Archive of SID

پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، صص ۲۷-۵۹
نوع مقاله: پژوهشی

کاربرد رویکرد فازی شهودی در بهینه‌سازی چندهدفه شبکه لجستیک حلقه بسته با تاکید بر توسعه اشتغال

رضا سیاوشی[۱]، حمید شاه‌بندرزاده*[۲]، علی رجب‌زاده قطری[۳]، ابراهیم حیدری[۴]

۱- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی گرایش تحقیق در عملیات، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده کسب‌وکار و اقتصاد، دانشگاه خلیج‌فارس، بوشهر، ایران
۲- دانشیار، گروه مدیریت صنعتیف دانشکده کسب‌وکار و اقتصاد، دانشگاه خلیج‌فارس، بوشهر، ایران
۳- استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۴- دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده کسب‌وکار و اقتصاد، دانشگاه خلیج‌فارس، بوشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۹

چکیده

در سال‌های اخیر با توجه به محدودیت منابع، نگرانی‌های زیست‌محیطی از یک‌سو و اهمیت عملکرد اجتماعی شرکت‌ها، قوانین و تشدید فشارهای دولتی و توجه فعالان اجتماعی و حقوق بشری از سوی دیگر، شبکه‌های لجستیک یا زنجیره تأمین حلقه بسته و پایدار مورد توجه روزافزون پژوهشگران قرار گرفته است. شبکه لجستیک یا زنجیره تأمین حلقه بسته شامل هر دو شبکه لجستیکی مستقیم و معکوس می‌باشد و هدف از طراحی آن ترکیب نمودن ملاحظات و محدودیت‌های زیست‌محیطی از طریق جمع‌آوری و بازیافت محصولات استفاده شده یا معیوب و اقدامات لازم جهت استفاده مجدد با زنجیره تأمین سنتی می‌باشد. در طراحی شبکه‌های مذکور اهداف اجتماعی همچون افزایش اشتغال به عنوان یک هدف و مسئله بسیار مهم اجتماعی مورد توجه قرار می‌گیرد. در پژوهش حاضر یک مدل چندهدفه ریاضی با رویکرد فازی شهودی جهت بهینه‌سازی شبکه لجستیک حلقه بسته با تاکید بر توسعه اشتغال و توسعه واحدهای بازیافت در صنایع لاستیک و پلاستیک استان بوشهر ارائه می‌گردد. در این راستا ابتدا اهداف متنوع موجود در پیشینه پژوهش با تکنیک دلفی فازی ارزیابی می‌گردد و سه هدف اولویت‌دار در استان بوشهر تأیید و معرفی می‌گردد. سپس اهداف سه‌گانه با رویکرد فازی شهودی وزن‌دهی گردیده و مدل سه هدفه با تاکید بر هدف توسعه اشتغال با روش ال‌پی‌متریک و نرم‌افزار گمز حل می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: شبکه لجستیک حلقه بسته، توسعه اشتغال، فازی شهودی، مدل چند هدفه، رویکرد LP-Metric

---

* نویسنده مسئول مقاله E-mail: Shahbandarzadeh@pgu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر رویکردهای نوین مدیریت زنجیره تأمین به‌عنوان یک استراتژی مؤثر برای رسیدن به پایداری در استفاده از منابع و انرژی محدود و حمایت از محیط زیست و اقدامات بشردوستانه و اجتماعی معرفی شده است. فشارهای محیطی از سوی سازمان‌های بین‌المللی و اسناد منتشر شده، موجب تغییر رویه کاری و تمرکز کسب‌وکارها خصوصاً در شبکه زنجیره‌های تأمین سنتی گردیده است [۱]. بر این اساس، با تشدید فشارهای زیست‌محیطی مفهوم زنجیره تأمین سبز در ادبیات پژوهش توسعه یافت که علاوه بر اهداف اقتصادی[۱]، به مسائل زیست‌محیطی[۲] نیز پرداخته گردید و پژوهشگران در مطالعات، به دنبال ایجاد تعادل بین اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی و بهینه‌سازی شبکه زنجیره‌های تأمین از این دو جنبه کلیدی می‌باشند [۲]. پس از این جریان، زنجیره تأمین سبز و حلقه بسته با لجستیک معکوس و مستقیم که توجه همزمان به کاهش انتشار گازهای مضر و کربن و اضافه نمودن امکان بازیافت و حرکت کالاها و ضایعات جهت جداسازی و بازیافت و بهبود صورت پذیرفت [۳] و امروزه با توسعه و ترویج هر چه بیشتر مفاهیم پایداری شرکتی[۳] و توسعه پایدار و همچنین افزایش هزینه‌های اجتماعی در جوامع، الزامات و فشارهای جدیدی بر همه صاحبان صنایع و کسب‌وکارها وارد گردید که عمده مسائل، ناشی از بی‌توجهی یا کم توجهی کسب‌وکارها به مسائل اجتماعی شاغلین و شهروندان می‌باشد و این اقدامات موانعی جدی پیش روی تحقق هدف توسعه پایدار قلمداد می‌گردد [۴]، و مفهوم زنجیره‌های تأمین پایدار معرفی گردیدند و امروزه هنوز این مفهوم از منظرهایی همچون پایداری اجتماعی[۴]، آن‌چنان به بلوغ و اشباع نظری نرسیده‌اند [۵].

پژوهش حاضر به واسطه نبود یا کمبود مطالعات جامع در زمینه بهینه‌سازی چندهدفه شبکه زنجیره تأمین حلقه‌بسته پایدار[۵] در صنایع لاستیک و پلاستیک استان بوشهر با هدف تاکید بر توسعه اشتغال و طراحی واحدهای فرآوری و بازیافت[۶] طرح‌ریزی گردیده است. استفاده از لجستیک حلقه بسته برای تسهیل در فرایندهای بازیافت الزامی می‌باشد. در کارخانه سبز، لجستیک حلقه بسته از لجستیک مستقیم[۷] و لجستیک معکوس[۸] تشکیل شده است که واحد فرآوری مجدد در زنجیره تأمین سبز امکان بهبود و بازیافت را فراهم می‌کند [۳]. امروزه با توجه به افزایش انواع پسماندها به دلایلی همچون افزایش جمعیت و افزایش توجه سازمان‌ها به حفاظت از محیط زیست و...، سازمان‌ها تلاش می‌کنند تا با بازیافت پسماندها و بهره‌گیری از

www.SID.ir

Archive of SID

آن‌ها در فرایند تولید محصولات و فروش مجدد آن‌ها نقش به‌سزایی در کاهش هزینه و رفع نگرانی‌های زیست محیطی داشته باشند. در این مسیر علی‌الخصوص در صنعتی همچون لاستیک و پلاستیک و آن هم در استانی همچون بوشهر که مواد اولیه آن از پتروشیمی‌های واقع در عسلویه فراهم می‌گردد و با توجه به وابستگی‌های بیش از پیش زندگی و کسب‌وکار افراد به محصولات پلاستیکی، حجم تولید زباله‌های پلاستیکی و لاستیکی بیشتر می‌گردد و طراحی شبکه‌های لجستیک معکوس و زنجیره‌های تأمین حلقه بسته و پایدار می‌تواند در رسیدن به اهداف جمعی و بشردوستانه بسیار مؤثرتر باشد که در حال حاضر طراحی بهینه شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته نیز در این صنعت در استان بوشهر صورت نگرفته است. از سوی دیگر، پژوهش‌های پیشین عمدتاً بر اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی متمرکز بوده‌اند و یا به توسعه الگوریتم‌های حل اقدام نموده‌اند و مطالعات محدودی به چشم می‌خورد که به انتخاب و ارزیابی اهداف با نظر خبرگان محلی و تاکید بر فرموله‌سازی اهداف اجتماعی نظیر اشتغال و... اقدام نموده باشند. مجموعه مطالب فوق‌الذکر، گویای ضرورت بیش از پیش انجام این پژوهش در استان بوشهر می‌باشد. پرسش‌های کلیدی این پژوهش عبارت‌اند از: ۱- چگونه می‌توان یک مدل ریاضی چند هدفه برای بهینه‌یابی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته برای صنعت لاستیک و پلاستیک، ارائه نمود؟ ۲- کدام اهداف در زمینه پایداری شبکه‌های زنجیره‌های تأمین حلقه‌بسته در استان بوشهر در صنعت مورد بررسی مهم‌تر و اولویت‌دارترند؟ ۳- چگونه می‌توان اهداف اولویت‌دار چندگانه را وزن‌دهی و فرموله‌سازی و کمی نمود؟ ۴- چگونه می‌توان مدل ریاضی چند هدفه ارائه شده برای بهینه‌یابی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته را حل نمود؟

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مفهوم زنجیره تأمین، به شبکه‌ای از فرایندها با هدف نهایی تأمین کالاها و خدمات به مشتریان اشاره دارد. در مفهوم ساده و سنتی زنجیره تأمین، بازیگران آن شامل تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، عمده‌فروشان و خرده‌فروشانی می‌باشند که با هم به‌طور هماهنگ و منسجم در جهت حداکثرسازی منافع و رضایت ذی‌نفعان همکاری می‌نمایند. هر زنجیره تأمین حداقل دارای دو مرحله یا فاز می‌باشد که ابتدا می‌توان به مرحله تولید با فرایندهای تأمین و تولید و سپس به مرحله توزیع با فرایندهای تدارکات و... اشاره نمود. در کل زنجیره تأمین در تمامی مراحل خود نیاز به استراتژی‌های مشترک و مدیریت واحد دارد که در سطحی وسیع‌تر، از مدیریت زنجیره تأمین بحث به میان می‌آید و منظور از آن، یک نظام یکپارچه جهت

www.SID.ir

Archive of SID

برنامه‌ریزی، سازماندهی، هماهنگی و هدایت و کنترل جریان مواد، اطلاعات، موجودی و انواع هزینه‌ها با هدف حداقل‌سازی هزینه‌ها و حداکثرسازی رضایت مشتریان و منافع و... می‌باشد. از تأثیرات مدیریت بهینه زنجیره تأمین و شکل‌گیری همکاری‌های مؤثر در طول زنجیره تأمین می‌توان به بهبود و تسریع پاسخگویی، انعطاف‌پذیری بالاتر، رضایت بیشتر مشتریان و ارائه خدمات و محصولات بیشتر اشاره نمود [۶]. در دهه‌های گذشته موضوع مدیریت زنجیره تأمین مورد توجه بسیاری از اندیشمندان قرار گرفته است و هدف از مدیریت زنجیره تأمین، بهبود فعالیت‌های مختلف اجزا و همچنین توسعه عملکرد و بهره‌وری کلی زنجیره تأمین می‌باشد [۷].

