فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال پانزدهم/ شماره ۵۲ / تابستان ۱۳۹۹

بهینه‌سازی زنجیره تامین حلقه بسته با رویکرد پایداری با استفاده از تصمیم گیری چندهدفه و روش DANP در صنعت غذا: مطالعه موردی در صنعت لبنی

اعظم خبوشانی
دانشجوی دکتری رشته مدیریت دولتی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران
ام البنین یوسفی (نویسنده مسؤول)
استادیار دانشکده صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان، ایران
Email: yousefi_1302@yahoo.com
مهدی فدایی
استادیار دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، اصفهان، ایران
ایرج سلطانی
استادیار دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان(خوراسگان)، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۰۸ * تاریخ پذیرش ۹۹/۰۷/۰۵

چکیده

در این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط چندهدفه، چند محصولی جهت برنامه‌ریزی تولید، توزیع، حمل‌ونقل با در نظر گرفتن شاخص‌های پایداری در شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته صنعت غذا ارائه شده است. ابتدا پس از مرور ادبیات موضوع و با استفاده از نظرات خبرگان دانشگاه و صنعت غذا مهم‌ترین شاخص‌های پایداری با ابعاد سه‌گانه اقتصادی،زیست‌محیطی و اجتماعی در این صنعت،استخراج و ساختار روابط شبکه و میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هریک از شاخص‌ها از طریق تکنیک دیمتل تعیین شده‌اند سپس این تکنیک با روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای به‌منظور تعیین اوزان هر بعد و شاخص‌های آن ترکیب گردیده و درنهایت شاخص‌های دارای اولویت بالاتر انتخاب شده‌اند.در ادامه یک مدل ریاضی عدد صحیح مختلط جهت برنامه‌ریزی تولید،توزیع،حمل‌ونقل زنجیره تأمین پایدار حلقه بسته با ابعاد سه‌گانه فوق‌الذکر ارائه شده است که در آن شاخص‌های حاصل از تکنیک دنپ، هزینه کل از بعد اقتصادی با وزن ۰/۱۳۰۱مصرف آب و مصرف - انرژی از بعد زیست‌محیطی با اوزان۰/۰۵۷۸، ۰/۰۵۸۰ و فرصت‌های شغلی از بعد اجتماعی با وزن۰/۰۹۱۱به‌عنوان توابع هدف مدل‌سازی شده سپس با روش L-P متریک و با استفاده از نرم‌افزار گمز حل‌شده‌اند و مجموعه جواب‌های بهینه پارتویی به دست آمده است در پایان مطالعه موردی درزمینه صنایع لبنی به کمک داده‌های واقعی صورت گرفته است. اجرای مدل منجر به یافتن ۸ دسته جواب بهینه پارتویی شده به‌طوری‌که کمترین میزان هزینه در بین جواب‌ها حدود ۶۸ میلیون ریال در ماه، کمترین میزان مصرف آب حدود ۶۶۰ مترمکعب در ماه و بیشترین میزان فرصت‌های اشتغال حدود ۳۹ هزار نفر ساعت در ماه می‌باشد.

کلمات کلیدی: تصمیم‌گیری چندهدفه، پایدار، دنپ، زنجیره تأمین حلقه بسته، L-P متریک.

۱-مقدمه

رقابت شدید و پیچیدگی کالاوخدمات در بازارهای امروزی به‌گونه‌ای است که سازمان‌ها و مؤسسات نمی‌توانند به‌تنهایی و بدون همکاری با سایر سازمان‌ها، محصولی را تولید یا خدمتی را ارائه کنند سازمان‌ها باید به‌عنوان اعضای زنجیره تأمین کار کنند بنابراین زنجیره تأمین به‌عنوان عامل مهم و حیاتی در بازارهای جهانی تبدیل شده است ودرعرصه جهانی رقابت اصلی بین زنجیره‌تامین صورت می‌گیرد. زنجیره‌تامین تمامی فعالیت‌های مربوط به انتقال و جریان مواد و ضایعات به همراه اطلاعات مربوط به منابع آن‌ها را از منابع تا آخرین مصرف‌کننده دربرمی گیرد که مدیریت زنجیره تأمین وظیفه یکپارچه کردن این فعالیت‌ها را بر عهده دارد(Christopher & Holweg, 2011). زنجیره تأمین حلقه بسته، زنجیره مستقیم شامل همه فرایندها از تأمین‌کنندگان مواد اولیه تا مشتریان نهایی و زنجیره معکوس شامل فعایت جمع آوری،بازیافت وامحاء را یکپارچه می کند(Pishvaee & Razmi, 2012).

بنابراین یکی از فعالیت‌های مؤثر در سازمان در مدیریت زنجیره تأمین، طراحی مؤثر و ساختار شبکه کارآمد زنجیره است که نقش مهم و به سزایی در موقعیت سازمان ایفا می‌کند(Sunil Luthra & Sachin komar mangla, 2018) . طراحی شبکه زنجیره تأمین بدون در نظر گرفتن و ادغام اهداف زیست‌محیطی و اجتماعی با رویکرد اقتصادی امکان‌پذیر نمی‌باشد (Resat, Unsal, & Consumption, 2019). درگذشته تمرکز بر حداقل کردن هزینه بدون درنظرگرفتن جنبه‌های محیطی و اجتماعی بوده است درحالی‌که اخیراً مسئولیت اجتماعی و موضوعات زیست‌محیطی وارد این‌گونه مدل‌ها شده‌اند((Pishvaee, Razmi, & Torabi, 2014).توسعه پایدار[1] توسعه‌ای است که هم‌زمان سه بعد زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی در آن در نظر گرفته شده است و پایداری در زنجیره تأمین در پی بهینه کردن مدیریت زنجیره تأمین در هر سه جنبه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌باشد.(Mahmoodi,2014).پایداری به‌عنوان "یک توسعه‌ای که منجر به برآورده شدن نیازهای فعلی بدون آسیب رساندن به نسل‌های آتی برای ارضای نیازهایشان شود" تعریف شده است(Yakovleva Sarkis, & Sloan, 2010).

تسنگ وهیونگ۲۰۱۴، پیاده‌سازی پایداری را در زنجیره تأمین به‌عنوان مسئله‌ای حیاتی برای سازمان تلقی کرده‌اند و معتقدند که ادغام مفهوم پایداری در زنجیره تأمین به دغدغه اصلی صاحبان صنایع و جامعه دانشگاهی تبدیل شده است.

در همین راستا، مدیریت زنجیره تأمین پایدار به‌عنوان مدیریت جریان‌های اطلاعاتی و مواد با همکاری سازمان‌های درگیر در زنجیره به‌منظور دستیابی به اهداف سه بعد توسعه پایدار یعنی اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی تعریف می‌شود (Seuring et al., 2008) طراحی شبکه زنجیره تأمین که از مهم‌ترین تصمیمات سطح استراتژیک زنجیره تأمین است، نقش عمده‌ای در پایداری زنجیره تأمین ایفا می‌کند (Pishvaee et al., 2014)

سیستم‌های غذایی با طبیعت فراملی‌شان یک شبکه بسیار پیچیده و پویا هستند(Rohmer et al., 2019). از سویی نگرانی‌های اجتماعی و زیست‌محیطی درباره تأثیرات زنجیره تأمین مواد غذایی بر محیطزیست منجر به فشار فزاینده ذی‌نفعان به‌منظور بهبود عملکرد پایداری چرخه عمر محصول از مزرعه تا مشتری شده است، صنعت مواد غذایی ازجمله اولین صنایعی بوده است که به جنبه‌های پایداری، آلودگی و استانداردها و مسائل مربوط به ضایعات توجه کرده است (Yakovleva, 2010).

صنعت لبنیات به‌عنوان یکی از صنایع غذایی و تبدیلی در کشور ایران است که با سهم ۴ درصدی جز پرمصرف‌ترین صنایع - غذایی ازلحاظ انرژی است. پیش‌بینی شده است در سال ۲۰۳۰ در کشورهای درحال‌توسعه سرانه مصرف لبنیات به ۱۷۹کیلوگرم خواهد رسید.در حال حاضر این صنعت، ۲۲ درصد سهم در بین زیرگروه‌های صنایع غذایی و ۱۱ درصد سهم اصلی هزینه‌های خوراکی خانوار را به خود اختصاص داده است. طبق سند چشم‌انداز بخش صنعت، معدن، تجارت کشور در سال ۱۴۰۴ پیش‌بینی شده است، نسبت اشتغال زنجیره تأمین فرآورده‌های غذایی به اشتغال بخش صنعت،معدن،تجارت ۸ درصد است که ۱/۲ درصد از این سهم مربوط به صنایع لبنی می‌باشد. مطابق این سند، زنجیره تأمین صنایع غذایی متعهد به عرضه فرآورده‌های غذایی سالم، ایمنی و مغذی برای همگان است. وجود راهبردهای حمایتی از زنجیره تأمین لبنیات به دلیل اهمیت غذایی این محصولات، موردتوجه دولت‌ها ازجمله ایران بوده است (Fatemi Amin & Mortazaei, 2014). ضرورت مصرف محصولات لبنی بر

[1] Sustainable Development

سلامت انسان‌ها، عمر کوتاه محصولات تولیدی، ماهیت فسادپذیری محصول، محدودیت نگهداری و اهمیت نوع روش حمل-ونقل این نوع محصولات باعث شده است که در طراحی زنجیره تأمین محصولات لبنی، حالت حلقه بسته در نظر گرفته شود و محصولات از خرده‌فروشان، جمع‌آوری و مورد بازرسی و به مراکز بازیافت یا انهدام ارسال شوند(Sgarbossa & Russo, 2017).

اهداف اقتصادی در زنجیره تأمین پایدار شامل کاهش هزینه‌های زنجیره و افزایش سود و اهداف اجتماعی بیانگر جنبه‌هایی از فعالیت زنجیره تأمین است که بر مسائل انسانی مانند ایمنی، رفاه، سلامت و اشتغال اثرگذار است. مسائل زیست‌محیطی از قبیل اثر گازهای گلخانه‌ای، کاهش لایه اوزن، کمبود آب شیرین، بیابان‌زایی، کمبود خاک مرغوب، آلودگی هوا، باران‌های اسیدی، جنگل‌زدایی، نابودی تنوع زیستی، دفع زباله سمی است(Jafarnejad & Momeni, 2014). با افزایش ملاحظات زیست‌محیطی، مسئولیت اجتماعی در سالهای اخیر، زنجیره تأمین حلقه بسته در حوزه‌های پژوهشی و کسب‌وکار موردتوجه قرار گرفته است. با توجه به رویکرد توسعه پایدار می‌توان شاخص‌های پایداری را مشخص وهم زمان به کاهش هزینه‌های کل زنجیره تأمین و اثرات زیست‌محیطی و افزایش آثار اجتماعی آن به تعیین میزان جریان بهینه کالای ارسالی بین تسهیلات مختلف و نوع روش حمل‌ونقل پرداخت که در مقاله حاضر این مسئله مدل‌سازی می‌شود..

