فصلنامه مدیریت کسب و کار، شماره ۴۶، تابستان ۱۳۹۹

مدل‌سازی و طراحی شبکه زنجیره تامین دو هدفه با در نظر گرفتن مدیریت ارتباط با مشتری: مطالعه موردی

محسن اعتماد[۱]
نوید نظافتی[۲]
محمد رضا فتحی[۳]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۰۳/۱۱

چکیده

مسئله طراحی شبکه زنجیره تامین شامل تصمیمات استراتژیکی می‌شود که به پیکربندی زنجیره تامین اشاره دارد و به عنوان مسئله زیرساختاری در مدیریت زنجیره تامین، اثرات دیر پایی روی سایر تصمیمات تاکتیکی و عملیاتی شرکت دارد. در این مقاله برگرفته از نیازهای تحقیقاتی شناخته شده در ادبیات و فضای خالی موجود در آن، یک مدل برنامه ریزی خطی عدد صحیح آمیخته فازی برای طراحی شبکه زنجیره تامین چند محصولی ارائه شده است. این مدل به دنبال حداقل سازی هزینه‌ها و حداکثر کردن میزان محصول فرسوده جمع آوری شده می‌باشد. مدل پیشنهادی در شرکت صبا باطری که به تولید انواع باتری می‌پردازد، پیاده سازی شده است. با توجه به اینکه مدل ارائه شده به دسته NP-hard تعلق دارند، از روش فراابتکاری ازدحام ذرات چندهدفه جهت حل مدل استفاده شده است که نتایج آن نشان دهنده مکان، ظرفیت تسهیلات و میزان تولید محصولات می‌باشند.

کلمات کلیدی

زنجیره تامین، مدیریت ارتباط با مشتری، عدم قطعیت، طراحی شبکه.

۱- گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.etemad.railway@gmail.com
۲- گروه مدیریت صنعتی و فناوری اطلاعات، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران (نویسنده مسئول). n_nezafati@sbu.ac.ir
۳- گروه مدیریت صنعتی و مالی ، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران. reza.fathi@ut.ac.ir

مقدمه

در جهان امروز، تغییرات در عرصه اقتصاد و صنعت با سرعت بیشتری نسبت به گذشته در حال وقوع می‌باشد. هدف سازمان‌ها و شرکت‌ها، حفظ و افزایش سود و همچنین بقا و دوام بیشتر در بازار است؛ به طوری که جهانی‌شدن فعالیت‌های اقتصادی در کنار رشد سریع فناوری و منابع محدود، شرکت‌ها را در یک رقابت تنگاتنگ قرار داده است. از جمله مزیت‌های رقابتی برای شرکت‌ها، کاراتر و اثربخش‌تر کردن فعالیت‌هایی نظیر زنجیره تأمین است. طراحی شبکه زنجیره تامین یکی از مسائل کلیدی در برنامه‌ریزی استراتژیک زنجیره تامین می‌باشد. در حل این مساله، هدفِ تعیین محل تشکیلات تولید، ذخیره‌سازی، حمل و نقل و نیز تعیین نقش و ظرفیت هر کدام از آنها دنبال می گردد. یک طراحی مناسب شبکه زنجیره تامین منجر به دستیابی به یک ساختار بهینه می‌شود که این امر مدیریت موثر و رقابتی زنجیره تامین را امکان‌پذیر می‌نماید. مساله مکان یابی تسهیلات به عنوان حوزه تحقیقاتی مناسبی در تحقیق در عملیات قرار گرفته است. طوری که مقاله ها و کتب زیادی شاهدی بر این ادعا است. در حقیقت توسعه مدیریت زنجیره تامین مستقل از تحقیق در عملیات شروع شد و گام به گام تحقیق در عملیات، در مدیریت زنجیره تامین وارد شد. به عنوان یک نتیجه، مدل های مکان یابی تسهیلات به تدریج در زمینه تامین پیشنهاد شد و به این ترتیب حوزه کاربردی مفید و مورد علاقه ای مطرح شد که اخیرا ملو و همکارانش (۲۰۰۹) به مرور مدل های مکان یابی در زنجیره تامین پرداخته اند. مساله عمومی مکان یابی تسهیلات شامل مجموعه ای از مشتریان که به طور فضایی توزیع شده و مجموعه ای از تسهیلات برای پاسخ دهی به تقاضای مشتریان می باشد. تصمیمات مرتبط با جایابی تسهیلات یک عنصر حیاتی در برنامه ریزی استراتژیک برای دامنه گسترده ای از شرکت های خصوصی و دولتی می باشد. هزینه های بسیار بالای کسب دارایی و ساخت تسهیلات، پروژه های مکان یابی و یا مکان یابی مجدد، تسهیلات را به سرمایه گذاری بلند مدت مبدل نموده است. بنابراین انتظار می رود که تسهیلاتی که امروز بوجود می آیند برای یک دوره زمانی گسترده ای فعالیت نمایند. اهمیت استفاده از سرب در صنعت از یک سو و خطرات بالقوه بهداشتی و زیست محیطی آن از سوی دیگر، موجب توجه جامعه جهانی به چگونگی مدیریت صحیح زیست محیطی بازیافت باتری های سربی اسیدی شده است. مطالعات انجام شده نشان می دهد امروزه حدود ۶۰ درصد کل تولید سرب تصفیه شده از معادن سرب تأمین و ۴۰ درصد باقیمانده از بازیافت قراضه ها و سرباره های باتری های فرسوده حاصل می شود. این مسأله در سراسر دنیا یکی از منابع مهم دستیابی به سرب خالص است. هم اکنون بازیافت این باتری ها در کشور بیشتر به روش سنتی و در کنار اوراقچی های حرفه ای خودروها صورت

می گیرد. باید توجه کرد که اجرای بازیافت زیست محیطی و بهداشتی این مواد درکشور نیازمند در نظرگیری راهبردها و خط مشی هایی است که بر اساس اولویت های کشور تعیین شده و باید در جهت تدوین چارچوبی قانونی برای جمع آوری، حمل و نقل و بازیافت صورت گیرد تا اثرات و خطرات زیست محیطی و بهداشتی بازیافت این پسماندها که تحت کنوانسیون بازل هستند، به حداقل کاهش یابد. باتری های سربی اسیدی مجموعه -هایی کوچک برای ذخیره انرژی از طریق استفاده کنترل شده از واکنش های شیمیایی هستند. براساس تحقیقات صورت گرفته از سوی دفتر بررسی آلودگی آب و خاک سازمان حفاظت محیط زیست، این گونه باتری ها به دلیل غیرقابل بازگشت بودن واکنش های شیمیایی دارای دوره عمری مشخص هستند و پس از رسیدن به انتهای دوره عمری خود، با وجود محتوای فلزی بالا بویژه سرب، غیراستفاده و فرسوده و در گروه پسماندهای ویژه تقسیم بندی می شوند. تحقیقات نشان می دهد بازیافت آن ها و وارد کردن فلزاتی نظیر سرب، قلع، آنتیموان، آرسنیک و مواد آلی نظیر پلی پروپیلن حاصل از بازیافت آنها به چرخه صنعت امری اقتصادی است ولی به دلیل وجود خطرات مواد مختلف موجود در ساختار آنها بویژه فلزات سنگین، رعایت اصول بهداشتی و زیست محیطی، استفاده از فناوری های نوین در جمع آوری و مراحل پیش بازیافت و بازیافت آنها ابداع شده است. لذا مساله اصلی این تحقیق طراحی شبکه زنجیره تامین دو هدفه با در نظر گرفتن بعداقتصادی ومدیریت‌ارتباط با مشتری درجهت جمع‌آوری حداکثری محصولات‌فرسوده می‌باشد.