در مدیریت زنجیره تأمین با رویکرد جدیدتر همچون سبز، علاوه بر بهینه‌سازی اهداف اقتصادی بر مدیریت و بهینه‌سازی فاکتورهای زیست‌محیطی نیز تمرکز گردید. کم کم در همین راستا مفاهیم و اشکال نوینی همچون زنجیره‌های تأمین حلقه بسته مطرح گردید که علاوه بر جریان و لجستیک مستقیم[۹] و روبه‌جلو، مسیرهای لجستیکی معکوس[۱۰] نیز برای جمع‌آوری محصولات برگشتی از مشتریان و بهبود آن‌ها و مراکز بازیافت نیز تدارک دیده شد. امروزه این استراتژی‌ها در سطح ملی و بین‌المللی، برای رقابت و پیشرفت در محیط پیچیده کسب‌وکار امروزی به‌عنوان یک ابزار رقابتی تبدیل شده‌اند و به تدریج با افزایش مطالعات علمی و گزارش‌های تجربی در این زمینه، متخصصان و صاحبان صنایع به فکر ادغام این استراتژی‌ها با استراتژی‌های کسب‌وکار افتادند و به‌سرعت تئوری مدیریت زنجیره‌های سبز و حلقه بسته با تمرکز بر امکان برگشت محصولات و بازیافت و بهبود و همچنین مدیریت هزینه‌ها و قیمت‌گذاری رقابتی را توسعه داده‌اند [۸]. پس از بلوغ نظری و اشباع نسبی موضوعی مدیریت زنجیره تأمین سبز و حلق بسته، می‌توان به ظهور مفاهیمی در بستر توسعه پایدار همچون زنجیره‌های تأمین حلقه بسته پایدار اشاره نمود که همه اندیشمندان و متخصصان این مقوله را یک پیشران کلیدی برای توسعه پایدار و تحقق یک اقتصاد پایدار قلمداد می‌کنند چرا که از یک سو، بر بهینه‌سازی اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی توجه و تاکید داشته و از سوی دیگر، در پی بهینه‌سازی اهداف و ابعاد اجتماعی نظیر تعداد روزهای کاری از دست رفته به دلیل حوادث، کاهش تبعیض، بهبود وضعیت سلامت و آموزش، افزایش فرصت‌های شغلی و ارتقای بدون تبعیض مردان و زنان شایسته و غیره می‌باشد [۵]. اندیشمندان اذعان می‌نمایند علی‌رغم افزایش توجه و شمار مطالعات در زمینه مدیریت زنجیره تأمین پایدار، همچنان تعداد متغیرها و پارامترهای درگیر در ساخت توابع هدف بعد اجتماعی کم‌تعداد و مختصر هستند و این منظر، به

www.SID.ir

Archive of SID

بلوغ نظری نرسیده است [۹]. با مرور پیشینه پژوهش می‌توان بیان نمود که بیشتر مطالعات بر اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی و بهینه‌سازی آن‌ها متمرکز بوده‌اند، اما در زمینه بهینه‌سازی اهداف اجتماعی به دلیل کیفی بودن ماهیت شاخص‌های آن و کمبود اطلاعات به اندازه دو بعد دیگر، مطالعه موجود نبوده و توابع هدف مختصر و ساده‌تری برای این بُعد از پایداری فرموله می‌نمایند [۵].

اخیراً در پژوهشی یک مدل بهینه‌سازی چند هدفه برای یک شبکه لجستیک معکوس پایدار در بازار تجارت الکترونیک[۱۱] در هندوستان منتشر گردیده که در این مدل فقط جریان‌های معکوس شبکه زنجیره تأمین مورد توجه قرار گرفته است و علاوه بر بهینه‌سازی صورت گرفته در زمینه اقتصادی و زیست‌محیطی، در زمینه هدف‌گذاری اجتماعی نیز بر مواردی همچون افزایش مشاغل ایجاد شده و کاهش تعداد روزهای کاری از دست رفته ناشی از حوادث تمرکز گردیده است [۱۰]. در پژوهشی دیگر، اقدام به طراحی بهینه شبکه توزیع زنجیره تأمین چند کانالی[۱۲] با تمرکز بر اهداف سه گانه اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی گردیده است که در اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی از متغیرها و پارامترهای معمول و مشهور استفاده گردیده است و در بعد اجتماعی فقط بر حداکثرسازی تعداد فرصت‌های شغلی[۱۳] در سرتاسر شبکه تمرکز گردیده است [۱۱]. در بین مطالعات معتبر داخلی کشور نیز می‌توان به پژوهش فتحی و همکاران اشاره نمود که اقدام به بهینه‌سازی اهداف اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی در فضای عدم قطعیت با رویکرد چند هدفه فازی نموده‌اند. شایان ذکر است که در کمینه‌سازی اهداف اقتصادی بر کاهش و بهینه‌سازی هزینه‌های جزیی همچون خرید، جریمه، عملیاتی، موجودی، حمل‌ونقل و ثابت راه‌اندازی تمرکز گردیده است. از طرفی در زمینه کمینه‌سازی آثار زیان‌بار زیست‌محیطی همانند پژوهش‌های پیشین بر کاهش و بهینه‌سازی میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن تاکید و تمرکز گردیده است و نهایتاً در بعد اجتماعی بر بیشینه نمودن پاسخ‌گویی اجتماعی زنجیره تأمین تمرکز گردیده که شاخص‌های جزیی همچون ایجاد فرصت‌های شغلی، متوسط تعداد روزهای کاری از دست رفته ناشی از آسیب‌دیدگی و نهایتاً، توسعه اقتصادی با ایجاد تسهیلات در مناطق محروم و کمتر توسعه یافته برای بعد سوم پایداری تعریف گرفته شده است. بر اساس نتایج پژوهش، ملاحظات همزمان ابعاد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی و عدم قطعیت در برخی از پارامترها همچون تقاضا و میزان برگشتی، به بهبود عملکرد زنجیره تأمین از نظر سودآوری و پاسخگویی به نیازهای مشتریان منجر

www.SID.ir

Archive of SID

می‌گردد [۱۲].

در پژوهش آذر و همکاران، اقدام به طراحی یکپارچه و بهینه‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته و انتخاب تامین‌کنندگان و پیمانکار با رویکرد برنامه‌ریزی استوار برای یک شرکت تولیدی شیشه ایمنی در ایران نموده‌اند. در این پژوهش، پنج هدف طراحی و فرموله گردیده است که عبارت‌اند از: ۱- بیشینه‌سازی سود. ۲- کمینه‌سازی هزینه‌های زنجیره مستقیم و برخی از هزینه‌های زنجیره معکوس. ۳- کمینه‌سازی برخی از هزینه‌های زنجیره معکوس که به شکل تخصیص دیده شده است. ۴- بیشینه‌سازی ارزش تأمین‌کنندگان و پیمانکاران. ۵- کمینه‌سازی هزینه نگهداری موجودی پایه. همان‌طور که مشهود است در این مدل بیشتر تمرکز پژوهشگران بر بهینه‌سازی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته با تمرکز بر اهداف اقتصادی می‌باشد [۱۳].

یکی از صنایع راهبردی در سرتاسر دنیا که بایستی بیش از پیش به پیاده‌سازی مفهوم نوآوری مبتنی بر پایداری و تغییر رویکردهای تولیدی خود اقدام نماید و از حالت سنتی به حالت دوستدار محیط زیست و سبز تبدیل گردند، صنایع شیمیایی و پتروشیمی و علی‌الخصوص، تولیدات محصولات لاستیکی و پلاستیکی و ... می‌باشند. با بررسی‌های به عمل آمده در زمینه‌های فوق‌الذکر مطالعات نسبتاً محدودی به چشم می‌خورد که بیشتر در زمینه‌های صنعت تولید و بازیافت لاستیک و پلاستیک؛ همچون تولید پلاستیک‌های سبز[۱۴] و یا استفاده از مواد تولیدی ناشی از بازیافت[۱۵] کالاهای تجدیدپذیر[۱۶] و پلاستیک‌های توزیع‌شده برای پرینترهای سه بعدی[۱۷] و تولید پلاستیک از نیشکر و ... در کشوری همچون برزیل می‌باشند. در یکی از این مطالعات ضمن تاکید بر تولید پلاستیک سبز؛ که به عناوینی همچون پلیمر سبز[۱۸]، پلی‌اتیلن سبز[۱۹]، بیو پلی‌اتیلن[۲۰]، بیو پلیمر[۲۱]، رزین پلیمر[۲۲] و یا رزین سبز[۲۳] و ... نیز معروف می‌باشد، از مواد تجدید پذیر و خصوصاً از محصولات کشاورزی همچون نیشکر و ... که متناسب با مزیت و فرصت داخلی و آب‌وهوای کشور می‌باشند، با فرایندی نوآورانه تولید گردند. علاوه بر فشارها و تهدیدهای محیطی برای کاهش تأثیرات زیان‌بار زیست‌محیطی و مخرب اجتماعی صنایع بر محیط پیرامون خود، تقاضای مردم جهان نیز به شدت برای محصولات سبز و دوستدار محیط زیست در حال افزایش و گسترش می‌باشد و این هدف برای کسب‌وکار و صنایع محقق نمی‌گردد مگر اینکه زنجیره تأمین خود را از حالت سنتی به حالت پایدار و سازگار با محیط زیست تبدیل نمایند و بتوانند به محصولات نوآورانه پایدار دست یابند. شایان ذکر است که این نوآوری‌های پایدار مبتنی بر شرایط اقلیمی و تولید محصولات

www.SID.ir

Archive of SID

پلاستیکی و... سبز تجدیدپذیر از مواد سازگار با محیط زیست، می‌توانند به توسعه شبکه زنجیره‌های تأمین حلقه‌بسته پایدار سازگار با محیط زیست و همچنین تحقق یک اقتصاد پایدار با میزان انتشار حداقلی کربن و گازهای گلخانه‌ای و تاثیرات مضر اجتماعی در یک منطقه کمک شایانی نمایند [۱۴، ۱۵]. اخیراً در مطالعه‌ای در مدارس واقع در شمال شرقی فرانسه، به توسعه یک مدل بهینه‌سازی ریاضی برای طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته جهت بازیافت پسماندهای[۲۴] پلاستیکی و ضایعات پلاستیکی پرینتر سه بعدی و تولید نوآورانه محصولات و خوراک پرینترهای سه بعدی اقدام گردیده است. اهداف مورد بررسی در این مطالعه به دو بخش اقتصادی و زیست‌محیطی تقسیم می‌گردد و نهایتاً با اعتبارسنجی مدل ارائه شده و تطبیق و مقایسه نتایج واقعی با نتایج مدل، کاهش چشم‌گیری در اهداف اقتصادی (هزینه‌ها) و آثار زیان‌بار زیست‌محیطی مشاهده گردید و بیان گردیده است که مزایای مثبت طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته برای بازیافت پلاستیک‌های مذکور در مقیاس محلی و ملی قابل توجه و حائز اهمیت می‌باشند [۱۵]. در مطالعه‌ای با تمرکز بر بهینه‌سازی شبکه بازیافت پلاستیک در هندوستان، پژوهشگران اقدام به ارائه مدلی ریاضی جهت بهینه‌سازی شبکه و حل مسائل مکان‌یابی- تخصیص برای تسهیلات و مسیریابی وسایل حمل‌ونقل و بهینه‌سازی انواع جریان‌ها و ظرفیت‌ها در سرتاسر شبکه نموده‌اند و در نهایت مسئله با یک تابع هدف کلی جهت حداقل‌سازی جمع هزینه‌های مختلف مدلسازی گردیده است که کاهش چشم‌گیر و قابل ملاحظه‌ای در جمع هزینه‌ها حاصل گردیده است [۱۶]. در بین مطالعات داخلی معتبر نیز در صنعت بازیافت پلاستیک می‌توان به مطالعه محمدی و همکاران اشاره نمود که مدلی ریاضی چند هدفه‌ای برای بهینه‌سازی اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی با درنظرگرفتن پارامترها و نسبت‌های مالی در صنعت بازیافت پلاستیک ارائه و حل نموده‌اند و علاوه بر این، پژوهشگران بر یکپارچگی جریان مالی و فیزیکی نیز تمرکز نموده‌اند. لازم به توضیح است نهایتاً برای این پژوهش برای کنترل و برخورد با ماهیت اهداف چندگانه یک تابع هدف کلی مبتنی بر برنامه‌ریزی آرمانی با تکیه بر چهار بعد کلیدی فرموله گردیده است که این چهار هدف فرعی عبارت‌اند از: ۱- بیشینه‌سازی درآمد. ۲- کمینه‌سازی تأثیرات زیست‌محیطی. ۳- کمینه‌سازی تأثیرات منفی اجتماعی. ۴- کمینه‌سازی انحراف شاخص‌های مالی از حدود مطلوب. نهایتاً می‌توان بیان داشت که شاخص‌های مالی فقط در عملکرد اقتصادی زنجیره تأمین تأثیر مثبت داشته‌اند و ملاحظه بعد مالی منجر به افت عملکرد زنجیره تأمین در ابعاد اجتماعی و

www.SID.ir

Archive of SID

زیست‌محیطی می‌گردد [۱۷].