تاکنون تحقیقات مختلفی در مورد طراحی زنجیره تأمین در داخل و خارج کشور صورت گرفته است که اکثراً پژوهش‌ها به مطالعه دو پارادایم در طراحی زنجیره تأمین متمرکزشده‌اند. ذگردی و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی با عنوان " طراحی شبکه لجستیک معکوس خدمات پس از فروش"به ارائه مدل عدد صحیح مختلط دو هدفه برای طراحی شبکه زنجیره تأمین معکوس خدمات پس از فروش پرداخته‌اند. در این مدل هزینه‌های شبکه و تأخیر برگشت محصولات به مراکز جمع‌آوری حداقل گردیده‌اند .آن‌ها جایابی تسهیلات تعمیرات و تخصیص تجهیزات تعمیرات را مدل‌سازی و سپس مدل را با استفاده از روش اپسیلون محدودیت حل کرده‌اند. کابن[2] و همکاران(۲۰۱۲) در پژوهشی با عنوان " طراحی زنجیره تأمین پایدار تحت طرح انتشار تجارت" به توسعه یک مدل برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح دو هدفه پرداخته‌اند و در مدل خود به بررسی هم‌زمان عوامل اقتصادی از قبیل آماده‌سازی و تدارکات، هزینه خرید و هزینه‌های تولید و همچنین عوامل زیست‌محیطی همچون انتشار گاز کربن برای طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار در صنعت آلومینیم پرداخته‌اند. رزمی همکاران(۲۰۱۳)در پژوهشی با عنوان"طراحی مدل بهینه‌سازی دوهدفه برای شبکه زنجیره تأمین" یک مدل دوهدفه در شرایط عدم قطعیت ارائه داده‌اند که در آن به حداقل‌سازی هزینه‌های کل شبکه وحداکثرسازی پاسخ‌گویی پرداخته‌اند.آن‌ها به تعیین ظرفیت مراکز توزیع و میزان جریان ارسالی کالا بین مراکز و توزیع و مشتریان نیز پرداخته و در آن از رویکرد مبتنی بر سناریو استفاده کرده اند. پیشوایی و همکاران(۲۰۱۴) در مقاله‌ای با عنوان " طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار در شرایط عدم قطعیت" یک مدل سه هدفه برای طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار در صنعت تولید دارو ارائه داده‌اند که در مدل پیشنهادی به تعیین مکان و ظرفیت بهینه واحدهای تولید و تعیین میزان محصول ارسالی بهینه در هر یک از مراحل انتقال پرداخته‌اند و از الگوریتم تجزیه بندرز برای حل مدل خود استفاده کرده اند. آزاده و همکاران(۲۰۱۵) در پژوهشی با عنوان " مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی جهت بهینه‌سازی زنجیره تأمین گاز طبیعی با رویکرد کاهش گازهای گلخانه‌ای"به بررسی ،ارزیابی و بهینه‌سازی زنجیره تأمین گاز طبیعی پرداخته‌اند و به ارائه یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه با در نظر گرفتن اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی به تعیین جریان کالای ارسالی بین بخش‌های مختلف زنجیره پرداخته‌اند. مدل آن‌ها از مرحله استخراج گاز تا رسیدن به مشتریان خانگی و صنعتی را شامل شده است. امین ناصری(۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان " طراحی مدل جامع زنجیره تأمین چند دوره‌ای در صنعت نفت" به ارائه یک مدل برنامه‌ریزی مختلط صحیح چند دوره‌ای برای طراحی شبکه زنجیره تأمین نفت پرداخته‌اند مدل آن‌ها تک هدفه و قطعی بوده و فقط پیشینه‌سازی درآمد کل شبکه مورد بررسی قرارگرفته است. آن‌ها ایجاد تسهیلات و توسعه ظرفیت مسیرهای خطوط انتقال و تسهیلات را مدل‌سازی کرده اند.

[2] Chaabane

آلواوی[3] و همکاران(۲۰۱۸) در پژوهشی با عنوان " طراحی زنجیره تأمین پایدار در صنعت کشاورزی با رویکرد دومرحله‌ای تصمیم‌گیری چندهدفه" به ارائه یک مدل ترکیبی دومرحله‌ای زنجیره تأمین پایدار با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندهدفه پرداخته‌اند که در آن ارزیابی شاخص‌های پایداری با استفاده از روش فرآیند سلسه مراتبی صورت گرفته است سپس از نتایج آن‌ها در مرحله مدل‌سازی استفاده کرده اند با در نظر گرفتن عوامل اقتصادی و زیست‌محیطی به‌عنوان عوامل پایداری، مقدار مواد خام، محصول حمل شده از تأمین‌کننده و محصول تولیدشده در شبکه زنجیره تأمین را مدل‌سازی کرده و به کمینه‌سازی مقدار انتشار کربن و هزینه‌های کل پرداخته‌اند. صاحب جمع نیا و همکاران(۲۰۱۸) در پژوهشی با عنوان " طراحی شبکه زنجیره تأمین پایدار حلقه بسته در صنعت تایر" که با استفاده از برنامه‌ریزی اعداد صحیح مدل‌سازی کرده اند مدل آن‌ها سه هدفه بوده و در آن به بهینه‌سازی هزینه‌های کل و اثرات زیست‌محیطی تولید، فرایند و حمل‌ونقل پرداخته‌اند. سپس مدل را با استفاده از روش‌های فرا ابتکاری حل کرده اند. ریسات وآنسال (۲۰۱۹) در پژوهشی با عنوان "رویکرد بهینه‌سازی چندهدفه نوین برای زنجیره تأمین پایدار در صنعت بسته‌بندی" یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط ارائه و در آن به بهینه‌سازی هزینه کل و پایداری پرداخته و سپس با استفاده از روش اپسیلون محدودیت مدل را حل کرده‌اند.جهرمی و همکاران(۱۳۹۳) در پژوهشی با عنوان " مدل بهینه‌سازی چندهدفه استوار در طراحی زنجیره تأمین پایدار" به طراحی پایدار برای شبکه لجستیک چند محصولی تحت شرایط عدم قطعیت پرداخته‌اند مدل پیشنهادی به‌منظور دستیابی به شبکه پایدار شامل تابع چندهدفه سود با توجه به هزینه کل زنجیره تأمین و اثرات زیست‌محیطی بوده و به تعیین اینکه کدام‌یک از مراکز بالقوه تولید، توزیع،بازیافت احداث شوند و میزان محصول حمل شده میان تسهیلات پرداخته‌اند همچنین از رویکرد استوار برای مدل‌سازی عدم قطعیت استفاده کرده اند.

قاسمی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی " شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های پایداری در صنایع کشاورزی" با استفاده از روش فرآیند سلسله مراتبی به اولویت‌بندی شاخص‌های پایداری پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان داد که شاخص‌های بهره‌وری و تمرکز بازار، مصرف آب، مصرف انرژی، بازیافت زباله ، حجم استخدام و تعادل در استخدام دارای بالاترین میزان اهمیت در صنعت کشاورزی هستند. دهاقانی و همکاران(۱۳۹۶) در پژوهشی تحت عنوان "بررسی رابطه بین مدیریت زنجیره تأمین پایدار با عملکرد زیست‌محیطی و عملکرد مالی" با استفاده معادلات ساختاری به بررسی رابطه زنجیره تأمین پایدار با عملکرد زیست‌محیطی و عملکرد مالی در شرکت‌های تولیدکننده کودهای شیمیایی پرداخته‌اند. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که رابطه معناداری بین مؤلفه‌های زنجیره تأمین پایدار و عملکرد زیست‌محیطی وجود دارد همچنین بین مؤلفه‌های زنجیره تأمین پایدار و عملکرد مالی نیز ارتباط معناداری وجود دارد. باوردصاد و همکاران(۱۳۹۷) در پژوهشی با عنوان " ارائه مدل زنجیره تأمین پایدار در صنایع دریایی " به بررسی تأثیر فشار مشتری و نوآوری به‌صورت جداگانه بر زنجیره تأمین پرداخته‌اند تحلیل داده‌ها با استفاده از معادلات ساختاری صورت گرفته است ، نتایج پژوهش نشان داده است که فشار مشتری بر مدیریت زنجیره تأمین پایدار تأثیر مثبت و معنی‌داری و همچنین نوآوری بر مدیریت زنجیره تأمین پایدار تأثیر مثبت و معنی‌داری داشته است و درنهایت فشار مشتری و نوآوری عوامل کلیدی برای موفقیت زنجیره تأمین پایدار بوده است. با بررسی تحقیقاتی که مسئله طراحی زنجیره تأمین را مورد مطالعه قرار داده‌اند، مشاهده می‌شود که در زمینه پایداری زنجیره تأمین دو دسته تحقیقات وجود دارند. دسته اول تحقیقاتی که به بررسی روابط عوامل مؤثر بر زنجیره تأمین پایدار پرداخته‌اند که در برخی از آن‌ها ارزیابی شاخص‌های پایداری نیز صورت گرفته است. دسته دوم تحقیقاتی که به مدل‌سازی شبکه زنجیره تأمین و ارائه راه‌حل برای آن پرداخته‌اند.آنچه به نظر می‌رسد این‌که در بخش‌های زنجیره تأمین صنایع غذایی و طراحی شبکه حلقه بسته پایدار شکاف‌های تحقیقاتی قابل‌توجه است از آنجا که اهمیت شاخص‌های پایداری در صنایع مختلف متفاوت است استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری برای انتخاب این شاخص‌ها مهم می‌باشد و تحقیقات کمی در این زمینه وجود دارد. همچنین با توجه به تعداد مقالات حلقه بسته پایدار که در آن از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شده است این موضوع یک مسئله جدید در صنعت مذکوراست. اکثر محققین سعی کرده اند هزینه کلی را کمینه کنند. درحالی‌که عدم توجه به مسائل زیست‌محیطی و

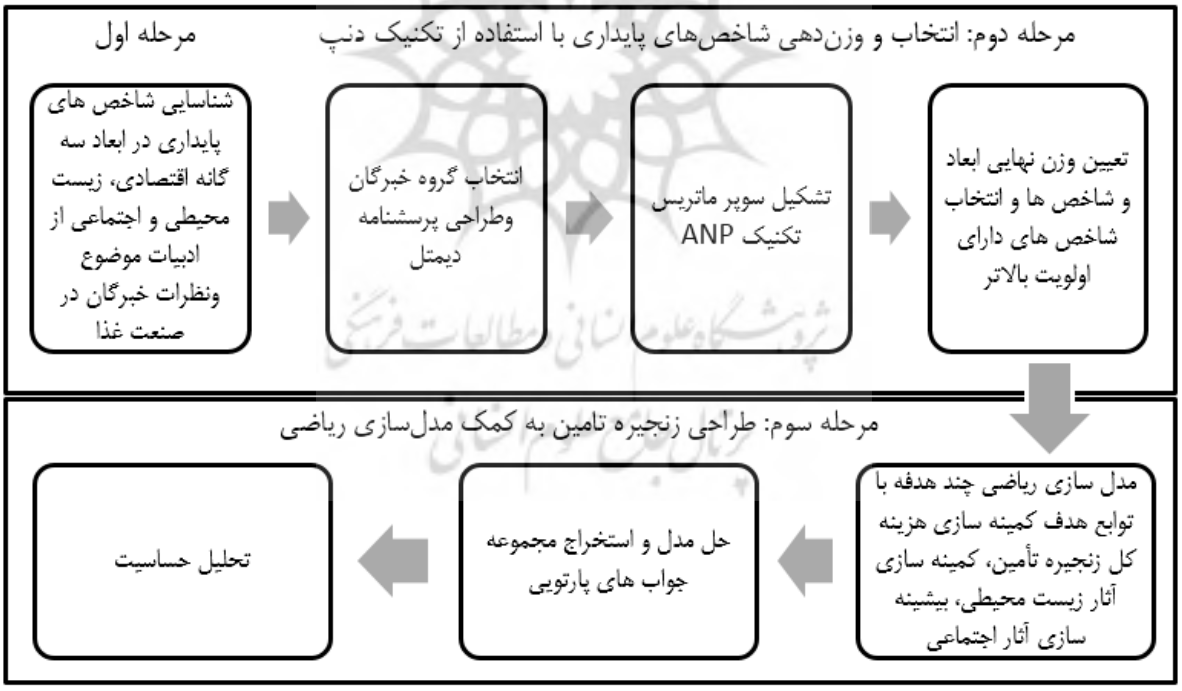
[3] Allaoui

انسان‌ها، خسارات جبران‌ناپذیری را ایجاد می‌کند و اهداف دیگر از قبیل اثرات زیست‌محیطی و مسئولیت اجتماعی و آثار و تبعات اجتماعی در کنار تابع هزینه می‌تواند نتایج ارزشمندی را به دست آورد.