پیشینه پژوهش

نتو و همکاران (۲۰۱۰)[1] یک مدل برنامه‌ریزی خطی به منظور کمینه‌سازی هزینه‌های شبکه لجستیک مستقیم و معکوس تجهیزات الکترونیکی ارائه نمودند. در مدل مذکور هزینه‌هایی نظیر نگهداری محصولات تولید شده جدید و محصولات بازگشتی از مشتریان، تولید، بازیافت و انهدام در نظر گرفته شده بود. یکی از ضعف‌های مدل فوق این لست که فقط محدودیت‌های جریان مواد میان اعضای مختلف زنجیره تامین را بدون در نظر گرفتن محدودیت‌های دنیای واقعی در نظر گرفته شده است. اسکندرپور (۱۳۸۹) به طراحی شبکه زنجیره تامین معکوس حلقه بسته چند هدفه پرداخته و آن را با استفاده از روش جستجوی همسایگی متغیر موازی حل کرده است. شبکه ارائه شده پنج سطحی، چند محصولی، چند هدفه و از نوع برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط یکپارچه می‌باشد. این شبکه در دو سطح استراتژیک و تاکتیکی به تصمیم‌گیری می‌پردازد. در سطح استراتژیک تصمیماتی همانند مکان، ظرفیت و سطح تکنولوژی اتخاذ می‌شود و در سطح تاکتیکی نیز مدت زمان نگهداری محصولات تعیین می-گردد. در این رساله طراحی شبکه لجستیک معکوس برای خدمات پس از فروش مورد بررسی قرار

گرفته است. از جمله متغیرهای تصمیم مدل می‌توان به تعیین سطح سرویس ظرفیت و تعیین سطح تکنولوژی تسهیلات احیاء و مدت زمان نگهداری محصولات در مراکز جمع آوری اشاره کرد. تزکایا و همکاران[۲] (۲۰۱۱) یک مدل چند هدفه برای طراحی شبکه لجستیک معکوس محصولات خانگی ارائه نمودند سپس یک ساختار برای حل مدل مذکور توسعه دادند. چارچوب ارائه شده از دو مرحله تشکیل شده است. در مرحله اول با استفاده از یک مدل ترکیبی تصمیم گیری چند معیاره که شامل فرآیند تحلیل شبکه ای و تاپسیس بود، مکان‌های مراکز بازیافت انتخاب شدند و در مرحله دوم با ارائه یک مدل برنامه ریزی مختلط عددصحیح و حل آن با یک الگوریتم فراابتکاری که مبتنی بر الگوریتم ژنتیک است، جواب شبکه لجستیک طراحی شده بدست می‌آید. فضلی (۱۳۹۲) به مدل سازی پایای چند هدفه شبکه زنجیره تامین حلقه بسته تحت عدم پرداخته است. مدل پیشنهادی به طور موثر طراحی شبکه‌ای مقاوم در مقابل اختلالات را در کنار کمینه‌سازی هزینه‌ها امکان‌پذیر می‌سازد. یک مدل کارای جدید برنامه ریزی امکانی استوار برای مقابله با عدم قطعیت پارمترهای ورودی مساله توسعه داده شده است. در مدل قسمتی از زنجیره تامین مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت به منظور بررسی کاربردی بودن و اثر بخشی مدل پیشنهادی مدل در یک شرکت تولید کننده باتری اسیدی بکار گرفته شده است. ایندرفات و همکاران[۳] (۲۰۰۱) یک مدل بررسی متناوب[۴] به منظور بازیافت و انهدام محصولات مختلف فرمول بندی نمودند که در آن مقدار تقاضا و بازگشت محصولات دارای عدم قطعیت می‌باشند. تمرکز این مقاله بر روی خطی مشی‌های موجودی و کاربرد آن به منظور دستیابی به بهترین خطی مشی موجودی جهت بکارگیری در شبکه لجستیک معکوس می‌باشد. هسنو و همکاران[۵] (۲۰۱۲) در مقاله خود فرض می‌نمایند که در یک شبکه زنجیره تامین توام کیفیت کالاهای بازیابی شده که به تولیدکننده‌ها بازگردانده می شود متفاوت از کیفیت اولیه آن‌ها می‌باشد. در حالی که در بیشتر مقالات کیفیت کالاهای برگردانده شده از مراکز بازیابی تولیدکننده‌ها متفاوت از کیفیت اولیه آنها نیست. نتایج عددی و تحلیل آنها در مقاله شان بیان شده است. مین و همکاران (۲۰۰۶) یک مدل برنامه ریزی غیرخطی مختلط عددصحیح برای طراحی شبکه لجستیک حلقه بسته ارائه نمودند. در این تحقیق مفروضاتی همچون دوره‌ای بودن افق برنامه‌ریزی در نظر گرفته شده است. به علاوه نویسندگان به منظور حل مدل طراحی شده یک الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر الگوریتم ژنتیک ارائه نمودند. نوآوری تحقیق مذکور نسبت به تحقیق قبلی انجام شده توسط همین نویسندگان تنها ارائه روش حل جدید مبتنی بر الگوریتم فراابتکاری ارائه شده می‌باشد. لیکنز و وندل[۶] (۲۰۰۷) یک مدل برنامه‌ریزی قطعی غیر خطی عددصحیح برای طراحی شبکه لجستیک معکوس تک‌سطحی، تک محصولی با زمان‌های

