-objective optimization for green supply chain network design," Decis. Support Syst., vol. 51, no. 2, pp. 262–269, 2011.

[24] A.S. Mohammadi, A. Alam Tabriz. And M.S. Pishvaei, "Design of a closed-loop green supply chain network with financial decisions in conditions of uncertainty," Journal of Industrial Management, vol. 10, pp. 61–88, 2018. [In Persian].

[25] A. M. F. Saghih and A. Modares, "a New Dynamic Model To Optimize the Reliability of the Series-Parallel Systems Under Warm Standby Components," J. Ind. Manag. Optim., vol. 19, no. 1, pp. 376–401, 2023.

[26] T. Santoso, S. Ahmed, M. Goetschalckx, and A. Shapiro, "A stochastic programming approach for supply chain network design under uncertainty," Eur. J. Oper. Res., vol. 167, no. 1, pp. 96–115, 2005.

[27] M. A, Ramazanian and A. Modares, "Application of particle swarm optimization algorithm to aggregate production planning,". Asian Journal of Business Management Studies, 2(2), pp44-54, 2011.

[28] V. Bafandegan Emroozi, P. Roozkhosh, A. Modares and F. Roozkhosh, "Selecting Green Suppliers by Considering the Internet of Things and CMCDM Approach,". Process Integr Optim Sustain. 2023. Doi: 10.1007/s41660-023-00336-9.

[29] P. Roozkhosh and N. Motahari Farimani, "Designing a new model for the hub location-allocation problem with considering tardiness time and cost uncertainty," Int. J. Manag. Sci. Eng. Manag., 2022.

[30] M. Rahmani, Z. Sazour, and A. Abzorgi Amiri, "Presenting a three-objective mathematical model for sustainable planning of the supply chain of perishable agricultural materials," Industrial Engineering and Management, pp31-25, 2015.

[31] H. Soleimani, K. Govindan, H. Saghafi, and H. Jafari, "Fuzzy multi-objective sustainable and green closed-loop supply chain network design," Comput. Ind. Eng., vol. 109, pp. 191–203, 2017.

[32] T. Paksoy, T. Bektaş, and E. Özceylan, "Operational and environmental performance measures in a multi-product closed-loop supply chain," Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev., vol. 47, no. 4, pp. 532–546, 2011.

[33] V. Özkir and H. Başligil, "Multi-objective optimization of closed-loop supply chains in uncertain environment," J. Clean. Prod., vol. 41, pp. 114–125, 2013.

[34] S. Nayeri, M. M. Paydar, E. Asadi-Gangraj, and S. Emami, "Multi-objective fuzzy robust optimization approach to sustainable closed-loop supply chain network design," Comput. Ind. Eng., vol. 148, no. August, pp. 106716, 2020.

[35] A. Modares, M. Kazemi, V. Bafandegan Emroozi, and P. Roozkhosh, "A new supply chain design to solve supplier selection based on internet of things and delivery reliability," Journal of Industrial and Management Optimization., vol. 19, no. 11, pp. 7993-8028, 2023.

[36] S. Rajabi, P. Roozkhosh, and N. M. Farimani, "MLP-based Learnable Window Size for Bitcoin price prediction," Appl. Soft Comput., vol. 129, p. 109584, 2022.

[37] T.-H. Hejazi and P. Roozkhosh, "Partial inspection problem with double sampling designs in multi-stage systems considering cost uncertainty," J. Ind. Eng. Manag. Stud., vol. 6, no. 1, pp. 1–17, 2019.

[38] R. Sadeghi Rad and N. Nahavandi, "A novel multi-objective optimization model for integrated problem of green closed loop supply chain network design and quantity discount," J. Clean. Prod., vol. 196, pp. 1549–1565, 2018.

[39] N. M. Farimani, A. Modares, and N. Jahanara. "Providing a framework for the acquisition of experts' tacit knowledge to identify environmental opportunities and threats," Transformation Management Journal, vol. 13(2), pp. 91-124, 2022.

[40] Rezaei, J., 2016. Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. Omega, vol. 64, pp. 126-130.