پژوهش حاضر به بهینه‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته با استفاده از تکنیک دنپ[4] با رویکرد پایداری می‌پردازد که در آن میزان جریان ارسالی بهینه کالا توسط تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، مراکز بازیافت و دفع همچنین انتخاب روش مناسب حمل‌ونقل کالا در مسیر شبکه زنجیره تأمین تعیین می‌شود.

۲-روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی و ازنظر ماهیت روش از نوع پیمایشی است. هم‌چنین از جهت روش گردآوری اطلاعات از نوع میدانی است. در پژوهش حاضر همان‌گونه که در شکل یک نشان داده شده است در مرحله اول شاخص‌های پایداری در ابعاد سه‌گانه پایداری از مرور ادبیات موضوع و نظرات خبرگان شناسایی می‌گردد، در مرحله دوم از تکنیک دنپ استفاده می‌شود که ابتدا شاخص‌های پایداری توسط تکنیک دیمتل مورد تحلیل قرارمی‌گیرند و اثرپذیری و اثرگذاری هر یک از آن‌ها هم‌چنین ارتباطات درونی و بیرونی آن‌ها مشخص و سپس با روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای به‌منظور تعیین اوزان ابعاد شاخص‌های هریک، ترکیب می‌گردد . شاخص‌های پایداری با وزن‌های نهایی مشخص‌شده توسط تکنیک دنپ که دارای اولویت بالاتری هستند در مرحله سوم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مرحله سوم، یک مدل ریاضی سه هدفه به منظور بهینه‌سازی هزینه‌های کل زنجیره تأمین، اثرات زیست‌محیطی و آثار اجتماعی ارائه و حل می‌شود.



شکل شماره (۱): مراحل انجام پژوهش

الف) شناسایی شاخص‌های پایداری در ابعاد سه‌گانه

هر یک از ابعاد سه‌گانه پایداری را با شاخص‌های متنوعی می‌توان اندازه‌گیری و ارزیابی نمود. این شاخص‌ها در جدول یک آورده شده است ازآنجایی‌که اهمیت این شاخص‌ها در صنایع مختلف، متفاوت می‌باشد لذا برای هر صنعت این شاخص‌ها منحصربه‌فرد

[4] Dematel-Analysis network process

بوده که از روش‌هایی نظیر بررسی ادبیات موضوع و یا استفاده از نظرات خبرگان قابل‌شناسایی می‌باشند. در این مرحله به‌منظور شناسایی شاخص‌های مورد استفاده در صنایع غذایی ابتدا بامطالعه ادبیات موضوع، شاخص‌های پایداری به تفکیک هر یک از ابعاد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی استخراج شده‌اند. در ادامه ضمن مصاحبه حضوری، این شاخص‌ها در اختیار گروه خبرگان صنایع غذایی قرار گرفته تا شاخص‌های قابل کاربرد در این صنعت مشخص شود. به این منظور هر یک از اعضای گروه موافقت یا عدم موافقت خود را برای انتخاب هریک از شاخص‌های مستخرج از ادبیات موضوع اعلام کرده و شاخص‌های دارای بیشترین توافق انتخاب شده‌اند.

ب) انتخاب و وزن دهی شاخص‌های پایداری با استفاده از تکنیک دنپ

شاخص‌های انتخاب‌شده در مرحله قبل در زیرگروه‌های صنایع غذایی با توجه شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن صنعت متفاوت می‌باشد و از طرفی این شاخص‌ها مستقل از یکدیگر نیستند و باید ارتباطات آن‌ها در نظر گرفته شود از تکنیک دنپ که یک رویکرد ترکیبی روش دیمتل و فرآیند تحلیل شبکه‌ای است و هم‌زمان ارتباطات درونی و بیرونی شاخص‌ها را در نظر می‌گیرد، استفاده شده است. ابتدا پرسشنامه دیمتل طراحی شد که مطابق این روش ساختار روابط بین شاخص‌ها را استخراج نموده و میزان اثرگذاری و اثرپذیری عوامل تعیین می‌شود.سپس به کمک روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای، وزن نهایی ابعاد شاخص‌های پایداری مشخص شده‌اند و در پایان شاخص‌های دارای اولویت بالاتر انتخاب شده و در مرحله سوم مورد استفاده قرار می‌گیرند

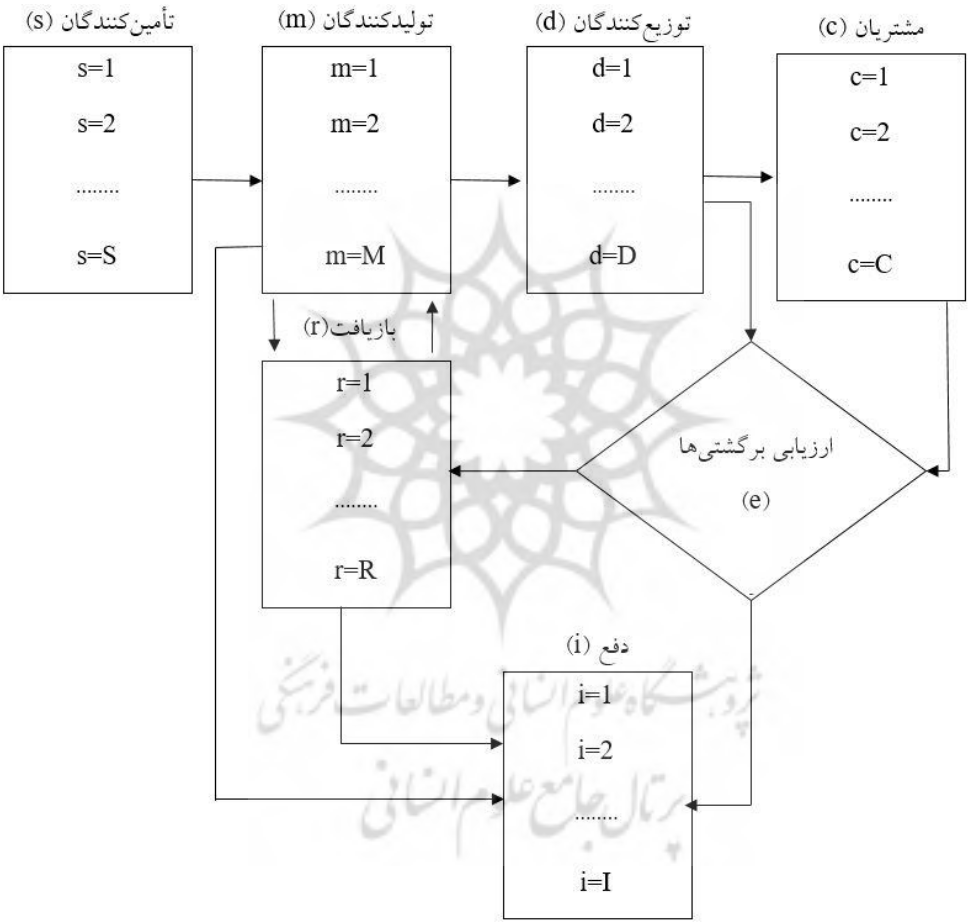
نویسنده و سال / شاخص	B.Mota (2015)	Ahmed Saifa (2016)	Sgarboosa (2017)	S.U.K Rohmer (2018)	Nurlan (2018)	Sahebjamnia (2018)	H allui (2018)	H Giray Restat (2019)	Talei Zadeh (2019)	Shamraiz Ahmad (2019)
اقتصادی										
هزینه کل	✓		✓	✓		✓			✓	✓
قیمت محصول							✓	✓		
کیفیت محصول							✓	✓		
بهره وری							✓			
ظرفیت تکنولوژی								✓		
زیست محیطی										
مصرف محاکک				✓			✓			
قابلیت بازیافت						✓	✓	✓		
قابلیت استفاده مجدد							✓			
تولید پسماند							✓		✓	✓
آلودگی آب							✓			
حجم مواد آلاینده							✓			
مواد سمی							✓			
انتشار گازهای آلاینده و تغییرات اقلیمی	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
مصرف آب				✓						✓
مصرف انرژی			✓		✓				✓	✓
اجتماعی										
رضایت کارکنان							✓			✓
آموزش ایمنی							✓			
ایمنی کار							✓			
سلامت جامعه								✓		✓
حقوق و فعالیتهای حمایتی کارکنان					✓			✓		✓
فرصت شغلی ایجاد شده	✓		✓			✓	✓		✓	
عدالت اجتماعی							✓			

جدول شماره (۱): شاخص‌های پایداری در ابعاد سه‌گانه

ج) طراحی زنجیره تأمین به کمک مدل‌سازی ریاضی

مطالعه حاضر به طراحی ساختار شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته چند سطحی شامل تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، مشتریان، واحدهای بازیافت و دفع در صنایع غذایی پرداخته است. شکل ۲ جریان مستقیم و معکوس موجود در زنجیره را نشان

داده است. این ساختار، حاصل پژوهش‌های پیشین صورت گرفته در مورد ساختار زنجیره تأمین در صنایع غذایی و صنایع لبنی می‌باشد.تأمین‌کنندگان، مواد اولیه را به تولیدکنندگان ارسال و تولیدکنندگان،کالای تولیدشده را به توزیع‌کنندگان ارسال می‌کنند تا از طریق آن‌ها به مشتریان برسد. مراکز ارزیابی برگشتی‌ها، با انجام تست‌های کنترل کیفی بر روی برگشتی‌هایی که از سوی مشتریان یا توزیع‌کنندگان دریافت می‌کند آن‌ها را به مراکز بازیافت یا دفع منتقل می‌کنند. محصول برگشتی در مراکز بازیافت در صورت قابل بازیافت بودن به جریان تولید بازگشته و در غیر این صورت به مراکز دفع ارسال می‌شود. در فرآیند تولید نیز با توجه به نتایج حاصل از تست‌های کنترل کیفی امکان ارسال محصول در جریان ساخت یا نهایی به هریک از مراکز بازیافت یا دفع وجود دارد.