انتظار تصادفی پیشنهاد می‌کنند. مدل با مطرح کردن تئوری صف برای پرداختن به برخی از جنبه‌های پویایی مانند زمان سیکل و موقعیت‌های موجودی و نیز پرداختن به درجه بالاتری از نبود قطعیت ذاتی لجستیک معکوس تعمیم می‌یابد و برای دستیابی به حل بهینه از الگوریتم ژنتیک براساس روش تکاملی تفاضلی استفاده می‌شود. کیم و همکاران (۲۰۱۳) یک چارچوب کلی طراحی شبکه لجستیک معکوس و به طور خاص بازیافت محصولات ارائه نمودند. نویسندگان برای این منظور یک مدل برنامه ریزی مختلط عددصحیح توسعه دادند که تابع هدف آن بیشینه نمودن هزینه‌های صرفه جویی شده می‌باشد. تابع هدف مذکور برای اولین بار در ادبیات موضوع در نظر گرفته شده است. در تحقیق فوق محدودیت‌هایی نظیر ظرفیت موجودی، ظرفیت تسهیلات تولیدی، تسهیلات جداسازی و تسهیلات بازسازی لحاظ شده است. چن و همکاران[۷] (۲۰۰۷) برای مساله تعادل جریان بازیافت شبکه لجستیک حلقه بسته یک مدل ریاضی و یک روش حل ارائه نمودند. در شبکه بازیافت مورد مطالعه فعالیت‌های نظیر جمع آوری مواد بازیافتی و انهدام در نظر گرفته شده است. روش حل پیشنهادی مبتنی بر تعاملات تقاضا، توابع هزینه و تعاملات میان آنها و تبدیل شبکه مساله مورد بررسی به یک مساله تخصیص ترافیک می‌باشد. کنی و همکاران[۸] (۲۰۱۲) یک مدل برنامه‌ریزی تولید تک محصولی همراه با در نظرگیری عملیات تولید و بازتولید را در یک زنجیره تامین توام در نظر گرفته‌اند که در آن تجهیزات دچار خرابی و تعمیر می‌شوند و مشتریان، محصولات را در پایان عمرشان دفع می‌نمایند که شاید بازیابی مجدد آن‌ها امری اقتصادی‌تر باشد و این در حالی است که بازیابی آن‌ها اهداف پایداری در زنجیره تامین را نیز محقق می‌سازد. هدف این مقاله ارائه یک سیاست به منظور کمینه نمودن جمع هزینه‌های نگهداری و هزینه‌های موجودی اطمینان می‌باشد که شرایط بهینگی با استفاده از تئوری کنترل بهنیه براساس برنامه ریزی پویایی احتمالی توسعه داده شده، مورد بررسی قرار گرفته است. کو و ایوانز[۹] (۲۰۰۷) یک مدل برنامه ریزی غیر خطی مختلط عدد صحیح به منظور بهینه‌سازی همزمان جریان های مستقیم و معکوس در شبکه لجستیک حلقه بسته ارائه نمودند. یکی از خصوصیات قابل توجه به تحقیق مورد اشاره در نظر گرفتن فرض پویایی به منظور یکپارچه سازی شبکه لجستیک معکوس و مستقیم می‌باشد. به علاوه نویسندگان برای حل مدل مذکور یک الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر الگوریتم ژنتیک توسعه دادند. ژانگ[۱۰] (۲۰۱۱) یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای طراحی شبکه زنجیره تامین پایدار ارائه کرده است. وی همواره بحث گسترش عملکرد کیفیت[۱۱] را با طراحی شبکه زنجیره تامین پایدار تلفیق نموده است. برای این کار ابتدا به شناسایی نیازهای مشتری و نیازهای فنی پرداخته شده است سپس با استفاده از ماتریس اولویت و گسترش عملکرد پایدار[۱۲]، روابط بین آن‌ها و

وزنشان مشخص شده است. در نهایت وی یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح را که دارای تابع هدف حداقل کردن هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌باشد برای طراحی شبکه زنجیره تامین پایدار ارائه کرده است. دانیل و همکاران[۱۳] (۲۰۰۸) یک مدل تحلیلی برای تصمیم گیری بهینه در رابطه با وضعیت محصولات برگشتی از مشتریان در شبکه لجستیک معکوس ارائه دادند. آن‌ها بر این باور بودند که مدیران شبکه لجستیک به دو صورت کلی در رابطه با محصولات برگشتی تصمیم گیری به عمل می‌آورند، یا آن‌ها را برای بازیافت به تسهیلات بازیافتی ارسال می‌نمایند یا اینکه آن‌ها را به صورت مستقیم به قیمت اسقاط شان می‌فروشند. لذا یک مدل مبتنی بر تئوری صف با در نظر گرفتن دو خطی مشی فوق برای فائق آمدن به مساله مورد بررسی را توسعه دادند. به علاوه برای حل مدل ارائه شده یک روش ابتکاری نیز در نظر گرفتند. رمضانی و همکاران (۲۰۱۴) به طراحی شبکه زنجیره تامین حلقه بسته با یک رویکرد مالی پرداخته‌اند. آن‌ها در شبکه خود که یک شبکه چند سطحی (شامل تامین کنندگان، تولیدکنندگان، مراکز توزیع، مشتری، مراکز جمع آوری، مراکز تعمیر و مراکز انهدام) می‌باشد، تصمیمات استراتژیک و تاکتیکی را با یکدیگر تلفیق کرده‌اند. نوآوری اصلی مقاله آن‌ها بکارگیری ابعاد مالی (شامل سرمایه ثابت، جاری و بدهی‌ها) و مجموعه‌ای از محدودیت‌های بودجه‌ای می‌باشد که نسبت به تحقیقات قبلی، کاری جدیدی می‌باشد.

روش شناسی تحقیق

این تحقیق براساس هدف از نوع توسعه‌ای و کاربردی می‌باشد. به دلیل این که سعی دارد تا مدل-های موجود در طراحی شبکه زنجیره تامین را گسترش و توسعه دهد. از طرفی دیگر چون قرار است که این مدل برای طراحی شبکه زنجیره تامین شرکت صبا باتری بکار گرفته شود، پس می‌توان گفت که از نوع کاربردی است. شبکه زنجیره تامین این پژوهش، یک شبکه چند سطحی و چند محصولی است که ساختار آن به صورت حلقه بسته می‌باشد. سطوح این شبکه به سمت جلو شامل مراکز تامین، مراکز تولید، مراکز توزیع و مراکز مشتری نوع A می‌باشد و همچنین به سمت عقب شامل مشتریان نوع B، مراکز جمع آوری و بازرسی، مراکز بازیافت، مراکز انهدام و مراکز مشتریان نوع C می باشد. سطوح تصمیم‌گیری هم به صورت راهبردی، یعنی مسائل مربوط به طراحی شبکه و هم به صورت تاکتیکی در قالب مسائل مربوط به تخصیص، حمل و نقل، موجودی و غیره است. در این شبکه ابتدا محصولات در مراکز تولیدی تولید شده و سپس از طریق مراکز توزیع به مشتریان نوع A فرستاده می-شوند. سپس در جریان رو به سمت عقب برخی از محصولات فرسوده مشتریان نوع A به مراکز جمع آوری و بازرسی ارسال می‌گردد. به منظور جمع آوری محصولات فرسوده از مشتریان با استفاده از