۳- روش‌شناسی پژوهش

مطالعه حاضر از منظر رویکرد و روش‌شناسی در دسته پژوهش‌های کمی گنجانده می‌شود که هدف اصلی آن ارائه مدلی چندهدفه جهت بهینه‌سازی شبکه لجستکی حلقه‌بسته در صنعت لاستیک و پلاستیک در استان بوشهر بوده و در دسته مطالعات کاربردی- توسعه‌ای جای دارد. از منظر هدف، این پژوهش به نوعی توصیفی-پیمایشی قلمداد می‌گردد. رویکرد اصلی حل مسئله بهینه‌سازی شبکه، مدل‌سازی ریاضی چند هدفه است. در این راستا ابتدا پژوهشگران در این مطالعه اقدام به شناخت و غربال‌گری اهداف اولویت‌دار توسعه صنعت و سیاست‌های کلان در منطقه و استان بوشهر با تکنیک دلفی فازی[۲۵] و بهره‌گیری از نظر ۱۵ از خبرگان می‌نماید و سه هدف کلیدی و اولویت‌دار از بین چندین هدف مورد تأکید در پیشینه پژوهش برای مدل‌سازی انتخاب می‌گردد، سپس با توجه به پیشینه پژوهش، اهداف تأیید شده اولویت‌دار، فرموله می‌گردند. در گام بعد، با رویکرد و مجموعه فازی شهودی[۲۶] توسط ۵ نفر از خبرگان، وزن اهداف سه‌گانه فرموله‌شده تعیین گردیده و نهایتاً با روش LP-METRIC مسئله سه هدفه با تمرکز و تاکید بر توسعه اشتغال و حداقل‌سازی هزینه‌هایی همچون حمل‌ونقل و راه‌اندازی، حل گردیده و بهترین جواب و نسخه بهینه یا رضایت‌بخش برای شبکه مورد بررسی ارائه می‌گردد. بر اساس آنچه گذشت می‌توان فرایند و مراحل انجام پژوهش حاضر را به ترتیب زیر بیان نمود:

- گام ۱) مطالعات کتابخانه‌ای (مرور کتب، مقالات و بازخوانی جهت آشنایی با مبانی نظری و واکاوی پیشینه پژوهش).
- گام ۲) شناخت مدل‌های ریاضی مبنا از پیشینه پژوهش با اهداف چندگانه
- گام ۳) غربال‌گری و انتخاب اهداف چندگانه برای مدل‌سازی با تکنیک دلفی فازی
- گام ۴) مدل‌سازی ریاضی چند هدفه
- گام ۵) حل مدل تک‌هدفه با روش با نرم‌افزار GAMS ۲۵،۱،۲ برای یافتن پاسخ بهینه هر تابع هدف جدا از سایر اهداف
- گام ۶) وزن‌دهی اهداف چندگانه فرموله‌سازی شده با رویکرد فازی شهودی
- گام ۷) حل مدل چندهدفه با روش LP-METRIC با نرم‌افزار GAMS ۲۵،۱،۲

www.SID.ir

Archive of SID

در ادامه این بخش، مبانی و فرایند همه تکنیک‌های مورد استفاده در این مطالعه از جمله دلفی فازی، رویکرد فازی شهودی و روش LP-METRIC برای حل مدل‌های چند هدفه تشریح می‌گردند:

۳-۱- تکنیک دلفی فازی

تکنیک دلفی یکی از فنون حل مسئله کیفی است که به مقاصد مختلفی همچون نظیر تأیید یا رد شاخص‌ها و یا کاهش تعداد شاخص‌ها به کار برده می‌شود و دارای فرایند چند مرحله‌ای یا به اصطلاح چند راندی است که بایستی تا رسیدن به درجه اشباع و اجماع نظر قوی خبرگان با تعداد محدود ادامه یابد. ابتدا بایستی نظرات کیفی خبرگان فازی‌سازی گردند که این اقدام با استفاده از اعداد مثلثی فازی[۲۷] (L , M , U) که در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشند، صورت می‌پذیرد:

جدول ۱. واژه‌های زبانی برای نظرخواهی و معادل کمی آن‌ها با اعداد فازی مثلثی [۱۸]

واژه زبانی	فوق‌العاده کم	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	فوق‌العاده زیاد
اعداد فازی	(۳و۲و۱)	(۴و۳و۲)	(۵و۴و۳)	(۶و۵و۴)	(۷و۶و۵)	(۸و۷و۶)	(۹و۸و۷)

برای محاسبه میانگین نظرات خبرگان و اعداد فازی مثلثی، فرمول‌های متعددی وجود دارد که در این پژوهش از یکی از معتبرترین و پر کاربردترین روش‌های محاسبه میانگین نظرات خبرگان (i=۱,۲,…,n) یعنی میانگین هندسی تک‌تک عناصر جهت ارزیابی شاخص‌ها (j=۱,۲,…,m) بهره برده شده است که بر این اساس، میانگین فازی برای هر شاخص (Lj , Mj , Uj) عبارت است از:

$$\widetilde{a_{ij}} = (L_{ij}, M_{ij}, U_{ij}) \quad , \quad i = ۱,۲, \dots, n \quad , \quad j = ۱,۲, \dots, m \qquad (۱)$$

$$L_j = (\prod_{i=۱}^{n} L_{ij})^{\frac{۱}{n}} \qquad (۲)$$

$$M_j = (\prod_{i=۱}^{n} M_{ij})^{\frac{۱}{n}} \qquad (۳)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$U_j = (\prod_{i=1}^{n} U_{ij})^{\frac{1}{n}} \quad (۴)$$

در گام بعد، برای هر شاخص (Lj , Mj , Uj)، با روش دیفازی‌سازی زیر مقدار قطعی (A) محاسبه می‌گردد و اگر مقدار قطعی و یا دیفازی شده (A) بزرگ‌تر از ۷ باشد، شاخص مورد قبول و تأیید قرار می‌گیرد و هر شاخصی که مقدار دیفازی شده (A) کمتر از ۷ داشته باشد، رد شده و از جمع شاخص‌ها حذف خواهد گردید [۱۹].

$$A_j = \frac{U_j + 4M_j + L_j}{6} \quad (۵)$$

به‌طورکلی یک رویکرد برای پایان دلفی آن است که میانگین یا مقدار دیفازی‌شده پرسش‌ها برای هر شاخص در راندهای اول و دوم با هم مقایسه گردند و اگر قدرمطلق اختلاف یا تفاضل بین راندها از حد آستانه خیلی کم یعنی از ۰/۲ کمتر باشد، دستور توقف نظرسنجی و پایان فرایند دلفی فازی صادر می‌گردد و در غیر این صورت راند سوم نیز اجرا می‌گردد [۲۰].

۳-۲- مجموعه‌های فازی شهودی

نظریه مجموعه‌های فازی در سال ۱۹۶۵ توسط زاده بر اساس گسترش میزان عضویت توابع از{۱و۰} به [۱و۰] ارائه و توسعه گردید. این نظریه از زمان ارائه آن تاکنون، گسترش زیادی یافته و کاربردهای گوناگون پیدا کرده است و می‌تواند بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند، به‌صورت ریاضی در شرایط ابهام و عدم اطمینان، فرموله کند [۲۱]. هر چند نظریه مجموعه‌های فازی از عهده عدم اطمینان‌های ناشی از ابهام یا تعلقات جزئی به یک مجموعه به‌طور موفق برمی‌آید، ولی نمی‌تواند همه حالات عدم اطمینان که غالباً در مسائل زندگی واقعی و مختلف وجود دارد، مخصوصاً مسائلی را که با اطلاعات ناکافی سروکار دارند، مدل‌سازی کند. آتاناسوف[۲۸] در سال ۱۹۸۶ تعمیمی از مجموعه‌های فازی را به نام مجموعه‌های فازی شهودی معرفی نمود که می‌تواند بعد دیگری از تابع عضویت را نمایان سازد. مجموعه‌های فازی شهودی به‌عنوان گسترشی از مجموعه فازی با دو مفهوم تابع یا درجه عضویت و تابع یا درجه عدم عضویت نشان داده می‌شود و ابزاری مناسب را برای توصیف اطلاعات مبهم و نادقیق در فرآیند تصمیم‌گیری فراهم می‌کند. یک مجموعه فازی شهودی U، مجموعه‌ای مانند A است که برای هر عضو $u \in U$، درجه عضویت $\mu_A(u)$ و

www.SID.ir

Archive of SID

درجه عدم عضویت به‌صورت زیر $v_A(u)$ و همچنین $\pi_A(u)$ درجه شک یا تردید u در A نسبت داده می‌شود [۲۱].

$$A = \{(u, \mu_A(u), v_A(u)) | u \in U\} \quad (۶)$$

$$۰ \leq v_A(u) + \mu_A(u) \leq ۱ \quad (۷)$$

$$\pi_A(u) = ۱ - (v_A(u) + \mu_A(u)) \quad (۸)$$

لازم به توضیح است که که $\mu_A(u)$ و $v_A(u)$ به‌ترتیب مجموعه‌های فازی شهودی را تشکیل می‌دهند و همچنین برای درجه شک و تردید u یعنی $\pi_A(u)$ قابل بیان است که هرچه مقدار آن کمتر باشد، دانش و آگاهی و اطمینان در مورد A بیشتر است و بالعکس. فرض کنید A و B دو مجموعه فازی شهودی متشکل از درجه عضویت μ و درجه عدم عضویت v می‌باشد. بر این اساس عملگرهای زیر تعریف شده است [۲۱، ۲۲]:

$$A(u) = \big(\mu_A(u), v_A(u)\big) \quad , \quad B(u) = (\mu_B(u), v_B(u)) \quad (۹)$$

$$(A + B)(u) = (\mu_A(u) + \mu_B(u) - \mu_A(u).\mu_B(u), v_A(u).v_B(u) \quad (۱۰)$$

$$(A.B)(u) = (\mu_A(u).\mu_B(u) - (v_A(u) + v_B(u) - v_A(u).v_B(u)) \quad (۱۱)$$

$$(A \cup B)(u) = (\max\big(\mu_A(u), \mu_B(u)\big), \min\,(v_A(u), v_B(u)) \quad (۱۲)$$

$$(A \cap B)(u) = (\min\big(\mu_A(u), \mu_B(u)\big), \max\,(v_A(u), v_B(u)) \quad (۱۳)$$

فرایند استفاده از مجموعه فازی شهودی این گونه است که ابتدا به کمک عبارت‌ها و واژه‌های زبانی و اعداد فازی شهودی (μ, v) تخصیص یافته جدول ۲، از خبرگان نظرسنجی می‌گردد و سپس وزن اهداف یا شاخص‌های مورد بررسی با کمک فرمول‌هایی که در در ادامه این بخش تشریح خواهند شد، تعیین می‌گردد [۲۳]:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ عبارت‌های کلامی و IFN تخصیص یافته [۲۳]

واژه‌های زبانی	بسیار کم (VL)	کم (L)	کمتر از متوسط (ML)	متوسط (M)	بیشتر از متوسط (MH)	زیاد (H)	بسیار زیاد (VH)
مقادیر فازی شهودی $IFN_{(\mu,v)}$	(۰/۱ و ۰/۹)	(۰/۱۵ و ۰/۲۵)	(۰/۲۵ و ۰/۳۵)	(۰/۵ و ۰/۴)	(۰/۵۵ و ۰/۲۵)	(۰/۸۵ و ۰/۱)	(۰/۹ و ۰/۱)