شکل شماره (۲): ساختار زنجیره تأمین حلقه بسته در صنعت غذا

(Taleizadeh, Haghighi, & Niaki, 2019)(Sgarbossa & Russo, 2017)

مفروضات تحقیق به شرح ذیل است:

۱. مسئله دارای یک شبکه حلقه بسته است که جریان‌های مستقیم و معکوس را در نظر می‌گیرد.

۲. تقاضای مشتریان ثابت در نظر گرفته شده است.

۳. هر یک از تأمین‌کنندگان می‌توانند تقاضای بیش از یک تولیدکننده را برآورده کنند.

۴. تقاضای هر یک از مشتریان می‌تواند توسط بیش از یک مرکز توزیع تأمین شود.

۵. مدل چند محصولی در نظر گرفته شده است.

۶. ظرفیت هر یک از تسهیلات محدود است.
۷. در جریان شبکه، امکان ارسال بین سطوح متوالی زنجیره تأمین امکان دارد.
۸. در هر سطح، بین تسهیلات، جریان کالا وجود ندارد (بین مراکز بازیافت مختلف یا مراکز توزیع مختلف)
۹. گزینه‌های حمل‌ونقل برای تسهیلات در لایه‌های مختلف یکسان هستند.
۱۰. مکان‌های بالقوه برای تسهیلات در هر سطح معلوم در نظر گرفته شده است.
۱۱.کمبود مجاز نیست.
۱۲. تنها یک مرکز ارزیابی برگشتی‌ها وجود دارد و برگشت محصول فقط از سوی مشتریان و مراکز توزیع صورت می‌گیرد.
۱۳. مدل برای یک دوره زمانی در نظر گرفته شده است.
۱۴. جریان کالا از مراکز بازیافت فقط به‌سوی مراکز تولید و دفع در نظر گرفته‌شده است.
۱۵. انتخاب نوع وسیله حمل‌ونقل مستقل از نوع محصول می‌باشد.

مجموعه‌های مدل ریاضی نیز به دین ترتیب تبین می گردد:

s مجموعه تأمین‌کنندگان	(s=1,2,…..S)
m مجموعه تولیدکنندگان	(m=1,2,…..M)
d مجموعه مراکز توزیع	(d=1,2,….D)
c مجموعه مشتریان	(c=1,2,….C)
r مجموعه مراکز بازیافت	(r=1,2,….R)
i مجموعه مراکز دفع	(i=1,2,…I)
v مجموعه وسایل حمل‌ونقل	(v=1,2,3)
a مجموعه مواد خام	(a=1,2,….A)
b مجموعه محصولات	(b=1,2,….B)
e مراکز ارزیابی	e=1
f و ´f تسهیلات زنجیره تأمین	f,f´=s,m,d,c,r,i

در زیر، پارامترهای مدل ریاضی مشخص گردیده است:

$disf_{f,f'}$ مسافت بین تسهیلات f, f'

C^{SM}_{Smav} هزینه حمل‌ونقل واحد ماده اولیه نوع a از s به m با روش v در واحد زمان

C^{MD}_{mdbv} هزینه حمل‌ونقل واحد محصول نوع b از m به d با روش v در واحد زمان

C^{DC}_{dcbv} هزینه حمل‌ونقل واحد محصول نوع b از d به c با روش v در واحد زمان

C^{CE}_{cebv} هزینه حمل‌ونقل واحد محصول نوع b از c به e با روش v در واحد زمان

C^{RI}_{ribv} هزینه حمل‌ونقل واحد محصول نوع b از r به i با روش v در واحد زمان

C^{RM}_{rmbv} هزینه حمل‌ونقل واحد محصول نوع b از r به m با روش v در واحد زمان

C^{MR}_{mrbv} هزینه حمل‌ونقل واحد محصول نوع b از m به r با روش v در واحد زمان

C^{MI}_{mibv} هزینه حمل‌ونقل واحد محصول نوع b از m به i با روش v در واحد زمان

C^{DE}_{debv} هزینه حمل‌ونقل واحد محصول نوع b از d به e با روش v در واحد زمان

C^{EI}_{eibv} هزینه حمل‌ونقل واحد محصول نوع b از e به I با روش v در واحد زمان

C^{ER}_{erbv} هزینه حمل‌ونقل واحد محصول نوع b از e به r با روش v در واحد زمان

fc_c^M هزینه ثابت راه‌اندازی تولیدکننده m

fc_d^D هزینه ثابت راه‌اندازی توزیع‌کننده d

fc_r^R هزینه ثابت راه‌اندازی واحد بازیافت r

fc_i^I هزینه ثابت راه‌اندازی واحد دفع i

VC_{mb}^M هزینه تغییر تولید واحد محصول نوع b

VC_{db}^D هزینه متغیر توزیع واحد محصول نوعb

VC_{rb}^R هزینه متغیر بازیافت واحد محصول نوع b

et^vاثر زیست‌محیطی روش حمل‌ونقل v به ازای هر واحد مسافت برای واحد محصول

ep_{mb}^{MB} اثرات زیست‌محیطی تولید واحد محصول نوعb

ep_{rb}^{RB} اثرات زیست‌محیطی بازیافت واحد محصول نوعb

ep_{ib}^{IB} اثرات زیست‌محیطی دفع واحد محصول نوعb

emp_{sm}تعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده برای ارسال محصول از s به m

emp_{md}تعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده برای ارسال محصول از m به d

emp_{cr}تعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده برای ارسال محصول از c به e

emp_{rm}تعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده برای ارسال محصول از r به m

emp_{de}تعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده برای ارسال محصول از d به e

emp_{ei}تعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده برای ارسال محصول از e به i

emp_{er}تعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده برای ارسال محصول از e به r

emp_mتعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده در صورت باز بودن واحد تولید m

emp_dتعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده در صورت باز بودن واحد توزیعd

emp_rتعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده در صورت باز بودن واحد بازیافت r

emp_iتعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده در صورت باز بودن واحد دفع i

emp_sتعداد فرصت‌های شغلی ایجادشده در صورت باز بودن واحد تأمین‌کننده s

Ca_v^Vظرفیت وسیله حمل‌ونقل v

Ca_{fb}ظرفیت تسهیل fبرای محصول نوع b

dem_{cb}تقاضای مشتری از محصول نوع b

متغیرهای تصمیم مدل ریاضی به این شرح است:

Y_m^M اگر تولیدکننده m باز باشد ۱ در غیر این صورت 0 است

Y_d^D اگر مرکز توزیع d باز باشد ۱ در غیر این صورت 0 است

Y_r^R اگر مرکز بازیافت r باز باشد ۱ در غیر این صورت 0 است

Y_i^I اگر مرکز دفع i باز باشد ۱ در غیر این صورت 0 است

x_{mb} مقدار محصول تولیدشده نوع b در واحد تولید m

x_{smav}^{SM} مقدار ماده اولیه نوع a ارسال‌شده از تأمین‌کننده s به تولیدکننده m با روش حمل‌ونقل v در واحد زمان

x_{mdbv}^{MD} مقدار محصول نوع b ارسال‌شده از تولیدکننده m به توزیع‌کننده d با روش حمل‌ونقل v در واحد زمان

x^{DC}_{dcbv} مقدار محصول نوع b ارسال‌شده از توزیع‌کننده d به مشتری c با روش حمل‌ونقل v در واحد زمان

x^{IR}_{ribv} مقدار محصول نوع b ارسال‌شده از واحد بازیافت r به مرکز دفع i با روش حمل‌ونقل v در واحد زمان

x^{DE}_{debv} مقدار محصول نوع b ارسال‌شده از مرکز توزیع d به مرکز ارزیابی e با روش حمل‌ونقل v در واحد زمان

x^{EI}_{eibv} مقدار محصول نوع b ارسال‌شده از مرکز ارزیابی e به مرکز دفع i با روش حمل‌ونقل v در واحد زمان

x^{MR}_{mrbv} مقدار محصول نوع b ارسال‌شده از تولیدکننده m به واحد بازیافت r با روش حمل‌ونقل v در واحد زمان

x^{RM}_{rmbv} مقدار محصول نوع b ارسال‌شده از واحد بازیافت r به تولیدکننده m با روش حمل‌ونقل v در واحد زمان

x^{CE}_{cebv} مقدار محصول نوع b ارسال‌شده از مشتری به مرکز ارزیابی e با روش حمل‌ونقل v در واحد زمان

x^{ER}_{erbv} مقدار محصول نوع b ارسال‌شده از واحد ارزیابی e به مرکز بازیافت r با روش حمل‌ونقل v در واحد زمان

x^{MI}_{mibv} مقدار محصول نوع b ارسال‌شده از تولیدکننده m به مرکز دفع i با روش حمل‌ونقل v در واحد طول زمان

Y^{SM}_{smv} اگر از s به m روش حمل‌ونقل v استفاده شود ۱ در غیر این صورت صفر است.

Y^{MD}_{mdv} اگر از m به d روش حمل‌ونقل v استفاده شود ۱ در غیر این صورت صفر است.

Y^{CE}_{cev} اگر از c به e روش حمل‌ونقل v استفاده شود ۱ در غیر این صورت صفر است.

Y^{RI}_{riv} اگر از r به i روش حمل‌ونقل v استفاده شود ۱ در غیر این صورت صفر است.

Y^{RM}_{rmv} اگر از r به m روش حمل‌ونقل v استفاده شود ۱ در غیر این صورت صفر است.

Y^{ER}_{erv} اگر از e به r روش حمل‌ونقل v استفاده شود ۱ در غیر این صورت صفر است.

Y^{DE}_{dev} اگر از d به e روش حمل‌ونقل v استفاده شود ۱ در غیر این صورت صفر است.

Y^{MI}_{miv} اگر از m به i روش حمل‌ونقل v استفاده شود ۱ در غیر این صورت صفر است.

Y^{EI}_{eiv} اگر از e به i روش حمل‌ونقل v استفاده شود ۱ در غیر این صورت صفر است.

Y^{DC}_{dcv} اگر از d به c روش حمل‌ونقل v استفاده شود ۱ در غیر این صورت صفر است.