مفهوم مدیریت ارتباط با مشتری، سیاست‌های انگیزشی و تشویقی برای مشتریان به منظور همکاری هر چه بیشتر آن‌ها برای بازگرداندن محصولات فرسوده تعریف می‌گردد. یکی از راهبردها، تمرکز بر مشتریان کلیدی و اهمیت بخشیدن بر آن‌ها است. لذا مشتریان نوع A که در هم جریان رو به سمت جلو و هم در جریان رو به سمت عقب مشارکت دارند، مشتریان کلیدی در نظر گرفته شده‌اند و به خاطر حفظ این نوع از مشتریان وفادار، خدمات خاصی برای آن‌ها در نظر گرفته شده است. مشتریان نوع B مشتریانی هستند که در زنجیره رو به سمت جلو از سایر زنجیره‌ها محصول مورد نظر خود را خریداری کرده‌اند، اما ما می‌خواهیم با سیاست‌هایی آن‌ها محصولات فرسوده خود را به زنجیره ما تحویل دهند. در نهایت محصولات فرسوده مشتریان نوع A و B در مراکز جمع آوری و بازرسی تجمیع می‌گردند و در ادامه به مراکز بازیافت انتقال می‌یابند. در مراکز بازیافت بسته به وضعیت کیفیت محصول فرسوده اقداماتی بر روی آن صورت می‌گیرد و بخشی از قطعات قابل استفاده مجدد با ترمیم به مراکز تولید ارسال می‌گردند، برخی قسمت‌های سمی و الاینده به مراکز انهدام ارسال می‌شوند و در نهایت محصولات فرسوده‌ای که با شارژ مجدد دوره زمانی کوتاهی قابلیت استفاده مجدد را دارند به مراکز مشتریان نوع C جهت فروش ارسال می‌شوند. مشتریان نوع C مشتریانی هستند که محصولات بازیافت شده را به عنوان دست دوم خریداری می‌کنند.

مفروضات مسئله

- مدل به صورت چند سطحی و چند محصولی می‌باشد.
- جریان محصولات فقط بین تسهیلات متوالی متفاوت وجود دارد و جریان محصول بین تسهیلات مشابه امکان پذیر نیست.
- مکان و تعداد مشتریان نوع A، B، C و همچنین تامین کنندگان ثابت و مشخص است.
- پارامترهایی نظیر ظرفیت مراکز، هزینه‌ها، تقاضا، ظرفیت وسائل حمل و نقل و ارزش اقتصادی مراکز به صورت عدم قطعی در نظر گرفته شده است و از تئوری فازی جهت رفع عدم قطعیت استفاده شده است.
- کیفیت محصولات بازیافت شده برای فروش در مراکز مشتریان نوع C، متفاوت از محصولات جدید می‌باشد.
- کمبود در جوابگویی به تقاضای مشتریان اجازه داده می‌شود و هزینه‌ای برای تقاضای ارضا نشده مشتری در نظر گرفته می‌شود. این کمبود به صورت از دست رفته می‌باشد.
- مکان‌های مراکز بالقوه تولید، توزیع، جمع آوری، بازیافت و انهدام مشخص است.

- مراکز بازرسی، جداسازی و مرتب سازی در مرکز جمع آوری در نظر گرفته شده است.
- موجودی در مراکز تولید، توزیع و جمع آوری برای محصولات در نظر گرفته شده است.
- برای هر یک از مراکز قابل احداث، سه سطح ظرفیت در نظر گرفته شده است.

مدل سازی مساله

اندیس‌ها

مجموعه مکان‌های ثابت برای تامین کنندگان k=1,2,...,K	k
مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز تولید جهت احداث کردن m=1,2,...,M	m
مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز توزیع جهت احداث کردن l=1,2,...,L	l
مجموعه مکان‌های ثابت برای مشتری های نوع A n=1,2,...,N	n
مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز جمع آوری و بازرسی جهت احداث کردن o=1,2,...,O	o
مجموعه مکان‌های ثابت برای مشتریان نوع B s=1,2,...,S	s
مجموعه مکان‌های ثابت برای مشتریان نوع C c=1,2,...,C	c
مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز انهدام جهت احداث کردن i=1,2,...,I	i
مجموعه مکان‌های بالقوه مراکز بازیافت جهت احداث کردن p=1,2,...,P	p
مجموعه محصولات d=1,2,...,D	d
مجموعه مواد اولیه b=1,2,...,B	b
مجموعه سطوح ظرفیت برای مکان‌های بالقوه h=1,2,...,H	h
مجموعه گزینه‌های بالقوه برای حمل و نقل u=1,2,...,U	u
مجموعه گزینه‌های CRM تعریف شده	AM

پارامترها

میزان تقاضا برای محصول d در مراکز مشتری c	$\widetilde{QC}_{dc}$

قیمت فروش محصول بازیافت شده d در مراکز مشتری c	$\widetilde{MP_{dc}}$
قیمت فروش محصول d	$\widetilde{MPD_{d}}$
ظرفیت تولید مراکز تولید m با سطح ظرفیت h	$\widetilde{APM_{mh}}$
ظرفیت توزیع مراکز توزیع l با سطح ظرفیت h	$\widetilde{APL_{lh}}$
ظرفیت مراکز جمع آوری o با سطح ظرفیت h	$\widetilde{APO_{oh}}$
ظرفیت بازیافت محصولات در مرکز بازیافت p با سطح ظرفیت h	$\widetilde{APP_{ph}}$
ظرفیت انهدام محصولات در مراکز انهدام یا دفع i با سطح ظرفیت h	$\widetilde{API_{ih}}$
هزینه حمل هر واحد محصول d از مرکز تولید m به مرکز توزیع l توسط وسیله حمل و نقل u	$\widetilde{CTM_{dmlu}}$
هزینه حمل هر واحد محصول d از مرکز توزیع l به مناطق مشتری n توسط وسیله حمل و نقل u	$\widetilde{CTL_{dlnu}}$
هزینه حمل هر واحد محصول d از مناطق مشتری n به مراکز جمع آوری و بازرسی o توسط وسیله حمل و نقل u	$\widetilde{CTN_{dnou}}$
هزینه حمل هر واحد محصول d از مناطق مشتری s به مراکز جمع آوری و بازرسی o توسط وسیله حمل و نقل u	$\widetilde{CTS_{dsou}}$
هزینه حمل هر واحد محصول d از مراکز جمع آوری و بازرسی o به مراکز باز تولید p توسط وسیله حمل و نقل u	$\widetilde{CTO_{dopu}}$
هزینه حمل هر واحد محصول d از مراکز بازیافت p به مراکز مشتری c توسط وسیله حمل و نقل u	$\widetilde{CTP_{dpcu}}$
هزینه حمل هر واحد محصول d از مراکز بازیافت p به مراکز تولید m توسط وسیله حمل و نقل u	$\widetilde{CTD_{dpmu}}$
هزینه حمل هر واحد محصول d از مراکز بازیافت p به مراکز انهدام i توسط وسیله حمل و نقل u	$\widetilde{CTI_{dpiu}}$
کسری از محصولات قابل بازیافت	γ