بر این اساس ابتدا نظرات خبرگان بر اساس جدول فوق به مقادیر فازی شهودی تبدیل می‌گردد و سپس با استفاده از روابط زیر وزن‌های شهودی اهداف یا شاخص‌ها و نهایتاً وزن قطعی نهایی و دیفازی شده محاسبه می‌گردد:

$$IW_r = \sum_{a=1}^{n} (W_{DM_a} \otimes E^r_{DM_a}) \tag{۱۴}$$

$$w_r = \frac{\mu_r + \frac{\pi_r . \mu_r}{\mu_r + v_r}}{\sum_{i=1}^{m}(\mu_r + \frac{\pi_r . \mu_r}{\mu_r + v_r})} \tag{۱۵}$$

$$\sum_{r=۱}^{m} W_r = ۱ \tag{۱۶}$$

در روابط فوق لازم به توضیح است که w_r وزن قطعی و نهایی هدف یا شاخص r، IW_r وزن شهودی هدف یا شاخص r، W_{DM_a} وزن تصمیم‌گیرنده یا خبره a، $E^r_{DM_a}$ نظر یا ارزیابی تصمیم‌گیرنده a از هدف یا شاخص r، m تعداد اهداف یا شاخص و n تعداد تصمیم‌گیرنده‌ها است. نهایتاً می‌توان بیان داشت که طبق رابطه ۲۳ بایستی مجموع اوزان قطعی و دیفازی‌شده برای اهداف یا شاخص‌ها بایستی برابر با ۱ باشد [۲۳]. شایان ذکر است که اخیراً در داخل کشور نیز مطالعات معتبری همچون قربانی و همکاران [۲۴]، محمودی و همکاران [۲۵] و دهقان خلیلی و محمدی [۲۶] نیز با استفاده از مجموعه‌های فازی شهودی اقدام به ارزیابی شاخص‌های مورد مطالعه با رویکردهای تصمیم‌گیری چندشاخصه ریاضی گردیده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۳- تکنیک LP-METRIC جهت حل مدل‌های ریاضی چندهدفه

گاهی اوقات تصمیم‌گیرنده در صدد حل مسئله به‌گونه‌ای است که تفاوت و انحراف بین اهداف و مقدار بهینه آن به حداقل ممکن برسد و همچنین با در نظرگرفتن همه اهداف با وزن‌های متفاوت، بهترین پاسخ را بیابد. در این رویکرد ابتدا مسئله با تک هدف جداگانه حل می‌گردد و سپس Z_i^* هر مسئله با یک تابع هدف تعیین می‌گردد [۲۷]. از دیرباز تاکنون یکی از متداول‌ترین و پرکاربردترین رویکردهای حل مدل‌های چند هدفه ریاضی، روش LP-METRIC می‌باشد که این مهم به دلایلی همچون سادگی اجرا و نیازمندی مجری به حداقل داده‌ها از خبرگان و ... می‌باشد. البته در این روش می‌توان وزن اهداف را یکسان در نظر گرفت و یا از روش‌های متنوع وزن‌دهی برای اهداف مورد بررسی وزن تعیین نمود [۲۸]. پس از تعیین اوزان هر یک از اهداف و محاسبه مقادیر بهینه توابع هدف جداگانه به شکل تک هدفه با توجه به فرمول زیر، همه اهداف با اوزان تعیین شده در قالب یک تابع هدف بازنویسی می‌گردند که در همه حالات به دنبال کمینه‌سازی میزان انحرافات مقادیر بهینه محاسبه شده تا مقادیر بهینه واقعی توابع هدف می‌باشد:

$$minZ = \{w_1\left(\frac{z_1^* - z_1}{z_1^*}\right)^p + w_2\left(\frac{z_2^* - z_2}{z_2^*}\right)^p + w_3\left(\frac{z_3^* - z_3}{z_3^*}\right)^p\}^{1/p} \qquad (۱۷)$$

نهایتاً در پایان بخش روش‌شناسی این مطالعه بایستی بیان نمود که داده‌های مورد نیاز انجام این پژوهش هم از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و مرور کتب و مقالات و هم از طریق بررسی اسناد موجود در صنعت و بازار و همچنین پرسشنامه و چک‌لیست‌های نظرخواهی از خبرگان مهیا می‌گردد. نرم‌افزارهای مورد استفاده در تحلیل داده‌ها برای اجرای تکنیک دلفی فازی و مجموعه فازی شهودی، اکسل ۲۰۱۹ بوده و مدل ریاضی چند هدفه نیز نهایتاً با نرم‌افزار GAMS ۲۵،۱،۲ با P های مختلف ($P=1,2,\ldots,\infty$) کدنویسی و حل می‌گردد.

٤- مورد مطالعه و تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها

در این بخش، بر پایه مرور پیشینه پژوهش و شناسایی اولیه اهداف متنوع، لیست اهداف اولویت‌دار برای استان بوشهر مطابق با سیاست‌های کلان منطقه‌ای و صنعتی از نظر خبرگان با تکنیک دلفی فازی غربال‌گری و شناسایی می‌گردد. تعداد خبرگان شناسایی شده برای

www.SID.ir

Archive of SID

غربالگری اهداف متنوع و چندگانه بهینه‌سازی شبکه‌های زنجیره تأمین پایدار به تعداد ۱۵ نفر می‌باشند. دلیل اجرای این بخش از روش‌شناسی از یک‌سو؛ تنوع بالای اهداف در مطالعات پیشین و همچنین محدودیت‌های مدلسازی و حل آن بوده و از سوی دیگر سیاست‌های خاص و کلان منطقه‌ای و استانی با توجه به وضعیت موجود می‌باشد. پس همه اهداف اهمیت دارند ولی ممکن است برخی از اهداف در حال حاضر برای یک برنامه عملیاتی از اهمیت بالاتری برخوردار باشد و به هیچ وجه این غربال‌گری و انتخاب اهداف به معنای بی‌اهمیتی اهداف حذف شده نمی‌باشد.

ابتدا لازم به توضیح است که خبرگان شرکت‌کننده در فرایند تصمیم‌گیری در پژوهش حاضر بر اساس ۳ معیار خبرگی انتخاب گردیده‌اند که معیارهای مذکور عبارت‌اند از: ۱- دارا بودن سابقه مدیریتی در صنعت لاستیک و پلاستیک در استان بوشهر (حداقل ۵ سال)، ۲- سابقه آموزش و پژوهش در زمینه مدیریت زنجیره تأمین (اساتید رشته‌های مدیریت صنعتی و مهندسی صنایع با حداقل ۵ سال سابقه آموزش و پژوهش)، ۳- دارا بودن سابقه مدیریتی در شرکت شهرک‌های صنعتی و مناطق ویژه اقتصادی استان بوشهر (حداقل ۵ سال). بر همین اساس، مجموع ۱۵ نفر خبرگان در دسترس و متمایل به همکاری شامل ۶ نفر از مدیران با سابقه شرکت‌های فعال در صنعت لاستیک و پلاستیک استان بوشهر، ۲ نفر از اساتید رشته مدیریت صنعتی، ۲ نفر از اساتید رشته مهندسی صنایع و همچنین ۵ نفر از مدیران با سابقه شرکت شهرک‌های صنعتی و مناطق ویژه اقتصادی استان بوشهر می‌باشد. علاوه بر این بایستی بیان نمود که تکنیک‌های تصمیم‌گیری کمی و کیفی مبتنی بر نظرات خبرگان با تعداد محدود کار می‌کنند و اصلی‌ترین معیار برای کفایت تعداد خبرگان در دسترس بودن و تمایل آن‌ها به همکاری می‌باشد که در قلمروی زمانی انجام این پژوهش بیش از ۱۵ نفر خبره با معیارهای خبرگی فوق‌الذکر و آشنا با محیط صنعت لاستیک و پلاستیک استان بوشهر یافت نگردید.

به‌طورکلی، اهداف در سه دسته اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی گنجانده شده‌اند. در جدول ۳، مهم‌ترین و پرتکرارترین اهداف مدل‌سازی شده در دسته‌های سه‌گانه قابل مشاهده می‌باشند:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. اهداف پرتکرار در بهینه‌سازی شبکه‌های زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار

هدف اصلی(کلی)	اقتصادی				زیست‌محیطی		اجتماعی	
شاخص یا هدف فرعی فرموله‌سازی شده	هزینه‌های حمل و نقل	هزینه‌های موجودی	سود/ درآمد	هزینه‌های راه‌اندازی و پرسنلی	انتشار CO_2	انتشار کربن	اشتغال	سلامت پرسنل

در ادامه اقدام به اجرای تکنیک دلفی فازی طبق نظر ۱۵ نفر از خبرگان در دسترس و متمایل به همکاری در استان بوشهر و منطقه و محاسبه میانگین فازی نظرات خبرگان یا ادغام اعداد فازی مثلثی می‌گردد. ابتدا در این مطالعه همان‌طور که در جدول ۴ قابل مشاهده است، تکنیک دلفی فازی در دو راند مختلف به اجرا گردیده است:

جدول ۴. نتایج حاصل از اجرای فرایند دلفی فازی در دو راند مختلف

اهداف	راند اول			راند دوم			قدرمطلق اختلاف بین ۲ راند
	میانگین فازی	مقدار قطعی	نتیجه	میانگین فازی	مقدار قطعی	نتیجه	
هزینه‌های حمل‌ونقل	(۹/۳۰ و ۷/۲۰ و ۶/۱۰)	۷/۳۷	پذیرش	(۸/۸۰ و ۷/۸۰ و ۵/۳۰)	۷/۵۵	پذیرش	۰/۱۸
هزینه‌های موجودی	(۷/۸۰ و ۵/۹۰ و ۵/۳۰)	۶/۱۲	رد	–	–	رد	حذف
سود/ رآمد	(۸/۹۰ و ۷/۰۰ و ۵/۳۰)	۷/۰۳	پذیرش	(۷/۹۲ و ۶/۷۸ و ۵/۸۹)	۶/۸۲	رد	حذف
هزینه‌های راه‌اندازی و پرسنلی	(۹/۵۰ و ۸/۰۰ و ۵/۵۰)	۷/۸۳	پذیرش	(۸/۸۱ و ۷/۹۰ و ۵/۶۰)	۷/۶۷	پذیرش	۰/۱۶
انتشار CO_2	(۹/۵۰ و ۷/۱۰ و ۵/۳۰)	۷/۲۰	پذیرش	(۷/۳۹ و ۶/۹۵ و ۶/۱۴)	۶/۸۹	رد	حذف
انتشار کربن	(۹/۱۰ و ۷/۳۰ و ۵/۶۰)	۷/۳۲	پذیرش	(۸/۲۰ و ۶/۱۰ و ۵/۲۰)	۶/۳۰	رد	حذف
اشتغال	(۹/۷۰ و ۸/۳۰ و ۵/۸۰)	۸/۱۲	پذیرش	(۹/۵۰ و ۸/۴۰ و ۶/۰۱)	۸/۱۹	پذیرش	۰/۰۷
سلامت پرسنل	(۸/۹۷ و ۷/۰۹ و ۵/۲۰)	۷/۰۹	پذیرش	(۷/۴۸ و ۷/۰۲ و ۶/۲۳)	۶/۹۷	رد	حذف

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، قدرمطلق اختلاف بین دو راند اجرای دلفی کمتر از ۰/۲ می‌باشد و بر این اساس فرایند دلفی فازی خاتمه می‌یابد و بر این اساس، اهداف اولویت‌دار جهت مدل‌سازی عبارت‌اند از: ۱- کمینه‌سازی کل هزینه‌های حمل‌ونقل (TC_1)، ۲- کمینه‌سازی کل هزینه‌های راه‌اندازی و پرسنلی (TC_2)، ۳- بیشینه‌سازی سطح کمی اشتغال (TE).