[41] A. Modares, N. Motahari Farimani, and V. B. Emroozi, "Applying a multi-criteria group decision-making method in a probabilistic environment for supplier selection (Case study: Urban railway in Iran). Journal of Optimization in Industrial Engineering, vol. 16, no. 1, pp.129-140, 2023.

[42] V. Bafandegan Emroozi, A. Faezian, K. Seffati, H. Ebrahimi, B. Dadakhani, "Evaluation Commercialization Challenges and Resolutions in SMEs Using ML-FCM (Case study: Sanat Prozheh Toos) . Journal of Systems Thinking in Practice, vol. 2, no. 1, pp. 39-55, 2023.

[43] M. Mohammadi and J. Rezae i, "Bayesian best-worst method: A probabilistic group decision making model," Omega (United Kingdom), vol. 96, 2020

[44] S. H. Huang and H. Keskar, "Comprehensive and configurable metrics for supplier selection," Int. J. Prod. Econ., vol. 105, no. 2, pp. 510–523, 2007.

[45] P. Roozkhosh, A. Pooya, and R. Agarwal, "Blockchain acceptance rate prediction in the resilient supply chain with hybrid system dynamics and machine learning approach," Oper. Manag. Res., no. 0123456789, 2022.

[46] P. Roozkhosh, M. Kazemi, "Application of Internet of Things in Green Supply Chain and Investigating the Effective Factors for Selecting a Green Supplier: A Case Study: Mashhad Rubber Factory. Supply Chain Management Journal, vol. 75, pp. 61-73, 2022. [In Persian]

[47] J .Rezaei, "Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega," vol. 53, pp. 49-57, 2015

پیوست

داده‌های مرتبط با مورد مطالعه برای پیاده‌سازی مدل در دنیای واقعی در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۱). داده‌های مرتبط با مورد مطالعه برای دوره اول

PC_{mi}	PC_{11} ۵۰۰	PC_{12} ۳۸۰	PC_{13} ۶۴۹	PC_{14} ۴۳۵	PC_{15} ۵۳۲	PC_{21} ۳۰۰	PC_{22} ۳۶۸	PC_{23} ۲۸۰	PC_{24} ۵۷۰	PC_{25} ۴۷۰
TC_{mi}	TC_{11} ۶۲۰	TC_{12} ۴۵۰	TC_{13} ۳۲۷	TC_{14} ۳۸۰	TC_{15} ۵۰۰	TC_{21} ۳۹۰	TC_{22} ۶۴۰	TC_{23} ۳۱۰	TC_{24} ۴۲۰	TC_{25} ۳۵۰
CB_{mi}	CB_{11} ۱۵۰	CB_{12} 176	CB_{13} ۱۰۰	CB_{14} ۱۰۰	CB_{15} ۸۷	CB_{21} ۷۶	CB_{22} ۷۵	CB_{23} ۱۰۰	CB_{24} ۷۶	CB_{25} ۸۰
d_{mi}	d_{11} ۱۲۰	d_{12} ۱۰۰	d_{13} ۸۷	d_{14} ۱۰۰	d_{15} ۸۰	d_{21} ۷۸	d_{22} ۱۰۰	d_{23} ۸۶	d_{24} ۷۵	d_{25} ۸۸
BC_{mj}	BC_{11} ۴۸۰	BC_{12} ۳۲۰	BC_{21} ۳۴۵	BC_{22} ۴۵۶						
DC_{pcq}	DC_{111} ۴۸۰	DC_{121} ۴۱۰	DC_{211} ۳۸۰	DC_{221} ۳۱۰	DC_{212} ۵۱۵	DC_{222} ۲۷۵				
EC_{pcv}	EC_{111} ۳۵۶	EC_{121} ۳۴۵								
FC_{pvk}	FC_{111} ۲۰۰	FC_{211} ۲۵۶								
GC_{pvr}	GC_{111} ۱۸۰	GC_{211} ۱۲۰								
Lc_{pvr}	Lc_{111} ۲۱۰	Lc_{211} ۲۱۷								
Lc_{pk}	Lc_{11} ۲۱۰	Lc_{21} ۱۸۵								
LA_{ij}	LA_{11} ۲۳۵	LA_{12} ۳۰۲	LA_{13} ۲۳۰	LA_{14} ۱۲۰	LA_{15} ۲۳۵	LA_{21} ۱۴۰	LA_{22} ۳۴۵	LA_{23} ۱۳۰	LA_{24} ۲۰۰	LA_{ij25} ۵۹۰
dB_{jk}	dB_{11} ۵۰۲	dB_{12} ۳۴۰	dB_{21} ۷۲۵	dB_{22} ۳۱۰						
H_c	H_1 ۵۸۰	H_2 ۵۱۰								
e_{pck}	e_{111} ۱۹۷	e_{121} ۲۷۰	e_{211} ۳۹۰	e_{221} ۱۸۰						
b_{pv}	b_{11} ۳	b_{21} ۱,۲								
d_{pkq}	d_{111} ۳,۵	d_{211} ۵,۴	d_{112} ۳,۶	d_{212} ۴						
dc_{kc}	dc_{11} ۱۴۰۰	dc_{12} ۸۰۰								
dc_{cq}	dc_{cq} ۱۲۵۰	dc_{cq} ۶۰۳	dc_{cq} ۳۳۵	dc_{cq} ۲۰۷						
dE_{cv}	dE_{11} ۵۰۰	dE_{21} ۷۲۰								
dF_{vr}	dF_{11} ۳۴۰									
HC_{mj}	HC_{11} ۳۴۶	HC_{12} ۶۷۸	HC_{21} ۶۷۶	HC_{22} ۵۰۰						
P_{pqv}	P_{111} ۴۱۰	P_{211} ۳۷۶	P_{121} ۴۳۰	P_{221} ۴۰۰						
AC_{pqv}	AC_{111} ۱۲۰	AC_{211} ۱۳۸	AC_{121} ۱۷۰	AC_{221} ۱۳۶						
IH_{mk}	IH_{11} ۵۴۰	IH_{21} ۶۷۵								
QAP_{pk}	QAP_{11} ۳۲۱	QAP_{21} ۴۳۲								