کسری از محصولات ضایع جهت انهدام	β
هزینه ثابت احداث مرکز تولید m با سطح ظرفیت h	$\widetilde{SF}_{mh}$
هزینه ثابت احداث مرکز توزیع l با سطح ظرفیت h	$\widetilde{SL}_{lh}$
هزینه ثابت احداث مرکز جمع آوری و بازرسی o با سطح ظرفیت h	$\widetilde{SO}_{oh}$
هزینه ثابت احداث مرکز بازیافت p با سطح ظرفیت h	$\widetilde{SP}_{ph}$
هزینه ثابت احداث مرکز انهدام i با سطح ظرفیت h	$\widetilde{SI}_{ih}$
ظرفیت وسیله حمل و نقل u برای حمل مواد اولیه از تامین کننده k به مرکز تولیدm	$\widetilde{DAK}_{ukm}$
ظرفیت وسیله حمل و نقل u برای حمل محصول از مرکز تولید m به مرکز توزیع l	$\widetilde{DAM}_{uml}$
ظرفیت وسیله حمل و نقل u برای حمل محصول از مرکز توزیع l به مرکز مشتری n	$\widetilde{DAL}_{uln}$
ظرفیت وسیله حمل و نقل u برای حمل محصول استفاده شده از مناطق مشتری n به مرکز جمع آوری و بازرسی o	$\widetilde{DAN}_{uno}$
ظرفیت وسیله حمل و نقل u برای حمل محصول استفاده شده از مناطق مشتری s به مرکز جمع آوری و بازرسی o	$\widetilde{DAS}_{uso}$
ظرفیت وسیله حمل و نقل u برای حمل محصول استفاده شده از مرکز جمع آوری و بازرسی o به مرکز بازیافت p	$\widetilde{DAO}_{uop}$
ظرفیت وسیله حمل و نقل u برای حمل محصولات بازیافت شده از مرکز بازیافت p به مراکز تولید m	$\widetilde{DAP}_{upm}$
ظرفیت وسیله حمل و نقل u برای حمل محصولات بازیافت شده از مرکز بازیافت p به مراکز انهدام i	$\widetilde{DAI}_{upi}$
ظرفیت وسیله حمل و نقل u برای حمل محصولات بازیافت شده از مرکز بازیافت p به مراکز مشتری c	$\widetilde{DAC}_{upc}$

میانگین حجم محصول فرسوده تولیدی کشور	X
تعداد محصول فرسوده ای که در ازای اهدای یک عدد محصول رایگان گرفته می‌شود	Y
ماتریس ضرایب تاثیرگذاری گزینه های تعریف شده بر میزان رضایت مشتری	BAM=[AM_1, AM_2, AM_3, AM_4, AM_5, AM_6]
هزینه پیاده سازی گزینه اهدای یک عدد محصول رایگان به مشتری در ازای دریافت Y عدد محصول جمع اوری شده به زنجیره به منظور بازیافت	CZ= $\widetilde{MPD}_d$×(QCR_{dn} + QCS_{ds})
هزینه پیاده سازی گزینه ضمانت، فقط برای مشتریان کلیدی به منظور حفظ مشتریان کلیدی حاضر و تشویق دیگر مشتریان جهت پیوستن به گروه مشتریان کلیدی زنجیره	CX
هزینه ایجاد سامانه پیامکی و اینترنتی	CY
هزینه اطلاع رسانی به مشتری از طریق پیامک	CR
هزینه پیاده سازی گزینه ارسال وسیله حمل و نقل به مکان مشتری	CK
هزینه پیاده سازی گزینه فرهنگ سازی از طریق تبلیغات	CL

متغیرهای تصمیم

میزان ماده اولیه حمل شده b از تامین کننده k به مرکز تولید m توسط وسیله حمل و نقل u	ABK_{bkmu}
میزان محصول حمل شده d از مرکز تولید m به مرکز توزیع l توسط وسیله حمل و نقل u	AML_{dmlu}
میزان محصول حمل شده d از مرکز توزیع l به مناطق مشتری n توسط وسیله حمل و نقل u	ANL_{dlnu}
میزان محصول حمل شده d از مناطق مشتری n به مرکز جمع آوری و بازرسی o توسط وسیله حمل و نقل u	ANO_{dnou}

ANS_{dsou}	میزان محصول حمل شده d از مناطق مشتری s به مرکز جمع آوری و بازرسی o توسط وسیله حمل و نقل u
AMO_{dopu}	میزان محصول حمل شده d از مرکز جمع آوری و بازرسی o به مرکز بازیافت p توسط وسیله حمل و نقل u
AMP_{dpmu}	میزان محصول حمل شده d از مرکز بازیافت p به مرکز تولید m توسط وسیله حمل و نقل u
ANP_{dpiu}	میزان محصول حمل شده d از مرکز بازیافت p به مرکز انهدام i توسط وسیله حمل و نقل u
ANC_{dpcu}	میزان محصول حمل شده d از مرکز بازیافت p به مرکز مشتری c توسط وسیله حمل و نقل u
TM_{dm}	میزان محصول تولید شده d در مرکز تولید m
TL_{dl}	میزان موجودی محصول d در مراکز توزیع l
TO_{do}	میزان موجودی محصول d در مراکز جمع آوری o
TD_{dm}	میزان موجودی محصول d در مراکز تولید m
TED_{nd}	تعداد تقاضای ارضا نشده مشتری n برای محصول d
QCR_{dn}	میزان محصول d که براساس سیاست‌های CRM به صورت رایگان به مشتری مراکز n اهدا می‌شود
QCS_{ds}	میزان محصول d که براساس سیاست‌های CRM به صورت رایگان به مشتری مراکز s اهدا می‌شود
TDD_{dp}	میزان محصول بازیافت شده d در مرکز بازیافت p

AB_{ukm} $\begin{cases} 1 & \text{اگر وسیله حمل } u \text{ برای حمل مواد اولیه از تامین کننده } k \text{ به مراکز تولید } m \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

BC_{uml} $\begin{cases} 1 & \text{اگر وسیله حمل } u \text{ برای حمل محصول از مراکز تولید } m \text{ به مراکز توزیع } l \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

CE_{uln} $\begin{cases} 1 & \text{اگر وسیله حمل } u \text{ برای حمل محصول از مراکز توزیع } l \text{ به مراکز مشتری } n \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

EF_{uno} $\begin{cases} 1 & \text{اگر وسیله حمل } u \text{ برای حمل محصول از مراکز مشتری} n \text{ به مراکز جمع آوری } o \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

FI_{uso} $\begin{cases} 1 & \text{اگر وسیله حمل } u \text{ برای حمل محصول از مراکز مشتری} s \text{ به مراکز جمع آوری } o \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

IJ_{uop} $\begin{cases} 1 & \text{اگر وسیله حمل } u \text{ برای حمل محصول از مراکز جمع آوری} o \text{ به مراکز بازیافت } p \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