در ادامه این بخش، مورد مطالعه در استان بوشهر شامل شبکه‌ای از زنجیره تأمین صنعت لاستیک و پلاستیک با تمرکز بر لوله‌های پلی‌اتیلن و محصولات ترموپلاستیک پلیمری ویژه آبیاری و سایر مصارف در صنعت کشاورزی در نظر گرفته شده است. ترموپلاستیک‌های پلیمری؛ ارزان، سبک، شکل‌پذیر و در برابر خوردگی مقاوم و از نظر زیست‌محیطی موادی هستند که دارای قابلیت ذوب و زیرساختار احیای مجدد و فناوری فرآوری مجددی به بلوغ رسیده، می‌باشند.

مدل شامل ۴ لایه در لجستیک مستقیم (تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و مشتری‌ها) و سه لایه در لجستیک معکوس (مراکز جمع‌آوری که همان توزیع‌کنندگان، دفع، فرآوری مجدد/ بازیافت) می‌باشد. به‌طورکلی با جزئیات بیشتر؛ شبکه لجستیکی حلقه‌بسته مورد بررسی شامل ۹ تأمین‌کننده، ۱۵ تولیدکننده، ۹ توزیع‌کننده، ۱۲ مشتری و ۳ واحد فرآوری مجدد/ بازیافت می‌باشد. این ۵ نوع نقش با عواملی همچون بهبود/بازیافت، دفع و درصدی از ظرفیت معکوس در توزیع‌کننده سروکار دارند. این سه نرخ برای هر مشتری l، فرآوری مجدد m و توزیع کننده k یکسان در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این، در شبکه زنجیره تأمین چند مرحله‌ای، برای اندازه‌گیری اثربخشی لجستیک علاوه بر متوسط هزینه‌ها، تأمین تقاضای مشتریان، محدود بودن واحدهای فعال، مجاز بودن جریان بین دو مرحله متوالی و نرخ‌های بهبود و دفع در نظر گرفته می‌شود. همچنین در پژوهش حاضر، میزان اشتغال هر واحد نیز با توجه به اجماع نظر و توافق با نمره بالای خبرگان در مرحله ارزیابی و غربال‌گری اولیه اهداف با تکنیک دلفی فازی و اهمیت شاخصه‌های اجتماعی در پیشینه پژوهش مدیریت پایداری شبکه‌های لجستیکی، مورد توجه و تاکید قرار می‌گیرد. بر این اساس، در پژوهش حاضر یک مدل سه‌هدفه برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح ارائه می‌گردد. شایان ذکر است که پژوهشگران جهت انتخاب و طراحی مدل ریاضی چندهدفه مورد استفاده در مطالعه حاضر از مطالعاتی همچون لو ژن[۲۹] و همکاران در سال ۲۰۱۹ [۲] ، داتا[۳۰] و همکاران در سال ۲۰۱۹ [۱۰]، وفایی و همکاران درسال ۲۰۱۹ [۱۱]، ناگازاوا[۳۱] و همکاران در سال ۲۰۱۹ [۲۹]، بهره برده‌اند و بر پایه مدل‌های برگرفته از مطالعات فوق‌الذکر، تابع هدف اجتماعی با تاکید بر توسعه اشتغال با

www.SID.ir

Archive of SID

محدودیت‌های مربوطه به مدل‌های رایج بهینه‌سازی زنجیره تأمین حلقه بسته و پایدار افزوده می‌گردد. به عبارتی دیگر، مدل‌ها و الگوهای این اندیشمندان، می‌تواند زیربنا و مبنایی مطلوب و معتبر برای شروع و اجرای پژوهش حاضر باشد. اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای ضروری برای طراحی مدل ریاضی چندهدفه عبارت‌اند از:

۴-۱- اندیس‌ها:

I	تعداد تأمین‌کنندگان	(i =۱,۲,….,I)
J	تعداد تولید کنندگان	(j=۱,۲,….,J)
K	تعداد توزیع کنندگان	(k=۱,۲,….,K)
L	تعداد مشتریان	(l=۱,۲,….,L)
M	تعداد واحدهای فرآوری مجدد/ بازیافت	(m=۱,۲,….,M)

۴-۲- پارامترها:

a_i	ظرفیت تأمین‌کننده i ام
b_j	ظرفیت تولیدکننده j ام
ac_j	سرمایه مورد نیاز نیروی انسانی تولیدکننده j ام
dc_k	سرمایه مورد نیاز نیروی انسانی توزیع‌کننده k ام
rc_m	سرمایه مورد نیاز نیروی انسانی فرآوری مجدد/ بازیافت m ام
Sc_k	مجموع ظرفیت لجستیک مستقیم و معکوس در توزیع‌کننده k ام
pd_k	درصدی از کل ظرفیت برای لجستیک معکوس در توزیع‌کننده k ام
Pc_l	درصدی برای بهبودی/ بازیافت محصول استفاده شده توسط مشتری l ام
Pl_m	نرخ دفع فرآوری مجدد/ بازیافت m ام
d_l	تقاضای مشتری l ام
e_m	ظرفیت فرآوری مجدد/ بازیافت m ام
s_{ij}	هزینه تولیدکننده j ام با استفاده از مواد تأمین‌شده از سوی تأمین‌کننده i ام
t_{jk}	هزینه حمل‌ونقل از تولیدکننده j ام به توزیع کننده k ام
u_{kl}	هزینه حمل‌ونقل از توزیع‌کننده k ام به مشتری l ام
v_{km}	هزینه حمل‌ونقل از توزیع‌کننده k ام به فرآوری مجدد/ بازیافت m ام

www.SID.ir

Archive of SID

w_{mj} هزینه حمل‌ونقل از فرآوری مجدد/ بازیافت m ام به تولیدکننده j ام

Ru_{lk} هزینه بهبود هر واحد در توزیع‌کننده k ام تأمین‌شده از مشتری l ام

f_j هزینه ثابت برای فعالیت تولیدکننده j ام

g_k هزینه ثابت برای فعالیت توزیع‌کننده k ام

h_m هزینه ثابت برای فعالیت فرآوری مجدد/ بازیافت m ام

ca_j متوسط هزینه نیروی انسانی شاغل در تولیدکننده j ام

cd_k متوسط هزینه نیروی انسانی شاغل در توزیع‌کننده k ام

cr_m متوسط هزینه نیروی انسانی شاغل در فرآوری مجدد/ بازیافت m ام

φ هزینه ثابت دفع هر واحد

۴-۳- متغیرها:

x_{ij} مقدار محصول تولید شده در تولیدکننده j ام با استفاده از تأمین‌کننده i ام

y_{jk} مقدار محصول حمل شده از تولیدکننده j ام به توزیع‌کننده k ام

z_{kl} مقدار محصول حمل شده از توزیع‌کننده k ام به مشتری l ام

o_{km} مقدار محصول فرآوری شده حمل شده از توزیع‌کننده k ام به فرآوری مجدد/ بازیافت m ام

Rd_{mj} مقدار محصول حمل شده از فرآوری مجدد/ بازیافت m ام به تولیدکننده j ام

Rz_{lk} مقدار محصول برگشتی برای فرآوری از مشتری l ام به توزیع کننده k ام

α_j اگر تولیدکننده j ام، محصول را تولید کند، عدد یک و در غیر این‌صورت عدد صفر را می‌پذیرد

β_k اگر توزیع کننده k ام فعالیت کند، عدد یک و در غیر این‌صورت عدد صفر را می‌پذیرد

δ_m اگر فرآوری مجدد/ بازیافت m ام فعالیت کند، عدد یک و در غیر این‌صورت عدد صفر را می‌پذیرد

ty_j تعداد شاغلین در واحد تولیدکننده j ام

tz_k تعداد شاغلین در واحد توزیع‌کننده k ام

to_m تعداد شاغلین در واحد فرآوری مجدد/ بازیافت m ام

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۴- مدل ریاضی سه هدفه:

$$\min \quad \boldsymbol{TC1} = \sum_i \sum_j s_{ij}\ x_{ij} + \sum_j \sum_k t_{jk}\ \ y_{jk} + \sum_k \sum_l u_{kl}\ \ z_{kl} + \sum_k \sum_m v_{km}\ \ o_{km} + \sum_m \sum_j w_{mj}\ \ Rd_{mj} + \sum_l \sum_k Ru_{lk}\ \ Rz_{lk} \tag{۱۸}$$

$$min\ \boldsymbol{TC2} = \sum_j (f_j + ty_j\ \ ca_j)\,\alpha_j + \sum_k (g_k + tz_k\, cd_k)\beta_k + \sum_m (h_m + to_m\, cr_m)\delta_m + \varphi \sum_m o\, p_m \tag{۱۹}$$

$$max\ \ \boldsymbol{TE} = \sum_j ty_j \alpha_j + \sum_k tz_k\, \beta_k + \sum_m to_m\, \delta_m \tag{۲۰}$$

Subject to:

$$\sum_j x_{ij} \le a_i \quad \forall i \tag{۲۱}$$

$$\sum_k y_{jk} \le b_i \alpha_j \quad \forall j \tag{۲۲}$$

$$\sum_i x_{ij} + \sum_m Rd_{m_j} = \sum_k y_{jk} \quad \forall j \tag{۲۳}$$

$$\sum_l z_{kl} + \sum_m o_{km} \le \sum_k sc_k\, \beta_k \quad \forall k \tag{۲۴}$$

$$\sum_j y_{jk} = \sum_l z_{kl} \quad \forall k \tag{۲۵}$$

$$\sum_m o_{km} \le pd_k sc_k \beta_k \quad \forall k \tag{۲۶}$$

$$\sum_l Rz_{lk} = \sum_m o_{km} \quad \forall k \tag{۲۷}$$

$$\sum_k Rz_{kl} \ge pc_l \sum_k z_{kl} \quad \forall l \tag{۲۸}$$

$$\sum_k z_{kl} \ge d_l \quad \forall l \tag{۲۹}$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\sum_{j} Rd_{m_j} + \mathrm{Op_m} \le e_m \delta_m \qquad \forall m \qquad (۳۰)$$

$$\sum_{j} o_{km} = \sum_{l} Rd_{mj} + \mathrm{Op_m} \qquad \forall m \qquad (۳۱)$$

$$\mathrm{Op_m} \ge \mathrm{pL_m} \sum_{\mathrm{k}} \mathrm{O_{km}} \qquad \forall \mathrm{m} \qquad (۳۲)$$

$$\sum_{j} ty_j \; ca_j \le \sum_{j} ac_j \qquad (۳۳)$$

$$\sum_{k} tz_k \, cd_k \le \sum_{\mathrm{k}} \mathrm{dc_k} \qquad (۳۴)$$

$$\sum_{k} to_m \, cr_m \le \sum_{\mathrm{m}} \mathrm{rc}_m \qquad (۳۵)$$

$$\alpha_j, \beta_k, \delta_m \quad \in \quad \{۰,۱\} \qquad (۳۶)$$

$$ty_j, tz_k, to_m \quad \in \quad N \cup \{۰\} \qquad (۳۷)$$

$$x_{ij}, y_{jk}, z_{kl}, o_{km}, Rd_{mj}, Rz_{lk} \ge ۰\,, \quad Integer \qquad (۳۸)$$