جدول(۲). داده‌های مرتبط با مورد مطالعه برای دوره دوم

PC_{mi}	PC_{11} ۵۰۰	PC_{12} ۳۸۹	PC_{13} ۶۵۵	PC_{14} ۴۵۳	PC_{15} ۵۲۶	PC_{21} ۳۰۵	PC_{22} ۳۴۵	PC_{23} ۲۷۶	PC_{24} ۵۹۰	PC_{25} ۴۶۰
TC_{mi}	TC_{11} ۶۲۰	TC_{12} ۴۵۵	TC_{13} ۳۹۹	TC_{14} ۳۸۰	TC_{15} ۵۰۰	TC_{21} ۳۹۰	TC_{22} ۶۴۸	TC_{23} ۳۰۵	TC_{24} ۳۹۸	TC_{25} ۳۴۵
CB_{mi}	CB_{11} ۱۴۶	CB_{12} 176	CB_{13} ۱۱۰	CB_{14} ۹۵	CB_{15} ۸۷	CB_{21} ۷۶	CB_{22} ۷۵	CB_{23} ۱۱۰	CB_{24} ۷۶	CB_{25} ۷۵
d_{mi}	d_{11} ۱۰۲	d_{12} ۱۰۰	d_{13} ۸۷	d_{14} ۱۰۵	d_{15} ۸۰	d_{21} ۸۳	d_{22} ۱۰۰	d_{23} ۸۶	d_{24} ۹۵	d_{25} ۸۸
BC_{mj}	BC_{11} ۴۷۵	BC_{12} ۳۲۰	BC_{21} ۴۲۵	BC_{22} ۴۵۶						
DC_{pcq}	DC_{111} ۴۶۸	DC_{121} ۴۱۰	DC_{211} ۳۸۰	DC_{221} ۳۳۰	DC_{212} ۵۱۵	DC_{222} ۲۸۵				
EC_{pcv}	EC_{111} ۳۴۶	EC_{121} ۳۴۵								
FC_{pvk}	FC_{111} ۲۱۰	FC_{211} ۲۵۶								
GC_{pvr}	GC_{111} ۱۸۰	GC_{211} ۱۱۵								
Lc_{pvr}	Lc_{111} ۲۳۰	Lc_{211} ۲۱۷								
Lc_{pk}	Lc_{11} ۲۳۵	Lc_{21} ۱۹۵								
LA_{ij}	LA_{11} ۲۷۸	LA_{12} ۳۲۰	LA_{13} ۲۳۰	LA_{14} ۱۲۰	LA_{15} ۲۳۵	LA_{21} ۱۵۰	LA_{22} ۳۴۵	LA_{23} ۱۳۰	LA_{24} ۲۰۰	LA_{ij25} ۶۱۰
dB_{jk}	dB_{11} ۵۰۲	dB_{12} ۳۴۰	dB_{21} ۷۲۵	dB_{22} ۳۲۰						
H_c	H_1 ۵۸۰	H_2 ۵۱۰								
e_{pck}	e_{111} ۲۱۰	e_{121} ۲۶۵	e_{211} ۳۹۰	e_{221} ۱۸۰						
b_{pv}	b_{11} ۳,۲	b_{21} ۱,۸								
d_{pkq}	d_{111} ۳,۸	d_{211} ۵,۵	d_{112} ۳,۶	d_{212} ۴,۲						
dc_{kc}	dc_{11} ۱۴۲۰	dc_{12} ۸۸۰								
dc_{cq}	dc_{cq} ۱۲۵۰	dc_{cq} ۶۰۳	dc_{cq} ۳۲۰	dc_{cq} ۲۰۷						
dE_{cv}	dE_{11} ۵۲۵	dE_{21} ۷۳۴								
dF_{vr}	dF_{11} ۳۴۰									
HC_{mj}	HC_{11} ۳۸۶	HC_{12} ۶۷۸	HC_{21} ۶۷۶	HC_{22} ۵۵۰						
P_{pqv}	P_{111} ۴۱۰	P_{211} ۴۰۰	P_{121} ۴۲۵	P_{221} ۳۹۰						
AC_{pqv}	AC_{111} ۱۳۵	AC_{211} ۱۳۸	AC_{121} ۱۷۰	AC_{221} ۱۳۶						
IH_{mk}	IH_{11} ۵۵۵	IH_{21} ۶۴۵								
QAP_{pk}	QAP_{11} ۳۲۰	QAP_{21} ۴۳۲								

Iranian Journal of Supply Chain Management

Vol. 25, No. 79, Summer, 2023

Presenting the Integrated Production-Distribution Planning Model of the Closed-Loop Supply Chain for Agricultural Products Based on Probably Group Decision-Making and Environmental Issues