JK_{upm} $\begin{cases} 1 & \text{گر وسیله حمل } u \text{ برای حمل محصول از مراکز بازیافت } p \text{ به مرکز تولید } m \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

KL_{upi} $\begin{cases} 1 & \text{اگر وسیله حمل } u \text{ برای حمل محصول از مراکز بازیافت } p \text{ به مرکز تولید } i \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

LM_{upc} $\begin{cases} 1 & \text{اگر وسیله حمل } u \text{ برای حمل محصول از مراکز بازیافت } p \text{ به مرکز انهدام } c \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

M_{mh} $\begin{cases} 1 & \text{اگر مرکز تولید } m \text{ با سطح ظرفیت } h \text{ احداث شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

L_{lh} $\begin{cases} 1 & \text{اگر مرکز توزیع } l \text{ با سطح ظرفیت } h \text{ احداث شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

O_{oh} $\begin{cases} 1 & \text{اگر مرکز جمع آوری } o \text{ با سطح ظرفیت } h \text{ احداث شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

P_{ph} $\begin{cases} 1 & \text{اگر مرکز بازیافت } p \text{ با سطح ظرفیت } h \text{ احداث شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

I_{ih} $\begin{cases} 1 & \text{اگر مرکز انهدام } i \text{ با سطح ظرفیت } h \text{ احداث شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

KCZ $\begin{cases} 1 & \text{ه اهدای یک عدد محصول رایگان در ازای دریافت 4 عدد محصول جمع آوری شده اجرا شود} \\ 0 & \text{بر این صورت} \end{cases}$

KCX $\begin{cases} 1 & \text{اگر گزینه ضمانت اجرا شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

KCY $\begin{cases} 1 & \text{اگر گزینه سامانه پیامکی و اینترنتی اجرا شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

KCR $\begin{cases} 1 & \text{اگر گزینه اطلاع رسانی به مشتری اجرا شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

KCK $\begin{cases} 1 & \text{اگر گزینه ارسال وسیله حمل و نقل اجرا شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

KCL $\begin{cases} 1 & \text{اگر گزینه تبلیغات و فرهنگ سازی اجرا شود} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$

مدل ریاضی مساله

$$\text{Min } Z_1 = [\sum_m \sum_h \widetilde{SF}_{mh} . M_{mh} + \sum_l \sum_h \widetilde{SL}_{lh} . L_{lh} + \sum_o \sum_h \widetilde{SO}_{oh} . O_{oh} + \sum_p \sum_h \widetilde{SP}_{ph} . P_{ph} + \sum_i \sum_h \widetilde{SI}_{ih} . I_{ih}] + [\sum_d \sum_m \sum_l \sum_u \widetilde{CTM}_{dmlu} . AML_{dmlu} + \sum_d \sum_l \sum_n \sum_u \widetilde{CTL}_{dlnu} . ANL_{dlnu} + \sum_d \sum_n \sum_o \sum_u \widetilde{CTN}_{dnou} . ANO_{dnou} + \sum_d \sum_s \sum_o \sum_u \widetilde{CTS}_{dsou} . ANS_{dsou} + \sum_d \sum_o \sum_p \sum_u \widetilde{CTO}_{dopu} . AMO_{dopu} + \sum_d \sum_p \sum_c \sum_u \widetilde{CTP}_{dpcu} . ANC_{dpcu} + \sum_d \sum_p \sum_m \sum_u \widetilde{CTD}_{dpmu} . AMP_{dpmu} + \sum_d \sum_p \sum_i \sum_u \widetilde{CTI}_{dpiu} . ANP_{dpiu}] + [\sum_d \sum_m \widetilde{TCH}_{dm} . TD_{dm} + \sum_d \sum_l \widetilde{TCL}_{dl} . TL_{dl} + \sum_d \sum_o \widetilde{TCDO}_{do} . TO_{do}] + [\sum_d \sum_m \widetilde{TCD}_{dm} . TM_{dm} + \sum_d \sum_p \widetilde{TCP}_{dp} . TDD_{dp} +$$

$$\sum_b \sum_k \sum_m \sum_u \widetilde{HKH}_{bk} . ABK_{bkmu} + \sum_d \sum_o \sum_n \sum_u \widetilde{TCO}_{do} . ANO_{donu} + \sum_d \sum_o \sum_s \sum_u \widetilde{TCO}_{do} . ANS_{dosu}] + [\sum_n \sum_d TCJ_d . TED_{nd}] + [\sum_d \sum_n \widetilde{MPD}_d . QCR_{dn} . KCZ + \sum_d \sum_s \widetilde{MPD}_d . QCS_{ds} . KCZ + CX . KCX + CY . KCY + CR . KCR + CK . KCK + CL . KCL] - [\sum_d \sum_c \sum_p \sum_u \widetilde{MP}_{dc} . ANC_{dpcu}] \quad (۱)$$

$$\text{MAX } Z_۲ = \frac{1}{X}.g(f(a))$$

$$f(a)=[AM_1 \quad AM_2 \quad AM_3 \quad AM_4 \quad AM_5 \quad AM_6].\begin{bmatrix} KCZ \\ KCX \\ KCY \\ KCR \\ KCK \\ KCL \end{bmatrix} \quad (۲)$$

تابع هدف اول شامل حداقل سازی هزینه‌های کل می‌باشد عبارت (۱) فرمول ریاضی این تابع هدف را نشان می‌دهد. تابع هدف دوم شامل حداکثر کردن مقدار محصول فرسوده جمع‌آوری شده می‌باشد تا از این طریق بتوان تمامی محصولات فرسوده تولید شده در کشور را برای انجام دادن فرایند بازیافت جمع‌آوری کرد. در همین راستا از مفهوم مدیریت ارتباط با مشتری جهت ترغیب کردن مشتریانی که تاکنون محصولی را از این زنجیره خریداری نکرده‌اند برای تحویل محصولات فرسوده خود و همچنین جذب مشتریان قدیمی برای تحویل محصولات فرسوده خود و تبدیل آن‌ها به مشتریان وفادار، استفاده شده است.. عبارت (۲) فرمول ریاضی این تابع هدف را نشان می‌دهد. در ادامه برخی از محدودیت‌های مدل پیشنهادی را به خاطر محدودیت فضا به صورت نمونه مورد بررسی قرار می دهیم. محدودیت (۳) تضمین می‌نمایند که تضمین می نمایند که مراکز توزیع حداکثر با یک سطح ظرفیت احداث شوند.

$$\sum_h P_{lh} \leq 1 \quad \forall l \quad (۳)$$

محدودیت (۴) ماکزیمم تعداد مراکز توزیع که پتانسیل احداث را دارا می‌باشند محدود می‌کنند.