اهداف اول و دوم این مدل یعنی رابطه‌های شماره ۱۸ و ۱۹، کمینه‌سازی تمامی هزینه‌ها اسـت. تابع هدف اول در برگیرنده هزینه‌های حمل‌ونقل و تابع هدف دوم شـامل هزینـه‌های راه‌انـدازی و پرسنلی است. تابع هدف سوم یعنی رابطه ۲۰، اشتغال واحـدها را بیشـینه می‌کنـد. محـدودیت‌های مدل دو نوع هستند: دسته اول مربوط به ظرفیت‌ها[۳۲] و دسته دوم از نـوع حفـظ جریـان[۳۳] هسـتند. رابطه‌های ۲۱ و ۲۲ محدودیت‌های ظرفیـت تأمین‌کننـده‌ها و تولیدکننـده‌ها در لجسـتیک مسـتقیم را نشان می‌دهد. رابطه ۲۴ بیان می‌کند که مجموع جریان‌های مستقیم و معکوس نمی‌تواند از مجمـوع ظرفیـت توزیع‌کننـده تجـاوز کنـد. رابطـه‌های ۲۶ و ۳۰ محـدودیت‌های ظرفیـت معکـوس بـرای توزیع‌کنندگان و فرآوری مجددها/ بازیافتی‌هـا را بـه‌ترتیب نشـان می‌دهنـد. رابطـه ۲۸ محـدودیت مربوط به مقدار محصول برای بهبود یا فرآوری/ بازیافت محصول استفاده شده توسـط مشـتری به همراه نرخ بهبود/بازیافت را شرح می‌دهد. رابطـه‌های ۳۳، ۳۴ و ۳۵ محـدودیت‌های مربـوط بـه اشتغال واحدها است. رابطه‌های ۲۳ ، ۲۵ ، ۲۷ و ۳۱ قوانین حفظ جریان که دلالت بر یکسـان بـودن جریان ورودی با جریان خروجی دارد را رعایـت می‌کنـد. رابطـه ۲۹ تـأمین تقاضـای مشـتری را نشان می‌دهد. رابطه ۳۶، محدودیت متغیرهای بـاینری و رابطـه‌های ۳۷ و ۳۸ نیـز متغیرهـای عـدد

www.SID.ir

Archive of SID

صحیح و غیر صفر را نشان می‌دهد. علاوه بر این، شایان ذکر است که مدل، شامل $(I+2J+4K+2L+4M+3)$ محدودیت و $(I.J+J.K+2.K.L+K.M+M.J+2(J+K)+3M)$ متغیر تصمیم است پس تعداد متغیرها همیشه از تعداد محدودیت‌ها است و بنابراین مدل، همیشه شدنی است. ابتدا مسئله بهینه‌سازی با تک هدف حل گردیده است و نتایج آن در قالب جدول ۵ قابل مشاهده می‌باشد:

جدول ۵ .مقادیر بهینه اهداف (حل مسئله به صورت تک‌هدفه)

توابع هدف	اهداف		
	تابع هدف اول برای کمینه‌سازی کل هزینه‌های حمل و نقل (TC_1) به میلیون ریال	تابع هدف دوم برای کمینه‌سازی کل هزینه‌های راه‌اندازی و پرستلی (TC_2) به میلیون ریال	تابع هدف سوم برای بیشینه‌سازی کل اشتغال (TE) به نفر
حل تک هدفه	۲۲۸۹۴	۶۶۳۹۶۵	۷۶۷

با توجه به اینکه اهداف از جنس هزینه‌ها می‌بایست کمینه و هدف توسعه اشتغال، بیشینه گردد و محدودیت‌هایی که سازمان‌های دولتی در ارائه تسهیلات بانکی و حمایت از پروژه‌ها دارند و سیاست دولت در ارتباط با بیکاری به‌عنوان یک معضل اجتماعی و سایر ابهامات، در گام بعدی از نظریه فازی شهودی برای کاهش میزان شک و تردید توابع هدف در پژوهش حاضر استفاده می‌گردد. بدین منظور، وزن و اهمیت هر یک از اهداف سه‌گانه فوق‌الذکر، توسط یک تیم خبرگانی ۵ نفره به کمک عبارت‌های کلامی و اعداد فازی شهودی تعیین می‌گردد و البته هر کدام از تصمیم‌گیرندگان و خبرگان نیز ابتدا بر پایه تحصیلات، سابقه کار و ... توسط تیم پژوهشگران و افراد مطلع، وزن‌دهی گردیده‌اند. شایان ذکر است، تیم خبرگان ۵ نفره، با معیارهای خبرگی که در اجرای تکنیک دلفی فازی مطرح گردید انتخاب گردیدند و شامل ۲ تن از مدیران با سابقه صنعت لاستیک و پلاستیک، ۱ نفر استاد دانشگاه از رشته مدیریت صنعتی و ۲ مدیر با سابقه شرکت شهرک‌های صنعتی و منطقه ویژه اقتصادی استان بوشهر می‌باشد. جدول ۶ گویای نظرخواهی از خبرگان پیرامون اهداف سه‌گانه و وزن‌های فازی شهودی و قطعی دیفازی شده هر یک از اهداف می‌باشد:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶. ارزیابی تصمیم‌گیرندگان و وزن‌دهی نهایی اهداف با رویکرد فازی شهودی

	تصمیم‌گیرندگان (خبرگان) و وزن‌های آن‌ها					وزن فازی شهودی هر یک از اهداف	وزن نهایی دیفازی‌شده هر یک از اهداف (W_i)
	خبره ۱ با وزن H	خبره ۲ با وزن MH	خبره ۳ با وزن VH	خبره ۴ با وزن H	خبره ۵ با وزن M		
	(۰/۱ و ۰/۸۵)	(۰/۲۵ و ۰/۵۵)	(۰/۱ و ۰/۹)	(۰/۱ و ۰/۸۵)	(۰/۴ و ۰/۵)		
هدف اول (TC_1) کمینه‌سازی کل هزینه‌های حمل و نقل	L	ML	M	M	ML	(۰/۲۱ و ۰/۷۹۲)	۰/۳۳۰
	(۰/۲۵ و ۰/۱۵)	(۰/۳۵ و ۰/۲۵)	(۰/۴ و ۰/۵)	(۰/۴ و ۰/۵)	(۰/۳۵ و ۰/۲۵)		
هدف دوم (TC_2) کمینه‌سازی کل هزینه‌های راه‌اندازی **و پرسنلی**	M	H	ML	M	ML	(۰/۰۱۷ و ۰/۸۸۱)	۰/۳۳۲
	(۰/۴ و ۰/۵)	(۰/۱ و ۰/۸۵)	(۰/۳۵ و ۰/۲۵)	(۰/۴ و ۰/۵)	(۰/۳۵ و ۰/۲۵)		
هدف سوم (TE) بیشینه‌سازی کل اشتغال	VH	MH	VH	VH	H	(۰/۰۰۱ و ۰/۹۹۶)	۰/۳۳۸
	(۰/۱ و ۰/۹)	(۰/۲۵ و ۰/۵۵)	(۰/۱ و ۰/۹)	(۰/۱ و ۰/۹)	(۰/۱ و ۰/۸۵)		

با توجه به نتایج مندرج در جدول فوق، می‌توان بیان داشت که هدف سوم یعنی توسعه کمی یا بیشینه‌سازی اشتغال از سایر اهداف وزن بیشتری داشته و به‌ترتیب هدف دوم یعنی کمینه‌سازی هزینه‌های راه‌اندازی در جایگاه دوم اهمیت قرار داشته و نهایتاً هدف اول یعنی کمینه‌سازی هزینه‌های حمل‌ونقل در جایگاه سوم اهمیت قرار گرفته است.

در ادامه، تابع هدف جدید ادغامی متشکل از ۳ هدف وزن‌دهی شده، با رویکرد LP-METRIC طراحی و مسئله مورد بررسی با نرم‌افزار GAMS ۲۵,۱,۲ با P های مختلف ($P=1,2,\ldots,\infty$) به شکل چند هدفه کدنویسی و حل می‌گردد و رضایت‌بخش‌ترین پاسخ‌ها برای بهینه‌سازی مسئله چندهدفه شبکه لجستیکی حلقه بسته صنعت لاستیک و پلاستیک در استان

www.SID.ir

Archive of SID

بوشهر با تأکید بر توسعه اشتغال به دست می‌آیند که نتایج آن در جدول ۷ قابل مشاهده می‌باشد:

جدول ۷ . مقادیر بهینه یا رضایت‌بخش اهداف سه‌گانه
(حل سه هدفه همزمان با رویکرد LP-Metric با P های مختلف)

بهینه‌سازی چندهدفه			اهداف و مقادیر آن‌ها		
			تابع هدف اول برای کمینه‌سازی کل هزینه‌های حمل‌ونقل (TC_1) به میلیون ریال	تابع هدف دوم برای کمینه‌سازی کل هزینه‌های راه‌اندازی و پرسنلی (TC_2) به میلیون ریال	تابع هدف سوم برای بیشینه‌سازی کل اشتغال (TE) به نفر
حل مدل ریاضی سه‌هدفه موزون با رویکرد فازی شهودی با روش LP-Metric با P های مختلف و لیست‌های جواب‌های مختلف رضایت‌بخش	P =	۱	۲۵۱۰۸	۷۹۴۴۱۷	۷۲۸
	P =	۲	۲۴۵۸۹	۷۸۴۹۹۸	۷۲۴
	P =	۳	۲۴۴۸۸	۷۸۴۴۱۷	۷۲۷
	P =	۴	۲۵۰۹۱	۷۹۵۱۳۴	۷۲۱
	P =	۵	۲۵۹۰۸	۷۹۶۸۹۵	۷۲۹
	P =	۱۰	۲۴۹۹۹	۷۸۹۹۱۹	۷۲۲
	P =	۱۵	۲۴۹۸۹	۷۹۰۰۷۶	۷۲۰
	P =	۲۰	۲۵۱۰۸	۷۹۱۲۱۴	۷۲۳
	P =	۴۰	۲۶۱۳۹	۸۱۰۲۳۴	۷۱۸
	P =	۱۰۰	۲۵۷۸۱	۸۰۱۴۳۸	۷۱۹
	P =	۲۰۰	۲۵۰۰۵	۷۹۱۲۲۱	۷۱۳
	P =	۵۰۰	۲۵۳۴۱	۷۹۸۸۲۶	۷۱۱
	P =	۱۰۰۰	۲۴۷۹۸	۷۸۸۸۹۱	۷۰۸
	P =	۱۰۰۰۰	۲۵۶۰۸	۷۹۷۳۰۲	۷۱۰
	P =	∞	۲۵۶۴۱	۸۱۳۲۴۹	۷۰۹

در بین پاسخ‌های رضایت‌بخش ایجاد شده برای مسئله چندهدفه با رویکرد LP-Metric مندرج در جدول ۷ می‌توان بیان داشت که بهترین پاسخ برای این مسئله با P=۳ ایجاد شده است که در جدول ۸، جداگانه برای هر یک از اهداف نمایش داده شده است:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸. بهترین و رضایت‌بخش‌ترین پاسخ مسئله چند هدفه با رویکرد LP-Metric با P=۳

توابع هدف سه‌گانه	**اهداف و مقادیر آن‌ها**		
	تابع هدف اول برای کمینه‌سازی کل هزینه‌های حمل‌ونقل (TC_1) به میلیون ریال	تابع هدف دوم برای کمینه‌سازی کل هزینه‌های راه‌اندازی و پرسنلی (TC_2) به میلیون ریال	تابع هدف سوم برای بیشینه‌سازی کل اشتغال (TE) به نفر
حل چند هدفه	۲۴۴۸۸	۷۸۴۴۱۷	۷۲۷

با توجه به بهترین پاسخ مسئله در جدول ۸، می‌توان تولید بهینه هر یک از واحدهای تولیدکننده با مواد اولیه تأمین‌شده از سوی تامین‌کننده‌های مختلف را تعیین نمود که در جدول ۹ ارائه گردیده‌اند. طبیعی است سلول‌هایی از جدول و جداول بعدی که مقداری ندارند یعنی در حالت بهینه، نیاز به فعالیت و راه‌اندازی آن‌ها نمی‌باشد. همچنین در سطر انتهایی جدول ۹ تعداد بهینه و مطلوب شاغلین در واحدهای تولیدی فعال، مشخص و تعیین گردیده است.