تابع هدف اقتصادی در روابط زیر مشخص می گردد:

رابطه(۱)

$$Min\ \ Z_1 \cong Pc\ .\ Tc \qquad\qquad Pc \cong Fc\ .\ Vc$$

رابطه(۲)

$$Fc \cong \prod_{m\cong 1}^{M} fc_m^M Y_m^M \ .\ \prod_{d\cong 1}^{D} fc_d^D Y_d^D \ .\ \prod_{r\cong 1}^{R} fc_r^R Y_r^R \ .\ \prod_{i\cong 1}^{I} fc_i^I Y_i^I$$

رابطه (۳)

$$VC \cong \prod_{m}\prod_{d}\prod_{b}\prod_{v} VC^{M}_{mb}.X^{MD}_{mdbv} \ .\ \prod_{d}\prod_{c}\prod_{b}\prod_{v} VC^{D}_{db}.X^{DC}_{dcbv} \ .$$
$$\prod_{d}\prod_{b}\prod_{v} VC^{D}_{db}.x^{DE}_{debv} \ .\ \prod_{r}\prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} VC^{R}_{rb}\ x^{RI}_{ribv} \ .\ \prod_{m}\prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} VC^{M}_{mb}\ x^{MI}_{mibv} \ .$$
$$\prod_{r}\prod_{m}\prod_{b}\prod_{v} VC^{R}_{rb}\ x^{RM}_{rmbv} \ .\ \prod_{m}\prod_{r}\prod_{b}\prod_{v} VC^{M}_{mb}\ x^{MR}_{mrbv} \ .\ \prod_{r}\prod_{b}\prod_{v} VC^{E}_{eb}.x^{ER}_{erbv} \ .$$
$$\prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} VC^{E}_{eb}.x^{EI}_{eibv}$$

رابطه (۴)

$$TC \cong \prod_{s}\prod_{m}\prod_{a}\prod_{v} dis_{sm}.c_{smav}\ x^{SM}_{smav}\ Y^{SM}_{smv} \ .\ \prod_{m}\prod_{d}\prod_{b}\prod_{v} dis_{md}\ .c_{mdbv}\ .x^{MD}_{mdbv}\ .Y^{MD}_{mdv}$$
$$.\ \prod_{d}\prod_{c}\prod_{b}\prod_{v} dis_{dc}\ .c_{dcbv}\ .x^{DC}_{dcbv}\ .Y^{DC}_{dcv} \ .\ \prod_{c}\prod_{b}\prod_{v} dis_{ce}.c_{cev}\ .x^{CE}_{cebv}\ .Y^{CE}_{cev}$$
$$.\ \prod_{r}\prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} dis_{ri}.c_{ribv}\ .x^{RI}_{ribv}\ .Y^{RI}_{riv} \ .\ \prod_{d}\prod_{b}\prod_{v} dis_{de}.c_{dev}\ .x^{DE}_{debv}\ .Y^{DE}_{dev}$$

$$\cdot \prod_{m}\prod_{r}\prod_{b}\prod_{v} dis_{mr} \cdot c_{mrbv} \cdot x_{mrbv}^{MR} \cdot Y_{mrv}^{MR}$$

$$\cdot \prod_{r}\prod_{m}\prod_{b}\prod_{v} dis_{rm} \cdot c_{rmbv} \cdot x_{rmbv}^{RM} \cdot Y_{rmv}^{RM}$$

$$\cdot \prod_{r}\prod_{b}\prod_{v} dis_{er} \cdot c_{erbv} \cdot x_{erbv}^{ER} \cdot Y_{erv}^{ER}$$

$$\cdot \prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} dis_{ei} \cdot c_{eibv} \cdot x_{eibv}^{EI} \cdot Y_{eiv}^{EI}$$

$$\cdot \prod_{m}\prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} dis_{mi} \cdot c_{mibv} \cdot x_{mibv}^{MI} \cdot Y_{miv}^{MI}$$

تابع هدف زیست‌محیطی به این ترتیب است:

رابطه (۵)
$$Min\ Z_2 \cong Min\ (EP\ .\ ET)$$

رابطه (۶)
$$EP \cong \prod_{m}\prod_{b} x_{mb}^{MB} \cdot ep_{mb}^{MB} \cdot \prod_{r}\prod_{m}\prod_{b}\prod_{v} x_{rmbv}^{RM} \cdot ep_{rb}^{RB}$$
$$\cdot \prod_{r}\prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} x_{ribv}^{RI} \cdot ep_{rb}^{RB} \cdot \prod_{r}\prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} x_{ribv}^{RI} \cdot ep_{ib}^{IB}$$
$$\cdot \prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} x_{eibv}^{EI} \cdot ep_{ib}^{IB} \cdot \prod_{m}\prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} x_{mib}^{MI} \cdot ep_{ib}^{IB}$$

رابطه (۷)
$$ET \cong \prod_{s}\prod_{m}\prod_{a}\prod_{v} dis_{sm} \cdot x_{smav}^{SM} \cdot et^{v} \cdot Y_{smv}^{SM} \cdot \prod_{m}\prod_{d}\prod_{b}\prod_{v} dis_{md} \cdot x_{mdbv}^{MD} \cdot et^{v} \cdot Y_{mdv}^{MD}$$
$$\cdot \prod_{d}\prod_{c}\prod_{b}\prod_{v} dis_{dc} \cdot x_{dcbv}^{DC} \cdot et^{v} \cdot Y_{dcv}^{DC} \cdot \prod_{c}\prod_{b}\prod_{v} dis_{ce} \cdot x_{cebv}^{CE} \cdot et^{v} \cdot Y_{cev}^{CE}$$
$$\cdot \prod_{r}\prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} dis_{ri} \cdot x_{ribv}^{RI} \cdot et^{v} \cdot Y_{riv}^{RI} \cdot \prod_{r}\prod_{m}\prod_{b}\prod_{v} dis_{rm} \cdot x_{rmbv}^{RM} \cdot et^{v} \cdot Y_{rmv}^{RM}$$
$$\cdot \prod_{d}\prod_{b}\prod_{v} dis_{de} \cdot x_{debv}^{DE} \cdot et^{v} \cdot Y_{dev}^{DE} \cdot \prod_{m}\prod_{r}\prod_{b}\prod_{v} dis_{mr} \cdot x_{mrbv}^{MR} \cdot et^{v} \cdot Y_{mrv}^{MR}$$
$$\cdot \prod_{r}\prod_{b}\prod_{v} dis_{re} \cdot x_{rebv}^{RE} \cdot et^{v} \cdot Y_{rev}^{RE} \cdot \prod_{m}\prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} dis_{mi} \cdot x_{mibv}^{MI} \cdot et^{v} \cdot Y_{miv}^{MI}$$
$$\cdot \prod_{i}\prod_{b}\prod_{v} dis_{ei} \cdot x_{eibv}^{EI} \cdot et^{v} \cdot Y_{eiv}^{EI}$$

تابع هدف اجتماعی در روابط زیر تبین گردیده است:

رابطه (۸)
$$Min\ Z_3 \cong \prod_{s}\prod_{m} emp_{sm}\ x_{smav}^{SM}\ Y_{smv}^{SM} \cdot \prod_{m}\prod_{d} emp_{md}\ x_{mdbv}^{MD}\ Y_{mdv}^{MD} \cdot$$
$$\prod_{d}\prod_{c} emp_{dc}\ x_{dcbv}^{DC}\ Y_{dcv}^{DC} \cdot \prod_{c} emp_{ce} \cdot x_{cebv}^{CE}\ Y_{cev}^{CE} \cdot \prod_{r}\prod_{m} emp_{rm}\ x_{rmbv}^{RM}\ Y_{rmv}^{RM}$$
$$\cdot \prod_{r}\prod_{i} emp_{ri}\ x_{ribv}^{RI}\ Y_{riv}^{RI} \cdot \prod_{d} emp_{de} \cdot x_{debv}^{DE}\ Y_{dev}^{DE} \cdot \prod_{i} emp_{ei} \cdot x_{eibv}^{EI}\ Y_{eibv}^{EI}$$
$$\cdot \prod_{m}\prod_{r} emp_{mr}\ x_{mrbv}^{MR}\ Y_{mrv}^{MR} \cdot \prod_{m}\prod_{i} emp_{mi}\ x_{mibv}^{MI}\ Y_{miv}^{MI} \cdot \prod_{r} emp_{er} \cdot x_{erbv}^{ER}\ Y_{erv}^{ER}$$
$$\cdot \prod_{m} emp_{m} \cdot Y_{m}^{M} \cdot \prod_{d} emp_{d} \cdot Y_{d}^{D} \cdot \prod_{r} emp_{r} \cdot Y_{r}^{R} \cdot \prod_{i} emp_{i} \cdot Y_{i}^{I}$$

محدودیت‌ها به شرح زیر مشخص می شوند:

الف) محدودیت بالانس تسهیلات زنجیره تأمین

رابطه (۹) $$x_{mb} \cong \Big|_{d}\Big|_{v} x^{MD}_{mdbv} \;.\; \Big|_{r}\Big|_{v} x^{MR}_{mrbv} \qquad \%m,b$$

رابطه (۱۰) $$\Big|_{m}\Big|_{v} x^{MD}_{mdbv} \cong \Big|_{c} x^{DC}_{dcb} \;.\; x^{DE}_{deb} \qquad \%d,b$$

رابطه (۱۱) $$\Big|_{d}\Big|_{v} x^{DC}_{dcbv} \cong \Big|_{v} x^{CE}_{cebv} \;.\; dem_{cb} \qquad \%c,b$$

رابطه (۱۲) $$\Big|_{d}\Big|_{v} x^{DE}_{debv} \;.\; \Big|_{c}\Big|_{v} x^{CE}_{cebv} \cong \Big|_{r}\Big|_{v} x^{ER}_{erbv} \;.\; \Big|_{i}\Big|_{v} x^{EI}_{eibv} \qquad \%b$$

رابطه (۱۳) $$\Big|_{v} x^{EI}_{eibv} \;.\; \Big|_{m}\Big|_{v} x^{MI}_{mibv} \;.\; \Big|_{r}\Big|_{v} x^{RI}_{ribv} \cong Capib \qquad \%i,b$$

رابطه (۱۴) $$\Big|_{v} x^{ER}_{erbv} \;.\; \Big|_{m}\Big|_{v} x^{MR}_{mrbv} \cong \Big|_{i}\Big|_{v} x^{RI}_{ribv} \;.\; \Big|_{m}\Big|_{v} x^{RM}_{rmbv} \qquad \%r,b$$

ب) محدودیت ظرفیت تسهیلات زنجیره تأمین

رابطه (۱۵) $$\Big|_{m}\Big|_{v} x^{SM}_{smav} \infty Ca_{sa}.Y^{S}_{s} \qquad \%\ s,a$$

رابطه (۱۶) $$\Big|_{d}\Big|_{v} x^{MD}_{mdbv} \infty Ca_{mb}.Y^{M}_{m} \qquad \%m,b$$

رابطه (۱۷) $$\Big|_{c}\Big|_{v} x^{DC}_{dcbv} \;.\; \Big| x^{DE}_{debv} \infty Ca_{db}.Y^{D}_{d} \qquad \%d,b$$

رابطه (۱۸) $$\Big|_{m}\Big|_{v} x^{RM}_{rmbv} \;.\; \Big|_{i}\Big|_{v} x^{RI}_{ribv} \infty Ca_{rb}Y^{R}_{r} \qquad \%r,b$$

رابطه (۱۹) $$\Big|_{r}\Big|_{v} x^{RI}_{ribv} \;.\; \Big|_{r} x^{EI}_{eibv} \;.\; \Big|_{m}\Big|_{v} x^{MI}_{mibv} \infty Ca_{ib}.Y^{I}_{i} \%i,b$$

ج)محدودیت ظرفیت حمل‌ونقل وسیله **V**

رابطه (۲۰) $$\Big|_{a} x^{SM}_{smav} \infty Ca^{V}_{v} Y^{SM}_{smv} \qquad \%s,m,v$$

رابطه (۲۱) $$\Big|_{b} x^{MD}_{mdbv} \infty Ca^{V}_{v} Y^{MD}_{mdv} \qquad \%m,d,v$$

رابطه (۲۲) $$\Big|_{b} x^{DC}_{dcbv} \infty Ca^{V}_{v} Y^{DC}_{dcv} \qquad \%d,c,v$$

رابطه (۲۳) $$\Big|_{b} x^{CE}_{cebv} \infty Ca^{V}_{v} Y^{CE}_{cev} \qquad \%c,v$$