$$\sum_l \sum_h L_{lh} \leq MAXL \quad (۴)$$

محدودیت‌های (۵) محدودیت ظرفیت حمل جریان محصول بین مراکز مختلف را نشان می‌دهد.

$$\sum_b ABK_{bkmu} \leq AB_{ukm} . \widetilde{DAK}_{ukm} \quad \forall u, k, m \quad (۵)$$

محدودیت های (۶) نشان می‌دهند که حداکثر یک نوع تسهیل برای انتقال جریان بین تسهیلات وجود دارد.

$$\sum_u AB_{ukm} \leq 1 \quad \forall\, k, m \tag{۶}$$

محدودیت (۷) نشان می‌دهند که باید محصولی بین تسهیل مراکز مختلف برقرار شود تا وسیله‌ای برای حمل انتخاب گردد.

$$AB_{ukm} \leq \sum_b ABK_{bkmu} \quad \forall\, k, m, u \tag{۷}$$

محدودیت (۸) تضمین می‌کنند که هیچ گونه حمل و نقلی بین مکان‌هایی که ارتباطی با یکدیگر ندارند، وجود نخواهد داشت. همچنین بیان می کنند که جریان فقط مجاز است که از طریق گزینه‌های حمل و نقل فعال در شبکه عبور کند.

$$\sum_b ABK_{bkmu} \leq M.AB_{ukm} \quad \forall\, u, k, m \tag{۸}$$

محدودیت (۹) محدودیت تعادل موجودی برای مراکز تولید را نشان می‌دهد.

$$TD_{dm} = TM_{dm} - \sum_l \sum_u AML_{dmlu} \quad \forall\, d, m \tag{۹}$$

محدودیت (۱۰) نشان می‌دهد که میزان محصول بازیافتی ارسال شده به مراکز مشتری C حداکثر برابر میزان تقاضا در این مرکز می‌باشد.

$$\sum_u \sum_p ANC_{dpcu} \leq \widetilde{QC}_{dc} \quad \forall\, d, c \tag{۱۰}$$

در محدودیت (۱۱) صورت کسر نشان دهنده مجموع محصولات فرسوده‌ای که مشتریان به زنجیره تحویل می‌دهند می‌باشد. با محاسبه بزرگترین عدد صحیح کوچکتر از این کسر، تعداد محصول رایگانی که توسط زنجیره به مشتریان اهدا می شود، محاسبه می‌گردد.

$$\left\lfloor \frac{\sum_n ANO_{dnou} + \sum_s ANS_{dsou}}{Y} \right\rfloor = \sum_n QCR_{dn} + \sum_s QCS_{ds} \quad \forall\, d, o, u \tag{۱۱}$$

محدودیت (۱۲) به منظور محدود کردن جریان کالای برگشتی می‌باشد.

$$\sum_n \sum_o \sum_u ANO_{dnou} + \sum_s \sum_o \sum_u ANS_{dsou} \leq X \quad \forall\, d \qquad (۱۲)$$

محدودیت‌های (۱۳) و (۱۴) به ترتیب نشان دهنده محدودیت‌های ضروری منطقی روی متغیرهای تصمیم گسسته و پیوسته می‌باشند.

$$AB_{ukm}, BC_{uml}, CE_{uln}, EF_{uno}, FI_{uso}, IJ_{uop}, JK_{upm}, KL_{upi}, LM_{upc}, M_{mh}, L_{lh}, O_{oh}, P_{ph}, I_{ih} \in \{0,1\}\ \forall\, k,m,l,n,o,s,c,i,p,d,h,u,b \qquad (۱۳)$$

$$ABK_{bkmu}, AML_{dmlu}, ANL_{dlnu}, ANO_{dnou}, ANS_{dsou}, AMO_{dopu}, AMP_{dpmu}, ANP_{dpiu}, ANC_{dpcu}, QCR_{dn}, QCS_{ds}, TDD_{dp} \geq 0 \qquad (۱۴)$$

تجزیه و تحلیل داده ها

زنجیره تامین مورد بررسی دارای چهار تامین کننده (k=1,…,4)، سه مرکز بالقوه تولیدی (m=1,…,3)، سه مرکز بالقوه توزیع (l=1,…,3) ، ده خوشه مشتری نوع A (n=1,…,10) ، چهار مرکز بالقوه جمع آوری و بازرسی (o=1,…,4)، سه مرکز بالقوه بازیافت (p=1,…,3)، سه مرکز بالقوه انهدام (i=1,…,3)، چهار مرکز مشتری نوع B (s=1,…,4)، سه مرکز مشتری نوع C (c=1,2)، دو نوع محصول (d=1,2)، چهار نوع ماده اولیه برای تولید محصولات (b=1,…,4)، سه سطح ظرفیت (h=1,2,3) و دو نوع وسیله حمل و نقل (u=1,2) می باشد. جدول (۱) نتایج حاصل از حل مدل قطعی کمکی با استفاده از روش خیمنز را به ازای مقادیر مختلف درجه برقراری محدودیت (α) نشان می‌دهد.

جدول ۲: نتایج حاصل از حل مدل قطعی کمکی با روش خیمنز

α	مقدار تابع هدف اقتصادی (Z_1)	مقدار تابع هدف بعد مدیریت ارتباط با مشتری (Z_3)
۰,۵	۱۵۱۱۰۴۰۲	۰,۰۳۸۲۸
۰,۶	۱۵۲۱۸۳۲۱	۰,۰۳۸۹۵
۰,۷	۱۵۴۵۰۷۶۹	۰,۰۳۹۱۴
۰,۸	۱۵۷۷۲۸۱۸	۰,۰۳۹۴۳

همان طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود به ازای افزایش مقادیر α جواب بهینه ثابت بوده و فقط اندازه توابع تغیر می‌کند. علت بدتر شدن توابع این است که با افزایش α میزان برقرای محدودیت-ها بیشتر شده و عملا باعث کوچکتر شدن فضای جواب می‌شود که این موضوع خود موجب بدتر شدن

جواب بهینه حاصله خواهد شد. براساس نتایج تحقیق، تابع هدف هزینه برای رسیدن به هزینه کمتر تمایل به ایجاد شبکه زنجیره تامین با ساختار متمرکز دارد. لذا وقتی این تابع نسبت به تابع دیگر در اولویت قرار می‌گیرد، تسهیلات کمتری نسبت به حالتی که سایر توابع در اولویت قرار می‌گیرند، احداث می‌شوند. همان طور که نتایج نشان می‌دهد مدل پیشنهادی قادر می‌باشد به خوبی طیفی از جواب‌های بهینه پارتو را با توجه به میزان مختلف برقرای محدودیت‌های فازی، جهت تعیین تصمیم نهایی ارائه نمایند. این جواب‌ها بسته به اولویت اعلام شده برای اهداف بین دو بعد توازنی مناسب را ایجاد می‌کنند. لذا تصمیم گیرنده قادر است به کمک مدل پیشنهادی سطح ایمنی را در برخورد با عدم قطعیت مسئله طراحی شبکه تنظیم و همچنین تصمیمات طراحی شبکه را طوری اتخاذ نماید که بهینه سازی زنجیره تامین محقق شود.