جدول ۹ . مقادیر بهینه محصولات تولید شده در تولیدکننده j ام از تأمین‌کننده i ام (X_{ij}) (واحد تُن)

X_{ij}		تولیدکنندگان (j)										
		۱	۲	۴	۵	۶	۸	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
تأمین‌کنندگان (i)	۱	۹۷			۱۰۰			۱۰۰	۲۴			۷۸
	۲	۱	۱۰۰	۹۳		۱۰۰	۳		۳			
	۳	۳۴	۱۰۰		۱۰۰	۱۰۰			۱۰۰	۹۱	۱۰۰	۱۰۰
	۴		۱۰۰			۱۰۰	۱۰۰		۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۵			۱۰۰	۱۰۰			۱۰۰	۴			
	۶		۱۰۰				۱۰۰	۱۰۰	۶۸			
	۷			۱۰۰		۳۲		۱۰۰				۱۰۰
	۸			۱۰۰		۱۰۰	۱۰۰	۱۳			۱۰۰	
	۹	۱۲		۱۰۰	۱۰۰					۱۰۰	۹۴	۱۰۰
تعداد شاغلین در واحد تولیدکننده j ام (ty_j)		۴۱	۳۰	۲۶	۴۶	۴۵	۴۹	۴۹	۵۰	۴۷	۴۳	۳۷

در جدول ۱۰ مقادیر بهینه محصولات تولیدی حمل شده از هر یک از واحدهای تولیدکننده به توزیع‌کننده‌های مختلف و همچنین در سطر انتهایی جدول ۱۰ تعداد بهینه و مطلوب شاغلین

www.SID.ir

Archive of SID

در واحدهای توزیع‌کننده فعال مشخص و تعیین گردیده است.

جدول ۱۰ . مقادیر بهینه محصولات حمل شده از تولیدکننده j ام به توزیع‌کننده k ام (Y_{jk}) (واحد تُن)

Y_{jk}		توزیع‌کنندگان (k)						
		۱	۴	۵	۶	۷	۸	۹
تولیدکنندگان (j)	۱	۴۸	۳۴	۱۰۰	۸۵		۱۰۰	
	۲				۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۴		۱۰۰		۱۰۰	۹۳	۱۰۰	۱۰۰
	۵			۷	۱۰۰	۹۳	۱۰۰	۱۰۰
	۶	۱۰۰		۳۲		۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۸		۱۰۰	۳		۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
	۱۰			۱۰۰	۱۳	۱۰۰		۱۰۰
	۱۱	۱۰۰			۱۰۰		۹۱	۹۹
	۱۲	۱۰۰		۱۰۰				
	۱۳	۱۰۰		۱۰۰	۱۰۰	۹۴	۸۳	
	۱۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰				۹۵
تعداد شاغلین در واحد توزیع‌کننده k ام (tz_k)		۳۹	۴۸	۴۸	۳۷	۲۴	۲۹	۳۲

در جدول ۱۱ مقادیر بهینه محصولات تولیدی حمل شده از هر یک از واحدهای توزیع‌کننده فعال به همه مشتریان متقاضی در ۱۲ بخش مختلف، مشخص می‌باشد.

جدول ۱۱ . مقادیر بهینه محصولات حمل‌شده از توزیع‌کننده k ام به مشتری l ام (Z_{kl}) (واحد تُن)

Z_{kl}		مشتریان (l)											
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
توزیع‌کنندگان (k)	۱		۱۰۰	۸۸	۱۰۰	۱۰۰			۶۳	۳۲		۶۵	
	۴		۱۰۰		۳۸	۳	۵۱			۱۰۰			۹۳
	۵	۹۸		۱۰۰	۱۰۰					۹۳		۱۰۰	
	۶	۱۰۰	۲۵	۱۰۰				۷۳	۱۰۰		۱۰۰	۱۰۰	
	۷	۱۰۰				۱۰۰	۱۰۰	۸۰	۱۰۰		۱۰۰		۱۰۰
	۸	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰		۱۰۰	۱۰۰		۱۰۰	۱۰۰			۷۴
	۹	۱۰۰	۱۰۰		۱۰۰	۱۰۰		۱۰۰	۱۰۰		۹۴		۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

در جدول ۱۲ مقادیر بهینه محصولات تولیدی برگشتی برای فرآوری از سوی مشتریان بخش‌های مختلف به هر یک از واحدهای توزیع‌کننده فعال، مشخص می‌باشد.

جدول ۱۲. مقادیر بهینه محصولات برگشتی از مشتری l ام به توزیع‌کننده k ام (Rz_{lk}) (واحد تُن)

Rz_{lk}		توزیع‌کنندگان (k) ۱	۷	۸	۹
مشتریان (l)	۲				۵۲
	۴		۲۴		
	۵			۴۳	
	۱۰	۲۱			

در جدول ۱۳ مقادیر بهینه حمل شده محصولات تولیدی برگشتی از سوی مشتریان در هر یک از واحدهای توزیع‌کننده فعال به واحدهای فرآوری/ بازیافت، مشخص و همچنین در ستون انتهایی آن نیز تعداد بهینه و مطلوب شاغلین در واحدهای فرآوری فعال، تعیین گردیده است.

جدول ۱۳. مقادیر بهینه محصولات حمل‌شده از توزیع‌کننده k ام به واحد فرآوری/ بازیافت m ام (O_{km}) (واحد تُن)

O_{km}		توزیع‌کنندگان (k) ۱	۷	۸	۹	تعداد شاغلین در واحد فرآوری/ بازیافت m ام (to_m)
واحدهای فرآوری (m)	۲	۲۱	۲۴	۴۳	۵۲	۷

در جدول ۱۴ مقادیر بهینه محصولات حمل شده فرآوری/ بازیافت شده از هر یک از واحدهای فعال فرآوری/بازیافت به واحدهای تولیدکننده متقاضی و فعال، مشخص می‌باشد.

جدول ۱۴. مقادیر بهینه محصولات حمل‌شده از واحد فرآوری/ بازیافت m ام به تولیدکننده j ام (Rd_{mj}) (واحد تُن)

Rd_{mj}		تولیدکنندگان (j) ۱	۸
واحدهای فرآوری (m)	۲	۲۶	۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات:

مطالعه حاضر با هدف طراحی و ارائه مدل چند هدفه ریاضی جهت بهینه‌سازی شبکه لجستیکی حلقه‌بسته در صنعت لاستیک و پلاستیک استان بوشهر در بخش کشاورزی طرح‌ریزی گردید. ابتدا پژوهشگران در پی شناخت اهداف اولویت‌دار و مهم برای استان بوشهر در طراحی مدل ریاضی بر پایه پیشینه پژوهش و البته نظر خبرگان می‌باشند چرا تاکنون مطالعه‌ای عملیاتی در استان بوشهر برای صنعت مذکور صورت نپذیرفته است. این گام از پژوهش توسط تکنیک دلفی فازی و همکاری ۱۵ نفر از خبرگان اجرا می‌گردد که از بین ۸ هدف پرتکرار در مطالعات پیشین برای شرایط حاضر در استان بوشهر سه هدف برای مراحل بعدی مورد تأیید واقع می‌گردد که عبارت‌اند از: ۱- کمینه‌سازی کل هزینه‌های حمل و نقل (TC_1)، ۲- کمینه‌سازی کل هزینه‌های راه‌اندازی و پرسنلی (TC_2)، ۳- بیشینه‌سازی سطح کمی اشتغال (TE). لازم به تاکید و توضیح مجدد است که حذف اهداف دیگر به معنای کم اهمیتی آن‌ها نبوده و بلکه در حال حاضر با توجه به سیاست‌های کلان منطقه‌ای در استان بوشهر و اجماع نظر خبرگان در صنعت لاستیک و پلاستیک ۳ هدف مذکور، اولویت‌دارتر و مهم‌تر تشخیص داده شدند و تاکید بیشتر خبرگان در استان بر هدف توسعه اشتغال بوده است. در گام بعد، با رویکرد فازی شهودی توسط ۵ نفر از خبرگان، وزن اهداف سه‌گانه فرموله‌شده تعیین گردیده و نهایتاً با روش LP-METRIC با P های مختلف از ۱ تا ∞ ، مسئله سه هدفه حل گردیده و رضایت‌بخش‌ترین پاسخ از بین جواب‌های محاسبه شده برای شبکه مورد بررسی ارائه می‌گردد. در حل مدل سه هدفه می‌توان بیان داشت که حداقل هزینه‌های حمل‌ونقل و راه‌اندازی و پرسنلی به ترتیب به میزان ۲۴۴۸۸ و ۷۸۴۴۱۷ میلیون ریال بوده و در بهترین حالت می‌تواند در واحدهای تولیدی، توزیع‌کننده و فرآوری برای ۷۲۷ نفر اشتغال ایجاد نماید. نتایج این مطالعه همراستا با بسیاری از مطالعات همچون همچون لو ژن و همکاران در سال ۲۰۱۹ [۲]، داتا و همکاران در سال ۲۰۱۹ [۱۰] ، وفایی و همکاران درسال ۲۰۱۹ [۱۱]، ناگازاوا و همکاران در سال ۲۰۱۹ [۲۹] می‌باشد. از طرفی امروزه همگان بر توسعه شبکه زنجیره‌های تأمین حلقه بسته پایدار برای همه زمینه‌های کسب و کاری تاکید دارند [۳۰].

پیشنهادهای کاربردی و راهکارهای حاصل از اجرای پژوهش حاضر را می‌توان به ذی‌نفعان اینگونه بیان نمود که بایستی برای کل صنعت لاستیک و پلاستیک با محصولات مختلف نیز این مدل را توسعه داده و از نتایج آن بهره ببرند. با توجه به اطلاعات در اختیار پژوهشگران در مقیاس کوچک این مطالعه برای محصول مورد بررسی در لجستیک معکوس

www.SID.ir

Archive of SID

یک واحد فرآوری/ بازیافت لازم می‌باشد و در این حالت همین واحد فرآوری/ بازیافت می‌تواند برای ۷ نفر اشتغال ایجاد نماید و با بازیافت محصولات یا ضایعات آن‌ها صرفه‌جویی‌هایی اساسی ایجاد نماید. نکته قابل توجه دیگر این است که در هر منطقه بایستی با کمک خبرگان محلی و ملی، هدف‌گذاری خاص و متناسب با شرایط بومی آن صورت پذیرد و پس از اولویت‌بندی اهداف چندگانه، اقدام به برنامه‌ریزی جهت تحقق اولویت‌دارترین اهداف همان منطقه یا صنعت در استان گردد. با توجه به شرایط حاکم بر استان بوشهر و رشد صنایع نسبی لاستیک و پلاستیک به نظر می‌رسد امروزه مبتنی بر نظرات خبرگان، بایستی بر هدف توسعه اشتغال در کنار توجه به سایر اهداف اقتصادی تمرکز نمود و راه‌اندازی واحدهای فرآوری/ بازیافت یکی از راهکارهای توسعه اشتغال و تحقق پایداری می‌باشد. مسئولین مربوطه و صاحبان صنایع هر چه سریعتر بایستی زیرساخت‌های لازم برای ایجاد و توسعه واحدهای فرآوری و بازیافت در صنعت لاستیک و پلاستیک برای هر خانواده محصول با هدف توسعه اشتغال و حفظ محیط زیست، فراهم نمایند چرا که شرکت‌ها به واسطه این اقدام سبز و اجتماعی (بشردوستانه) می‌توانند مورد توجه مسئولین استانی و ملی قرار گیرند و از جوایز و منافع پر شماری همچون تسهیلات فوری و کم‌بهره بانک‌ها بهره‌مند گردند و در اجتماع، به حسن شهرت برند برسند.