رابطه (۲۴) $$\Big|_{b} x^{MR}_{mrbv} \infty Ca^{V}_{v} Y^{MR}_{mrv} \qquad \%m,r,v$$

رابطه (۲۵) $$\Big|_{b} x^{RM}_{rmbv} \infty Ca^{V}_{v} Y^{RM}_{rmv} \qquad \%r,m,v$$

رابطه (۲۶) $$\Big|_{b} x^{RI}_{ribv} \infty Ca^{V}_{v} Y^{RI}_{riv} \qquad \%r,i,v$$

رابطه (۲۷) $$\Big|_{b} x^{ER}_{erbv} \infty Ca^{V}_{v} Y^{ER}_{erv} \qquad \%r,v$$

رابطه (۲۸) $$\Big|_{b} x^{MI}_{mibv} \infty Ca^{V}_{v} Y^{MI}_{miv} \qquad \%m,v$$

رابطه (۲۹) $$\Big|_{b} x^{EI}_{eibv} \infty Ca^{V}_{v} Y^{EI}_{eiv} \qquad \%i,v$$

رابطه (۳۰) $$\Big|_{b} x^{DEBV}_{debv} \infty Ca^{V}_{v} Y^{DE}_{dev} \qquad \%d,v$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

د) محدودیت متغیرهای تصمیم:

رابطه (۳۱)

$$x^{SM}_{smav}, x^{MD}_{mdbv}, x^{DC}_{dcbv}, x^{RI}_{ribv}, x^{RM}_{rmbv}, x^{DE}_{debv}, x^{MR}_{mrbv}, x^{EI}_{eibv}$$

$$, x^{CE}_{cebv}, x^{ER}_{erbv}, x^{MI}_{mibv} \propto 0$$

$$x^{DE}_{debv}, x^{MR}_{mrbv}, x^{CE}_{cebv}, x^{MI}_{mibv}, x^{RI}_{ribv}, x^{ER}_{erbv}, x^{EI}_{erbv}, x^{EI}_{eibv}, x^{RM}_{rmbv} \propto 0$$

$$\%s, m, d, r, i, a, b, v$$

رابطه (۳۲)

$$Y^{M}_{m}, Y^{D}_{d}, Y^{R}_{r}, Y^{I}_{i} \angle \sim 0,1 \qquad \%m, d, r, i$$

رابطه (۳۳)

$$Y^{SM}_{smv}, Y^{MD}_{mdv}, Y^{DC}_{dcv}, Y^{CE}_{cev}, Y^{RD}_{rdv}, Y^{RM}_{rmv}, Y^{DE}_{dev}, Y^{MI}_{miv}, Y^{ER}_{erv}, Y^{MR}_{mrv}, Y^{EI}_{eiv} \angle \sim 0,1$$

رابطه (۳۴)

$$\Big|_{v} Y^{SM}_{smv} \propto 1 \qquad \%s, m \qquad \Big|_{v} Y^{MD}_{mbv} \propto 1 \qquad \%m, d$$

$$\Big|_{v} Y^{DC}_{dcv} \propto 1 \qquad \%d, c \qquad \Big|_{v} Y^{CE}_{cev} \propto 1 \qquad \%c$$

$$\Big|_{v} Y^{RM}_{rmv} \propto 1 \qquad \%r, m \qquad \Big|_{v} Y^{DE}_{dev} \propto 1 \qquad \%d$$

$$\Big|_{v} Y^{MI}_{miv} \propto 1 \qquad \%m, i \qquad \Big|_{v} Y^{RE}_{rev} \propto 1 \qquad \%r$$

$$\Big|_{v} Y^{MR}_{mrv} \propto 1 \qquad \%m, r \qquad \Big|_{v} Y^{EI}_{eiv} \propto 1 \qquad \%i$$

$$\Big|_{v} Y^{RI}_{riv} \propto 1 \qquad \%r, i$$

رابطه (۱) معرف تابع هدف اقتصادی است که هزینه کل را در طول زنجیره تأمین مینیمم می‌کند و شامل رابطه (۲)، (۳)، (۴) هزینه ثابت تسهیلات، هزینه متغیر تسهیلات هزینه‌های حمل‌ونقل می‌باشد. رابطه(۵) تابع هدف زیست‌محیطی است که شامل رابطه (۶)،(۷) و به دنبال کاهش اثرات زیست‌محیطی روش‌های حمل‌ونقل و اثرات زیست‌محیطی فرآیند تولید، بازیافت و دفع می‌باشد.رابطه (۸) تابع هدف اجتماعی است که به دنبال افزایش آثار اجتماعی شامل فرصت‌های شغلی ایجادشده در هریک از تسهیلات و نیز حمل‌ونقل بین تسهیلات است.محدودیت‌های ۹ تا ۱۴بالانس میان تسهیلات زنجیره تأمین را نشان می‌دهد به این معنی که به ازای هر تسهیل میزان کل ورودی آن با میزان کل خروجی آن برابر است.محدودیت‌های ۱۵ تا۱۹ تضمین می‌کند که بیش از ظرفیت تسهیلات نمی‌توان از آن‌ها تقاضا کرد.محدودیت ۲۰ تا ۳۰ محدودیت‌های ظرفیت‌های حمل‌ونقل را نشان می‌دهد که از محول شدن حمل‌ونقل بیش از ظرفیت جلوگیری می‌کند. مجموعه محدودیت‌های ۳۱ نشان می‌دهد که یکی از روش‌های حمل‌ونقل زمینی، هوایی و دریایی به کار می‌رود. مجموعه محدودیت‌های ۳۲،۳۳،۳۴ مربوط به متغیرهای تصمیم هستند.در این مدل ریاضی سه تابع هدف وجود دارد z_1 برای کاهش هزینه کل، z_2 کاهش اثرات زیست‌محیطی،z_3 افزایش تبعات و آثار اجتماعی می‌باشد.

روش L-P متریک جهت حل مدل برای یافتن مجموعه جواب‌های بهینه پارتویی به‌کاررفته است. در این روش ابتدا مقدار ایده‌آل هر یک از توابع به تنهایی محاسبه شده است و سپس مطابق رابطه شماره (۳۵) توابع هدف به یک تابع هدف تبدیل شده‌اند که تابع L-P متریک جهت حداقل کردن مجموع انحرافات توابع هدف از ایده آل شان باید کمینه گردد.

رابطه (۳۵)

$$Z_{LP} = \sum_{i=1}^{n} W_i \left(\left(\frac{Z_i - Z_i^*}{Z_i^*}\right)^P\right)^{1/P}$$

Z_i^* : مقدار ایده‌آل تابع هدف i ام

Z_i : مقدار تابع هدف i ام به ازای جواب بهینه سایر توابع هدف

W_i : درجه اهمیت یا وزن تابع هدف i ام

$1 \leq P \leq \infty$: ارزش P مشخص‌کننده درجه تأکید به انحرافات موجود

به‌طوری‌که مقدار P بزرگ‌تر نشان‌دهنده نقش بیشتر انحرافات بزرگ‌تر در بهینه‌سازی است.(Asgharpour, 2009)

مطالعه موردی حاضر با استفاده از داده‌های واقعی یک شرکت لبنی در استان اصفهان اجرا شده است .هدف از این مطالعه بهینه-سازی یک مدل چندهدفه جهت برنامه‌ریزی تولید،توزیع و حمل‌ونقل با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی، و اجتماعی می‌باشد.شرکت حاضر دارای ۸ تأمین‌کننده، ۱ تولیدکننده، ۱ توزیع‌کننده و۶ مشتری می‌باشد. هم‌چنین دو نوع محصول و سه نوع ماده اولیه و سه روش حمل‌ونقل شامل حمل‌ونقل زمینی، هوایی و دریایی برای آن در نظر گرفته شده است.از ذکر پارامترهای ورودی مسئله به دلیل جلوگیری از اطاله مقاله خودداری شده و فقط به ارائه نتایج بسنده شده است.

۳- نتایج وبحث

مطابق مراحل انجام پژوهش(شکل ۱) پژوهش حاضر طی سه مرحله انجام شده است. در مرحله اول به‌منظور شناسایی شاخص‌های مورداستفاده در صنعت لبنی ابتدا با مطالعه ادبیات موضوع ۵ شاخص در بعد اقتصادی ۱۰ شاخص در بعد زیست‌محیطی و ۷ شاخص در بعد اجتماعی استخراج شده‌اند. این شاخص‌ها به تفکیک منابع علمی در جدول ۱ قابل مشاهده است. در ادامه این شاخص‌ها در اختیار گروه خبرگان صنعت لبنی قرار گرفت تا شاخص‌های قابل کاربرد در این صنعت مشخص شود. شاخص‌های هفت‌گانه حاصل از این مرحله عبارت‌اند از: هزینه کل در بعد اقتصادی و تولید پسماند، مصرف آب، مصرف انرژی، قابلیت بازیافت و انتشار گازهای آلاینده در بعد زیست‌محیطی و فرصت‌های شغلی در بعد اجتماعی، می‌باشد.

در مرحله دوم ارتباطات درونی و بیرونی شاخص‌های پایداری و وزن دهی ابعاد شاخص‌های پایداری با استفاده از تکنیک دنپ در صنعت لبنی محاسبه شده است. پرسشنامه مربوط به این تکنیک با استفاده از نظرات ۴۲ نفر از خبرگان صنعت لبنی و دانشگاه تکمیل شده است این افراد دارای حداقل ۵ سال سابقه کار در صنعت لبنی و دارای مدرک کارشناسی ارشد دانشگاهی بوده‌اند. نتایج محاسبات مرحله دوم در جدول ۳ آورده شده است.بر اساس نتایج حاصل از روش دنپ، شاخص‌های دارای اولویت بالاتر عبارت‌اند از هزینه کل با وزن۰/۱۳۰۱ که مربوط به بعد اقتصادی ، مصرف آب و مصرف انرژی باوزن‌های۰/۰۵۷۸ و۰/۰۵۸۰که مربوط به بعد زیست‌محیطی ، فرصت‌های شغلی ایجادشده با وزن ۰/۰۹۱۱مربوط به بعد اجتماعی است. مرحله سوم شامل به‌کارگیری مدل پیشنهادی چندهدفه که با استفاده از روش L-P متریک حل گردیده است. مدل پیشنهادی از نوع عدد صحیح مختلط بوده که در نرم‌افزار GAMS برنامه‌نویسی شده و از حل‌کننده Cplex برای بهینه‌سازی اهداف به‌صورت تکی جهت به دست آوردن جواب‌های ایده آل و از حل‌کننده Bonmin برای بهینه‌سازی L-P متریک استفاده شده است هر دو مدل به کمک یک کامپیوتر شخصی با cpu coreI5 وRAM 4 Gig اجرا شده است. مجموعه جواب‌های بهینه پارتویی در هشت دسته در جدول شماره ۲ و میزان جریان کالا و نحوه انتخاب روش حمل‌ونقل پاره‌ای از تسهیلات به‌عنوان نمونه برای جواب پارتو۱ در جدول شماره ۴ آورده شده است.