بحث و نتیجه گیری

با جهانی شدن و رشد گسترده در مصرف در سرتاسر جهان، شبکه‌های زنجیره تأمین به شبکه‌های بسیار بزرگی تغییر کرده‌اند و اجزای مربوط به این شبکه‌های عظیم باعث ایجاد مشکلات جدی محیط‌زیستی شده‌اند. در طراحی شبکه‌های زنجیره تأمین سنتی، مدل‌های بهینه‌سازی اکثرا تک هدفه بوده و هدف به حداقل رساندن هزینه‌ها در شبکه می‌باشد. در این تحقیق، یک مدل دو هدفه عدد صحیح مختلط برای یک شبکه زنجیره تامین مورد بررسی قرار گرفته است. مدل ارائه شده در این پژوهش دارای دو تابع هدف (۱) حداقل کردن هزینه کل و (۲) حداکثر کردن میزان محصول فرسوده جمع آوری شده می‌باشد. در مورد تابع هدف هزینه به دلیل این که در این مقاله سعی شده است تا تمامی تسهیلات و جریان بین آن‌ها در نظر گرفته شود و مدل جامعی ارائه گردد، اکثر هزینه‌ها در نظر گرفته شده است. تابع هدف هزینه شامل پارامترهای هزینه خرید (تهیه مواد اولیه از تامین کنندگان)، هزینه جریمه (هزینه جریمه برای تقاضای ارضا نشده)، هزینه‌های عملیاتی (هزینه تولید، هزینه جمع آوری، بازیافت و هزینه انهدام)، هزینه موجودی (هزینه برای قسمت تولید، توزیع و جمع آوری)، هزینه حمل و نقل یا انتقال جریان بین تسهیلات، هزینه ثابت راه اندازی و هزینه‌های سیاست‌های مدیریت ارتباط با مشتری می‌باشد. تابع هدف سوم همواره سعی در حداکثر کردن میزان محصول فرسوده جمع آوری شده را دارد. در نهایت مدل مطرح شده با رویکرد قطعی سازی خیمنز قطعی شد و مدل کمکی قطعی مطرح شد. این مدل با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات چندهدفه حل شد. در ادامه پیشنهاداتی برای پژوهش های آتی به صورت ذیل ارائه می گردد.

- در نظر گرفتن دیگر توابع هدف مانند حداقل کردن ریسک مالی

- با توجه به این که در این مقاله برخی از پارامترها به صورت قطعی می باشند می توان برای تحقیقات آتی این متغیرها را هم فازی در نظر گرفت.
- مدل سازی مسئله براساس رویکردهای بهینه سازی استوار و همچنین مدل سازی مسئله براساس روش‌های برنامه ریزی احتمالی که در آن تابع توزیع پارامترها مشخص است.
- مدل سازی مسئله به صورت چند دوره ای به گونه‌ای که تقاضا در دوره های مختلف تغیر کند.
- می‌توان سایر ریسک های موجود در زنجیره تامین را مدل سازی نمود و در طراحی شبکه زنجیره تامین در نظر گرفت.
- می‌توان از روش‌های مختلف پیش بینی پارمترها مانند شبکه‌های عصبی در مدل سازی زنجیره تامین استفاده نمود.

منابع

۱) اسکندرپور، مجید (۱۳۸۹). طراحی شبکه زنجیره تامین معکوس حلقه بسته چند هدفه و حل آن با استفاده از روش جستجوی همسایگی متغیر موازی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی صنایع.

۲) فضلی خلف،محمد رضا (۱۳۹۲). مدل سازی پایای چند هدفه شبکه زنجیره تامین حلقه بسته تحت عدم قطعیت، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی صنایع.

3) Chen, K.H., Chou, H.W., Chiu, Y.C. (2007). On the modeling and solution algorithm for the reverse logistics recycling flow equilibrium problem, Transportation research part C, 15, 218-234.

4) Daniel, V., Guide, R., Gunes, E.D., Souza, G.C., Van, L.N. (2008). The optimal disposition decision for product returns, oper manag Res, 1, 6-14.

5) Hasanov, P., Mohamad, Y., Jaber, Zolfaghari, S. (2012). Producation, remanufacturing and waste disposal models for the cases of pure and partial back ordering, applied mathematical modeling.

6) Inderfuth, K., Kok, A.G, Flapper, S. (2001). Product recovering in stochastic remanufacturing systems with multiple reuse options, European journal of operational research, 133(1), 130-152.

7) Kenne, J.P., Dejay, P., Gharbi, A. (2012). Production planning of a hybrid manufacturing-remanufacturing system under uncertainty within a closed loop supply chain, International journal of production economics, 135, 81-93.

8) Kim, T., Goyal, S. K., Kim, C. H. (2013). Lot-streaming policy for forward–reverse logistics with recovery capacity investment. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 1-14, DOI 10.1007/s00170-013-4748-9.

9) Ko, H.J., Evans, G.W. (2007). A genetic algorithm based heuristic for the dynamic integrated forward/reverse logistics network for 3pls, Computers and operations research, 34(2), 346-366.

10) Lieckens, K., Vandaele, N. (2007). Reverse logistics network design with stochastic lead times. Computers & Operations Research, 34(2), 395- 416.

11) Melo, M.T, S. Nickel and F.Saldanho-da-Gama. (2009). Facility Location and Supply Chain Management – A review, European Journal of Operational Research, 196(2): 401-412.

12) Min, H., Ko, H.J. and Ko, C.S. (2006). A genetic algorithm approach to developing the multi-echelon reverse logistics network for product returns, Omega, (34): 55–69.

13) Neto, J.Q.F., Walther, G., Bloemhof, J., Van, J.A.E.E., Spengler, T. (2010). From closed loop to sustainable supply chains: the WEEE case, International journal of production research, 48(15), 4463-4481.

14) Ramezani, M., Kimiagari, A.M., Karimi, B., Hejazi, T.H. (2014). Closed-loop supply chain network design under a fuzzy environment, Knowledge-Based Systems, in press.

15) Tuzkaya, G., Gülsün, B., Önsel, S. (2011). A methodology for the strategic design of reverse logistics networks and its application in the Turkish white goods industry. International Journal of Production Research, 49(15), 4543-4571.

16) Zhang, H. (2011). Designing Sustainable Supply Chain Networks, A Thesis for Information Systems Engineering, Concordia University.

یادداشت‌ها :

1 Neto et al
2 Tuzkaya et al
3 Inderfuth et al
4 Periodic review model
5 Hasanov et al
6 Lieckens & Vandaele
7 Chen et al
8 Kenne et al
9 Ko & Evans
10 Zhang
11 QFD
12 Sustainable Function Deployment
13 Daniel et al