پیشنهادهای پژوهشی که می‌توان برای مطالعات آتی ارائه نمود، عبارت‌اند از: ۱- فرموله‌سازی تابع هدف زیست‌محیطی و حل مجدد مدل چند هدفه. ۲- فرموله‌سازی سه هدفه با رویکرد پایداری با توابع هدف با نام‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی. ۳- حل مدل ارائه شده در مقیاس‌های بزرگتر با الگوریتم‌های فراابتکاری چندهدفه همچون الگوریتم ژنتیک چند هدفه و سایر الگوریتم‌های ترکیبی. ۴- استفاده از سایر روش‌های اولویت‌بندی دقیق و چندمعیاره، ابتکاری‌ها و فراابتکاری‌ها، استنتاج فازی و غیره جهت وزن‌دهی اهداف و حل مدل چند هدفه. ۵- حل مدل چندهدفه با رویکردها و روش‌های دیگر دقیق و نادقیق. ۶- توسعه شبکه از منظر لایه‌ها و بازیگران و یا فازی یا تصادفی نمودن برخی از پارامترهای مدل همچون تقاضا و سایر نرخ‌ها.

نوآوری‌های نسبی پژوهش حاضر عبارت‌اند از: ۱- ارائه یک مدل چندهدفه و حل آن در صنایع لاستیک و پلاستیک در استان بوشهر برای نخستین بار با تاکید بر لجستیک معکوس و واحدهای فرآوری و بازیافت و بیشینه‌سازی میزان اشتغال در سرتاسر شبکه، ۲- ارزیابی اهداف پرتکرار، متنوع و چندگانه بهینه‌سازی شبکه‌های زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار از دید

www.SID.ir

Archive of SID

خبرگان استان بوشهر و غربال‌گری آن‌ها توسط تکنیک دلفی فازی، ۳- وزن‌دهی اهداف شناسایی و فرموله‌سازی شده با رویکرد فازی شهودی و آماده‌سازی آن‌ها جهت حل با روش LP-METRIC. ۴- حل مدل سه هدفه با روش LP-METRIC مبتنی بر P های مختلف از صفر تا بی‌نهایت و یافتن بهترین پاسخ که در مقالات مختلف عمدتاً با P مساوی با صفر یا یک حل می‌گردد.

٦-پی‌نوشت‌ها:

١. Economic goals
٢. Environmental goals
٣. Corporate sustainability (CS)
٤. Social sustainability (SS)
٥. Sustainable closed-loop supply chain (SCLSC)
٦. Recycling Units
٧. Direct logistics
٨. Reverse Logistics
٩. Forward Logistics
١٠. Reverse Logistics
١١. E- commerce
١٢. Multi-channel supply chain
١٣. Career Opportunities
١٤. Green Plastic
١٥. Recycle
١٦. Renewable
١٧. ٣D Printing
١٨. Green Polymer
١٩. Green Polyethylene (PE)
٢٠. Bio polyethylene
٢١. Biopolymer
٢٢. Polymer Resin
٢٣. Green Resin
٢٤. Waste
٢٥. Fuzzy Delphi Technique
٢٦. Intuitive Fuzzy Set
٢٧. Triangular Fuzzy Numbers
٢٨. Atanasov
٢٩. Lu Zhen
٣٠. Dutta
٣١. Nagasawa
٣٢. Capacity Constraint
٣٣. Flow Conservation Constraint

۷- منابع

[١] Hasanov, P., & et al. (٢٠١٩)."Four-level closed loop supply chain with remanufacturing," *Applied Mathematical Modelling, 66,* pp. ١٤١-١٥٥.

[٢] Zhen, L., Huang, L., & Wang, W. (٢٠١٩). "Green and Sustainable Closed-Loop Supply Chain Network Design under Uncertainty," *Journal of Cleaner Production*, p. DOI: ١٠,١٠١٦/j.jclepro.٢٠١٩,٠٤,٠٩٨.

www.SID.ir

Archive of SID

[۳] Peng, H., Shen, N., Liao, H., Xue, H., & Wang, Q. (۲۰۲۰). "Uncertainty factors, methods, and solutions of closed-loop supply chain — A review for current situation and future prospects," *Journal of Cleaner Production,* p. DOI: https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۲۰,۱۲۰۰۳۲.

[٤] Jia, R., Liu, Y., & Bai, X. (۲۰۲۰).Distributionally robust goal programming approach for planning a sustainable development problem, *Journal of Cleaner Production,* p. DOI: https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۲۰,۱۲۰٤۳۸.

[٥] Messmann, L., Zender, V., Thorenz, A. & Tuma, A. (۲۰۲۰). "How to Quantify Social Impacts in Strategic Supply Chain Optimization:State of the Art," *Journal of Cleaner Production,* p. DOI: https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۲۰. ۱۲۰٤٥۹.

[٦] Zandieh, M., & Aslani, B. (۲۰۱۹). "A hybrid MCDM approach for order distribution in a multiple-supplier supply chain: A case study," *Journal of Industrial Information Integration,* p. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jii.۲۰۱۹,۰۸,۰۰۲.

[۷] Sadeghi Moghaddam, M.R., Karimi, T., & bandesi S. (۲۰۱۸). Service Supply Chain Risk Assessment Applying Rough Set Theory Approach: Case of Payment Service Providers.*Management Research in Iran,* ۲۲ (۱): ٦۹-۹٤.

[۸] Wu, W., Zhang, Q., & Liang, Z. (۲۰۲۰). "Environmentally responsible closed-loop supply chain models for joint environmental responsibility investment, recycling and pricing decisions," *Journal of Cleaner Production,* p. DOI: https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۲۰,۱۲۰۷۷٦.

[۹] Soleimani, H., Govindan, K., Saghafi, H., & Jafari, H. (۲۰۱۷). "Fuzzy Multi-Objective Sustainable and Green Closed-Loop Supply Chain Network Design," *Computers & Industrial Engineering,* p. DOI: http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۱٦/ j.cie.۲۰۱۷,۰٤,۰۳۸.

www.SID.ir

Archive of SID

[۱۰] Dutta, P., & et al. (۲۰۱۹). "A multiobjective optimization model for sustainable reverse logistics in Indian Ecommerce market," *Journal of Cleaner Production*, p. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۱۹,۱۱۹۳٤۸.

[۱۱] Vafaei, A., & et al. (۲۰۱۹). "Designing a sustainable multi-channel supply chain distribution network: A case study," *Journal of Cleaner Production*, p. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۱۹,۱۱۹٦۲۸.

[۱۲] Fathi. M.R , Nasrollahi. M & Zamanian. A (۲۰۱۹). Mathematical Modeling of Sustainable Supply Chain Networks under Uncertainty and Solving It Using Metaheuristic Algorithms. *Indusrial Managemet Journal.* ۱۱. ٦۲۱-٦٥۲.

[۱۳] Kolyaei M, Azar A & Rajabzadeh ghatari A. (۲۰۱۸). Design of An Integrated Robust Optimization Model for Closed-Loop Supply Chain and supplier and remanufacturing subcontractor selection. Journal of Decision Engineering, ۲ (۷) :۷-٤۰

[۱٤] Mores, G.d.V., & et al. (۲۰۱۸). "Sustainability and innovation in the Brazilian supply chain of green plastic," *Journal of Cleaner Production*, ۱۷۷, pp. ۱۲-۱۸.

[۱٥] Santander, P., & et al. (۲۰۲۰). "Closed loop supply chain network for local and distributed plastic recycling for ۳D printing: a MILP-based optimization approach," *Resources, Conservation & Recycling*, p. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/ j.resconrec.۲۰۱۹,۱۰٤٥۳۱.

[۱٦] Sherif, K.M., & e. al. (۲۰۱٦). "Integrated optimization model and methodology for plastics recycling: Indian empirical evidence," *Journal of Cleaner Production*, p. DOI: ۱۰,۱۰۱٦/j.jclepro.۲۰۱٦,۰۷,۱۳۷.

[۱۷] Mohammadi. A.S , Alam Tabriz, A., & Pishvaee, M.S. (۲۰۱۸). Proposing Model for Master Planning of Sustainable Supply Chain with Considering Integration of Physical and Financial Flow. *Industrial Management Perspective*. ۸ (۱), ۳۹-٦۲.

www.SID.ir

Archive of SID

[۱۸] Sevklia, M., & et al. (۲۰۱۲) Development of a fuzzy ANP based SWOT analysis for the airline industry in Turkey," *Expert Systems with Applications,* ۳۹(۱), pp. ۱٤-۲٤.

[۱۹] Wu, C., & Fang, W. (۲۰۱۱)."Combining the Fuzzy Analytic Hierarchy Process and the fuzzy Delphi method for developing critical competences of electronic commerce professional managers," *Quality & Quantity,* ٤٥ (٤), pp. ۷٥۱-۷٦۸.

[۲۰] Babajani, j., Ghorbanizadeh, v., & Imanzadeh., P. (۲۰۱۹). A model for establishing a performance audit system in public sector institutions in Iran. *Journal of Audit Science,* ۱۹ (۷٦). ۳۹-٥۸.

[۲۱] Eslami, E (۲۰۱۸). Fuzzy set theory and its generalizations. *Fuzzy systems and applications (1).* ۱-۲۲.

[۲۲] Roghanian, E., (۲۰۱٦). Modification of the least squares method to determine the weight of indicators in the intuitive fuzzy environment. *Production and Operations Management*. ۷(۱۳), ۱۰٥-۱۱٦.

[۲۳] Hosseini, M.S. & Shahbandarzadeh, H. (۲۰۲۰). Designing a Multi-Objective Mathematical Model Using Intuitionistic Fuzzy Approach to Select Investment Projects (Case of Investment Opportunities in Bushehr Province). *Commercial Strategies., 16 (14). 21-38.*

[۲٤] Ghorbani, Z., & et al. (۲۰۱٤). Solving an Analysis Network Process Model for Selection of the Dispatching Rules by an Interval-valued Intuitionistic Fuzzy Set . *Management Research in Iran,* ۱۸ (۲): ۱۹٥-۲۱۳.

[۲٥] Mahmoudi, M.R., & et al. (۲۰۱۸). A Model for dynamic prioritization of equipment and critical failure modes, *Modern Researches in Decision Making, 3(3),* ۱٥۷-۱۹۰.

[۲٦] Dehghan Khalili, Y & Mohammadi, A. (۲۰۱۷). Evaluation of Selected Industries in the Stock Exchange of Iran Using the Linear Programming

www.SID.ir

Archive of SID

Approach and Multiple Attribute Decision Making, *Modern Researches in Decision Making, 2(2)*, ۱۳۳-۱۵۳.

[۲۷] Mehrgan, M.R. (۲۰۱۷). Advanced Operations Research, Tehran. *University Book Publishing*.

[۲۸] Hosseini, Z., & et al. (۲۰۱۵). "A multiple objective approach for joint ordering and pricing planning problem with stochastic lead times," *Journal of Industrial Engineering International*, pp. ۲-۱۵.

[۲۹] Nagasawa, K., & et al. (۲۰۱۹)."Sustainability and Corporate Social Responsibility in Closed Loop Supply Chain," *Procedia Manufacturing 39*, pp. ۱۶۵۸-۱۶۶۵.

[۳۰] Peng, H., & et al. (۲۰۲۰)."Uncertainty factors, methods, and solutions of closed-loop supply chain A reviewfor current situation and future prospects," *Journal of Cleaner Production*, p. doi: https://doi.org/۱۰,۱۰۱۶/j.jclepro.۲۰۲۰. ۱۲۰۰۳۲.

www.SID.ir