Azam Modares, Vahideh Bafandegan Emroozi, Zahra Mohemmi*, Azade Modares

*Instructor, Management, Payam Noor University, Tehran, Iran

(Received: 23/01/2023; Accepted: 31/05/2023)

Abstract

Efficient supply chain design improves performance in organizations. This issue has been given less attention in the supply chain of agricultural products. This study uses an integrated approach to planning for supply, production, and distribution. This research presents a multi-objective integer programming model that seeks to minimize costs, environmental effects and maximize suppliers' importance. This research used a combination of multi-criteria decision-making methods to prioritize suppliers. After that, the obtained weights were considered under the inputs of the multi-objective model. The proposed model can find a combination of the best suppliers by considering a variety of qualitative and quantitative criteria and balancing the criteria. Comparing the answers obtained from the presented model with the actual amount of variables in the studied period clarified the apparent difference in costs. The results indicate that the proposed model can reduce costs significantly. The effect of this parameter on the objective functions was investigated by performing a sensitivity analysis on one of the critical parameters of the model (demand). The results showed that there is no significant difference in the objective functions within the interval of 10% changes in the amount of demand. In comparison, if the demand changes within 20%, a noticeable difference in the objective functions appears. Therefore, it can be said that the answers obtained from solving the model at the right time indicate the model's efficiency and accuracy and show the model's ability to respond to actual condition.

Keywords: Supply Chain, Multi-Objective Optimization, L-P Metric, Integrated Logistics

*Corresponding Author E-mail: mohemmi2020@pnu.ac.ir