جواب‌های پارتویی	Z_1	Z_2	Z_3
جواب پارتو ۱	۶/۸۴۱۰۱۷*E۷	۶۶۳/۳۷۰	۳۸۹۹۸/۲۱۲
جواب پارتو ۲	۶/۹۵۲۰۱۲*E۷	۷۷۱/۴۴۰	۲۶۵۴۲/۴۳۹
جواب پارتو ۳	۷/۲۱۸۳۰۱*E۷	۱۵۸۲/۱۰۱	۳۲۵۴۸/۲۰۱
جواب پارتو ۴	۶/۹۶۱۵۰۲*E۷	۹۹۸/۲۰۲	۲۸۲۴۹/۱۴۷
جواب پارتو ۵	۷/۱۰۱۲۱۲*E۷	۷۹۲/۱۳۱	۳۸۴۳۷/۶۳۹
جواب پارتو ۶	۶/۹۹۸۷۰۱*E۷	۸۸۴/۱۵۶	۲۹۵۱۲/۱۸۹
جواب پارتو ۷	۹/۰۰۰۵۱* E۷	۹۰۲/۴۳۶	۲۶۹۴۹/۶۰۷

جواب پارتو۸	۵/۵۳۹۲۵۲*E۱۰	۱۴۸۰/۱۳۳	۳۹۲۸۵/۴۸۹

جدول شماره (۲): مجموعه جواب‌های پارتویی

همان‌گونه که از جدول ۲ برمی‌آید بهترین میزان هزینه حبه‌ترین میزان برای تابع هدف آثـار زیسـت‌محیطـی در جـواب پـارتو ۱ اتفاق می‌افتد و بهترین میزان برای تابع هدف تبعات اجتماعی در جواب پارتو۸ مشاهده می‌شود.

نام معیار	وزن نسبی	وزن نهایی	رتبه
اقتصادی (C1)	۰/۳۸۰		۱
هزینه کل (C11)	۰/۳۴۲۷	۰/۱۳۰۱	۱
قیمت محصول (C12)	۰/۱۷۶۷	۰/۰۶۷۱	۳
کیفیت محصول (C13)	۰/۱۹۹۶	۰/۰۷۵۷	۲
بهره‌وری (C14)	۰/۱۳۵۷	۰/۰۵۱۵	۵
ظرفیت تکنولوژی (C15)	۰/۱۴۵۴	۰/۰۵۵۲	۴
زیست‌محیطی (C2)	۰/۳۰۴		۳
مصرف خاک (C21)	۰/۰۸۰۲	۰/۰۲۴۴	
قابلیت بازیافت (C22)	۰/۰۹۴۰	۰/۰۲۸۶	۴
قابلیت استفاده مجدد (C23)	۰/۰۷۹۸	۰/۰۲۴۳	۳
تولید پسماند (C24)	۰/۰۷۵۹	۰/۰۲۳۱	۵
آلودگی آب (C25)	۰/۰۷۲۵	۰/۰۲۲۰	۷
حجم مواد آلاینده (C26)	۰/۰۶۸۲	۰/۰۲۰۷	۸
مواد سمی (C27)	۰/۰۶۹۵	۰/۰۲۱۱	۱۰
انتشار گازهای آلاینده و تغییرات اقلیمی (C28)	۰/۰۷۹۰	۰/۰۲۴۰	۹
مصرف آب (C29)	۰/۱۹۰۰	۰/۰۵۷۸	۶
مصرف انرژی (C210)	۰/۱۹۰۹	۰/۰۵۸۰	۲
اجتماعی (C3)	۰/۳۱۶		۲
رضایت کارکنان (C31)	۰/۱۰۷۷	۰/۰۳۴۱	۶
آموزش ایمنی (C32)	۰/۱۱۴۶	۰/۰۳۶۳	۵
ایمنی کار (C33)	۰/۱۰۶۴	۰/۰۳۳۷	۷
سلامت جامعه (C34)	۰/۱۲۰۲	۰/۰۳۸۰	۴
حقوق و فعالیت‌های حمایتی کارکنان (C35)	۰/۱۴۲۲	۰/۰۴۵۰	۲
فرصت شغلی ایجادشده (C36)	۰/۲۸۷۹	۰/۰۹۱۱	۱
عدالت اجتماعی (C37)	۰/۱۲۱۱	۰/۰۳۸۳	۳

جدول شماره (۳): اوزان نهایی ابعاد شاخص‌ها

میزان کالای ارسالی از توزیع کننده به مشتری	میزان کالای ارسالی از تولید کننده به توزیع کننده	میزان کالای ارسالی از تامین کننده به تولیدکننده
$X^{DC}_{1111} = ۹/۵$	$X^{MD}_{1111} = ۶۸/۸۲۷$	$X^{SM}_{3111} = ۱۵۴$
$X^{DC}_{1121} = ۱۵/۲$	$X^{MD}_{1121} = ۸۰/۴۵۹$	$X^{SM}_{4121} = ۲۲۲$
$X^{DC}_{1211} = ۱۱/۴$	$Y^{MD}_{111} = ۱$	$X^{SM}_{5121} = ۲۲۲$
$X^{DC}_{1221} = ۱۴/۲۵$		$X^{SM}_{6131} = ۲۲۲$
$X^{DC}_{1311} = ۶/۶۵$		$X^{SM}_{7131} = ۲۲۲$
$X^{DC}_{1321} = ۱۹$		$X^{SM}_{8131} = ۲۲۲$
$X^{DC}_{1411} = ۱۰/۴۵$		$Y^{SM}_{111} = ۱$
$X^{DC}_{1421} = ۱۲/۳۵۰$		$Y^{SM}_{211} = ۱$
$X^{DC}_{1511} = ۸/۵۵$		$Y^{SM}_{311} = ۱$
$X^{DC}_{1521} = ۱۰/۴۵$		$Y^{SM}_{411} = ۱$
$X^{DC}_{1611} = ۲۰/۹۰$		$Y^{SM}_{511} = ۱$
$X^{DC}_{1621} = ۷/۶۰$		$Y^{SM}_{611} = ۱$
$Y^{DC}_{111} = ۱$		$Y^{SM}_{711} = ۱$
		$Y^{SM}_{811} = ۱$

جدول شماره (۴): میزان جریان کالا بین تسهیلات و نوع روش حمل‌ونقل

به‌عنوان نمونه X^{SM}_{3111} به معنی ارسال ماده اولیه نوع ۱ از تأمین‌کننده ۳ به تولیدکننده ۱ با روش حمل‌ونقل زمینی است X^{MD}_{1121} به معنی ارسال محصول نوع ۲ از تولیدکننده ۱ به توزیع‌کننده ۱ با روش حمل‌ونقل زمینی است $Y^{SM}_{411} = 1$. انتخاب روش حمل‌ونقل زمینی برای ارسال کالا از تأمین‌کننده ۴ به تولیدکننده ۱ را نشان می‌دهد.

الف) تحلیل حساسیت پارامتر تقاضا:

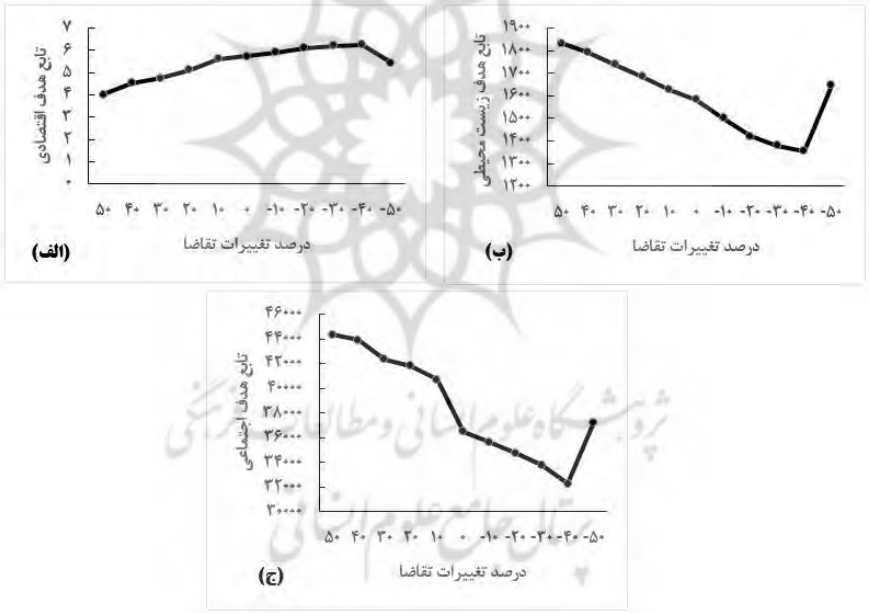
از آنجا که مواد لبنی به‌عنوان یک نیاز اساسی و ضروری از اصلی‌ترین محصولاتی است که در سبد خانوار ایرانی قرار دارد و خانوارها بر اساس قدرت خرید،موقعیت جغرافیایی،نوسانات قیمتی بازار اقدام به خرید و تقاضای آن می‌نمایند و همچنین نوسانات قیمتی، شرایط جغرافیایی و تغییر فصول سال بر مصرف این کالا اثرگذار است بنابراین بررسی تغییر این پارامتر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این بخش به بررسی تاثیرتغییر پارامتر تقاضا پرداخته شده است که بر اساس نظر خبرگان دانشگاهی پارامتر تقاضا از ۵۰٪- تا ۵۰٪+ نوسان داده شده و مدل پیشنهادی حل و مقادیر توابع هدف سه‌گانه به ازای این تغییرات اندازه‌گیری گردیده‌اند نتایج مربوط به تحلیل حساسیت تقاضا در جدول‌های ۵ و۶ و نمودارهای ۱ ارائه شده است.

جدول شماره (۵): تحلیل حساسیت پارامتر تقاضا

درصد تغییرات تقاضا	-۵۰٪	-٪۴۰	-٪۳۰	-٪۲۰	-٪۱۰	۰
Z_1	۵/۴۳۶*E۱۰	۶/۲۵۳*E۱۰	۶/۱۹۵*E۱۰	۶/۱۰۱*E۱۰	۵/۸۹۶*E۱۰	۵/۷۲۱*E۱۰
Z_2	۱۶۴۷/۳۷	۱۳۵۴/۲۲۳	۱۳۷۹/۶۹۵	۱۴۲۱/۰۱۷	۱۵۰۱/۱۸۹	۱۵۸۳/۲۱
Z_3	۳۷۲۵۲/۷۱	۳۲۲۴۹/۶۳	۳۳۷۹۴/۹۹	۳۴۷۳۰/۰۵	۳۵۶۳۲/۸۴	۳۶۴۸۹/۲۸

جدول شماره (۶): تحلیل حساسیت پارامتر تقاضا

درصد تغییرات تقاضا	٪۱۰	٪۲۰	٪۳۰	٪۴۰	٪۵۰
Z1	۵/۶۳۲*E۱۰	۵/۱۰۶*E۱۰	۴/۷۴۶*E۱۰	۴/۵۲۸*E۱۰	۴/۰۱۹*E۱۰
Z2	۱۶۲۷/۳۱۰	۱۶۸۵/۱۴۴	۱۷۳۸/۶۸۸	۱۷۹۱/۸۲۲	۱۸۳۲/۳۴۸
Z3	۴۰۷۱۶/۰۸	۴۱۷۹۳/۵۹	۴۲۳۲۰/۶۸	۴۳۸۹۹/۰۱	۴۴۳۱۸/۶۴



نمودار شماره (۱): تغییرات توابع هدف سه‌گانه نسبت به تغییرات تقاضا

نتایج حاصل‌شده از جداول ۵و۶ و نمودارهای ۱ نشان می‌دهد که با افزایش تقاضا تا مرز ۵۰٪ مقدار تابع هدف اقتصادی کاهش و مقدار تابع هدف زیست‌محیطی با شیب ثابت و مقدار تابع هدف اجتماعی با شیب متغیر نیز افزایش یافته است. این در حالی است که با کاهش تقاضا تا مرز۴۰٪ مقدار تابع هدف اقتصادی با شیب ثابت افزایش یافته است و مقدار تابع هدف زیست‌محیطی و تابع هدف اجتماعی نیز با شیب نسبتاً ثابتی کاهش یافته است. بدین معنا که با افزایش تقاضا، نیاز به تسهیلات و وسایل حمل‌ونقل بیشتر گردیده و درنتیجه اثرات زیست‌محیطی آن‌ها افزایش یافته است همچنین برای پاسخگویی به تقاضای بیشتر،فرصت‌های شغلی بیشتری در منطقه ایجاد شده‌اند که این مطلب گویای افزایش تابع هدف اجتماعی بوده است. به همین ترتیب با کاهش تقاضا با توجه به کاهش نیاز به تسهیلات و وسایل حمل‌ونقل، اثرات زیست‌محیطی آن‌ها کاهش یافته است و فرصت‌های شغلی موجود برای پاسخگویی به این تقاضای کاهش یافته نیز کم‌تر و حتی ممکن است در مواردی از بین برود.

این پژوهش جهت بهینه‌سازی مدل شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار در صنعت غذا ارائه شده است ازآنجاکه ملاحظات زیست‌محیطی ازجمله مصرف انرژی ، مصرف آب برای شرکت‌ها حائز اهمیت است بنابراین نیاز است که این مدل با تأکید بر بعد زیست‌محیطی در کنار ابعاد اقتصادی و اجتماعی ارائه گردد.در این پژوهش یک مدل چندهدفه جهت بهینه‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته طراحی شده است که در مرحله اول شاخص‌های پایداری زنجیره تأمین در صنایع غذایی تعیین شده‌اند، در مرحله دوم به کمک روش دنپ شاخص‌های دارای اولویت بالاتر به همراه اوزان هریک انتخاب شده اند سپس در مرحله سوم یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط با اهداف چندگانه که همان شاخص‌های مرحله قبل بوده جهت طراحی و بهینه‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار ارائه و حل شده است. بعلاوه روش L-P متریک جهت حل بهینه این مدل بکار رفته است داده‌های واقعی از صنعت لبنی به‌عنوان مطالعه موردی جمع‌آوری شده است که نشان‌دهنده اهمیت بیشتر مدل پیشنهادی می‌باشد پس از تعیین شاخص‌های پایداری در این صنعت و انتخاب شاخص‌های با اولویت بالاتر با استفاده از تکنیک دنپ،مدل ریاضی پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزار گمز برنامه‌نویسی شده است و مجموعه جواب‌های پارتویی به دست آمده‌اند متغیرهای تصمیم شامل میزان جریان کالای ارسالی بین تسهیلات، انتخاب تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، مراکز بازیافت، مراکز دفع و انتخاب روش حمل‌ونقل برای محصولات مختلف است.پیشنهاد می‌شود برای مسائل با ابعاد بزرگ‌تر به دلیل افزایش زمان حل مسئله،از روش‌های فرا ابتکاری بهره گرفته شود همچنین در شرایط عدم قطعیت در برخی از پارامترهای مسئله از مدل‌های فازی و مدل برنامه‌ریزی استوار استفاده گردد ونیز به‌کارگیری سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌جای تکنیک دنپ جهت انتخاب شاخص‌های دارای اولویت بالاترمی تواند موضوع تحقیقات آتی باشد.

٤- منابع

1- Allaoui, H., Guo, Y., Choudhary, A., & Bloemhof, J. (2018). Sustainable agro-food supply chain design using two-stage hybrid multi-objective decision-making approach. *Computers & Operations Research*, *89*, 369-384 .

2- Asgharpour, M. J. (2009). *Multi-criteria decision making*. Tehran: Tehran University Publications .(In Persian)

3- Azadeh, A., Raoofi, Z., & Zarrin, M. (2015). A multi-objective fuzzy linear programming model for optimization of natural gas supply chain through a greenhouse gas reduction approach. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, *26*, 702-710 .

4- Bavarsad, B., nili ahmadabadi, m., & beiranvand, t. (2018). Developing a Sustainable Supply Chain Management Model in Marine Industries Case study: Marine Industries Organization. *Journal of Science Education,*, *5*(1), 29-40 .(In Persian)

5- Chaabane, A., Ramudhin, A., & Paquet, M. J. I. j. o. p. e. (2012). Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme. *International Journal of Production Economics*, *135*(1), 37-49 .

6- Christopher, M., & Holweg, M. (2011). " Supply Chain 2.0": managing supply chains in the era of turbulence. *International journal of physical distribution logistics management*, *41*(1), 63-82 .

7- Dehaghani, M. & Shahverdiani, SH and Musa Pour, H. (2018). Investigating the relationship between sustainable supply chain management with environmental performance and financial performance. *Journal of Business Research: 85,171-194* (In Persia)

8- Elkington, J., & Rowlands, I. H. J. A. J. (1999). Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business. *25*(4), 42 .

9- Fatemi Amin, S., & Mortazaei ,A. (2014). The Food Products Supply Chain Strategic Plan. In: Tehran: Iranian Academic Center for Education, Culture & Research, Beheshti. (Persian)

10- Ghasemi, A., Rayatpisheh, M. A., Haddadi, A., & Rayat pisheh, S. (2017). Identification and Prioritization of Indicators Involved in Agricultural Supply Chain Sustainability. *Environmental Science and Technology*, *19*(4), 369-382. doi:10.22034/JEST.2017.10738. (Persian)

11- Jafarnejad, A., & Bana Molaei, A. A. (2014). Investigation of the Impact of Sustainable Supply Chain Management Dimensions on Supply Chain Operational Performance Using Structural Equation Modeling and Conventional Correlation Analysis. (Masters), University of Tehran (67487). (Persian)

1 12-Mahmoodi, A. (2014). *Sustainable Supply Chain,* Mehraban Book Publishing. (In Persian)

13- Nasab, N. M., & Amin-Naseri, M. J. E. (2016). Designing an integrated model for a multi-period, multi-echelon and multi-product petroleum supply chain. *114*, 708-733 .

14- Pishvaee, M. S., Razmi, J., & Torabi, S. A. (2014). An accelerated Benders decomposition algorithm for sustainable supply chain network design under uncertainty: A case study of medical needle and syringe supply chain. *Logistics and Transportation Revie, 67*, 14-38 .

15- Pishvaee, M. S., & Razmi, J. J. A. M. M. (2012). Environmental supply chain network design using multi-objective fuzzy mathematical programming. *Applied Mathematical Model*ling, *36*(8), 3433-3446 .

16- Razmi, j., zahedi-anaraki, a. & zakerinia, m. 2013. A bi-objective stochastic optimization model for reliable warehouse network redesign. *Mathematical and Computer Modelling*, 58, 1804-1813.

17- Resat, H. G., Unsal, B. J. S. P & ,.Consumption. (2019). A novel multi-objective optimization approach for sustainable supply chain: A case study in packaging industry. *Sustainable production & consumption, 20*, 29-39 .

18- Rohmer, S., Gerdessen, J. C., & Claassen, G. J. E. J. o. O. R. (2019). Sustainable supply chain design in the food system with dietary considerations: A multi-objective analysis. *273*(3), 1149-1164 .

19- Sahebjamnia, N., Fathollahi-Fard, A. M., & Hajiaghaei-Keshteli, M. J. J. o. c. p. (2018). Sustainable tire closed-loop supply chain network design: Hybrid metaheuristic algorithms for large-scale networks. *Journal of cleaner production, 196*, 273-296 .

20- Sgarbossa, F., & Russo, I. (2017). A proactive model in sustainable food supply chain: Insight from a case study. *Int. Journal production Economics. 183*, 596-606 .

21- Sunil Luthra , Sachin komar mangla.(2018). Adoption of sustainable supply chain management practices in an emerging economy's context .*Resources , conservation & Recycling* 138.194-206

22- Taleizadeh, A. A., Haghighi, F., & Niaki, S. T. A. J. J. o. c. p. (2019). Modeling and solving a sustainable closed loop supply chain problem with pricing decisions and discounts on returned products. *Journal of cleaner production, 207*, 163-181 .

23- Tseng, S.-C., & Hung, S.-W. J. J. o. e. m. (2014). A strategic decision-making model considering the social costs of carbon dioxide emissions for sustainable supply chain management *Journal of environmental managemen*t, 315-332,133.

24- Yakovleva, N., Sarkis, J., & Sloan, T. (2010). Sustainability indicators for the food supply chain. In *Environmental Assessment and Management in the Food Industry* (pp. 297-329): Elsevier.

25- Zareian Jahromi, H., Fallahnejad, M., Sadeghieh ,A., & Ahmadi Yazdi, A. (2014). Multi-objective optimization model based on sustainable closed loop supply chain design. *Journal of Industrial Engineering Research, 2*(3), 93-111 .(Persian)

26- Zegordi, S. H., Eskandarpour, M., & Nikbakhsh, E. (2011). *A novel bi-objective multi-product post-sales reverse logistics network design model.* Paper presented at the Proceedings of the world congress on engineering.

Optimization of Closed-Loop Supply Chain with Stability Approach Using Multi- Objective Decision Making DANP Method in Food Industry Case Study in Dairy Industry

Azam Khabooshani
Department of Management, Azad university of Isfahan, Isfahan, Iran
Ommolbanin Yousefi (Corresponding Author)
Department of Industrial Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Isfahan, Iran
Emai: yousefi_1302@yahoo.com
Mahdi Fadaee
Department of Economic, Payamenoor University of Isfahan, Isfahan, Iran
Iraj Soltani
Department of Management, Azad Universty of Isfahan, Isfahan, Iran

Abstract
This paper presents a multi-purpose, multi-product mixed integer planning model considering the sustainability criteria to plan production, distribution, transportation in the food industry's closed-loop supply chain. After reviewing the literature on the subject and using the opinions of university and food industry experts determining the most important sustainability indices with the three economic, environmental and social dimensions in the food industry, the relationship structure and effectiveness and impressionability levels of each indices were determined by DEMATEL technique and it is combined with a analysis network process to determine the weights of dimensions and their indices. In the second step, a mixed integer mathematical model was presented for planning the production, distribution, transportation of sustainable closed-loop supply chain dimensions with the above three dimensions, in which indicators from the DANP technique. Total cost of economic dimension of weighting 0/0101, for environmental dimension water consumption and energy consumption with weightings of 0/0578, 0/0580 and job opportunities of social dimension for weighting of 0/0911 modeled as goal functions. Then with the L-P metric method was solved by using GAMS and some optimal Pareto solutions were obtained. At the end, a case study was performed on the dairy industry with the help of Real data. Based on the solutions obtained, the lowest cost was found to be about 68 million rial per month, the lowest consumption rate of water was found to be about 660 m^3 per month and the highest employment opportunities was found to be 39,000 man hours per month.

Keywords: Closed-loop Supply Chain, DANP, L-P metric, Multi Objective Decision Making, Sustainable.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی