فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال شانزدهم، شماره ۵۱، زمستان ۹۷
صفحات ۲۶۳-۲۳۵

مدلی دو هدفه جهت مکان‌یابی تسهیلات در زنجیره تأمین سبز

حدیث دریکوند*، سید محمد حاجی مولانا**

تاریخ دریافت:۹۵/۷/۱۶- تاریخ پذیرش:۹۷/۳/۶

چکیده:

نگرانی‌های محیطی موجب توجه محققان به مطالعه در حوزه رنجیره تأمین سبز شده است. امروزه سازمان‌ها دولتی و غیردولتی دریافته‌اند که مدیریت محیطی یک موضوع استراتژیک کلیدی است که منافع زیادی را در بردارد. از این رو سعی دارند علاوه بر توجه داشتن به فرآیندهای داخل سازمان با توجه به عوامل بیرونی مانند اثرات محیطی، مقبولیت خود را نزد مشتریان افزایش داده و سهم بیشتری از بازاررا کسب نمایند. در این پژوهش، یک مدل عدد صحیح مختلط دو هدفه برای شناسایی مکان بهینه احداث کارخانه‌ها و مراکز جداسازی در یک زنجیره تأمین سبز توسعه داده شده و نقش کارکرد و خرابی تسهیلات و وسایل نقلیه در برقراری ارتباط مؤثر بین سطوح مختلف زنجیره تأمین مورد بررسی قرار گرفته است. . توابع هدف مدل پیشنهادی شامل کمینه سازی هزینه‌های کل و کمینه سازی تصاعد گاز دی‌اکسید کربن است. به منظور درنظرگیری عدم قطعیت ذاتی پارامترها روش برنامه ریزی احتمالی (سناریو) به کار گرفته شده و پس از خطی‌سازی قسمتهای غیرخطی، از روش چندهدفه معیار جامع برای حل مدل ریاضی دو هدفه پیشنهادی استفاده شده است. کارایی مدل پیشنهادی با استفاده از داده‌های یک مثال واقعی نشان داده شده است.

کلمات کلیدی: زنجیره تأمین سبز، برنامه‌ریزی احتمالی، روش معیار جامع، مکانیابی.

* دانشجوی دکتری ، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران (نویسنده مسئول)
h.derikvand@srbiau.ac.ir

** استادیار،گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

یک زنجیره تأمین سازمان یافته بر اساس نیازها و الزامات واقعی، سازمان‌ها و شرکت‌ها را از مزیت رقابتی در بازار و کسب سهم بیشتر برخوردار می‌سازد. نگرانی از اثرات محیطی فعالیت‌های تجاری موجب وضع قوانین محیطی از سوی دولت‌ها و افزایش مراقبت‌های محیط دوستانه از سوی مصرف کنندگان شده است به گونه ای که دولت‌ها و مصرف‌کنندگان خواستار کاهش اثرات محیطی محصولات و فرآیندهای سازمان‌ها هستند.

تضاد بین رشد اقتصادی وحفاظت‌های محیطی سبب معطوف شدن نظر محققان و مدیران زنجیره تأمین شده است(آلاهرجا و هلو،۲۰۱۴). مدیریت خلاقانه زنجیره تأمین در مفهوم توسعه پایدار با هدف کاهش اثرات محیطی که تأمین کنندگان بر مصرف کنندگان نهایی دارند تحت عنوان مدیریت زنجیره تأمین سبز(GSCM) شناخته می‌شود و موضوع بحث بسیاری از محققان قرار گرفته است (رستم‌زاده و همکاران،۲۰۱۵) در مقایسه با زنجیره تأمین کلاسیک، زنجیره تأمین سبز متمرکز بر اجرای استراتژی‌های توسعه سبز است در حالیکه فشارهای محیطی و فرآیندهای داخلی را مدیریت میکند. در واقع زنجیره تأمین سبز به دنبال توسعه ای است که نه تنها منجر به سود اقتصادی شود بلکه به دنیال ایجاد منافع محیطی و ایجاد شرایط برد–برد است(گستچل و همکاران،۲۰۱۴).

این پژوهش قصد دارد به ارائه مدلی همه جانبه و منطبق با شرایط واقعی برای زنجیره تأمین سبز بپردازد. نوآوری‌های این پژوهش به شرح ذیل است:

۱. در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و سبز به طور هم زمان در مدل ریاضی پیشنهادی
۲. انتخاب نوع و تعداد وسایل نقلیه مناسب برای حمل جریان مواد بین تسهیلات
۳. در نظر گرفتن احتمال خرابی اعم از خرابی تسهیلات و وسایل نقلیه و نقش آنان در تولید گاز دی‌اکسیدکربن

Archive of SID

www.SID.ir

۴. مکانیابی کارخانه‌ها و مراکز جداسازی برای انجام کارا و مؤثر عملیات تولید و بازتولید از نظر اقتصادی و محیطی (کاهش فاصله پیموده شده توسط وسایل نقلیه و تولید گازکربن تولید شده توسط آنان.)

۵. در نظرگیری عدم قطعیت در مدل بصورت سناریوهای گسسته

پژوهش حاضر ابتدا یک مدل ریاضی غیرخطی چندهدفه را با توجه به موارد ذکر شده برای زنجیره تأمین سبز ارائه کرده است و پس از خطی‌سازی مدل با استفاده از روش معیار جامع، به حل مدل چندهدفه پیشنهادی به عنوان مدلی تک هدفه پرداخته است.

ادامه این پژوهش به شرح ذیل است: مرور ادبیات در بخش دوم ارائه شده است، بخش سوم به تعریف مسئله و ارائه مدل ریاضی اختصاص یافته، روش حل، تجزیه و تحلیل نتایج و نتیجه‌گیری به ترتیب در بخش‌های چهارم، پنجم و ششم آورده شده اند.

مرور ادبیات

پژوهش‌های انجام شده در حوزه زنجیره تأمین سبز را در یک تقسیم بندی می‌توان بر اساس رویکردهای مورد استفاده توسط آنان دسته بندی نمود. رویکردهایی مختلف که در موضوع زنجیره تأمین سبز مورد استفاده قرار گرفته اند شامل رویکرد مدل‌های مفهومی، روش‌های تصمیم گیری چندگانه و روش برنامه ریزی ریاضی و بهینه سازی است. در این راستا مروتی شریف آبادی (۱۳۹۲) با استفاده از یک مدل مفهمومی تأثیر نوآوری سبز بر عملکرد سازمان را مورد سنجش قرار دادند. انصاری و صادقی مقدم (۱۳۹۳) با ارائه یک مدل مفهومی ومعادلات ساختاری به دنبال تعیین وشناسایی محرک‌ها اجرای مدیریت زنجیره تأمین سبز بودند.گروه دیگری از پژوهش‌ها از رویکردهای تصمیم‌گیری چندگانه در برخورد با زنجیره تأمین سبز استفاده کردند. کیوسی سارپونگ و همکاران (۲۰۱۶) با شناسایی و تعریف معیارها و زیرمعیارها در صنعت معدن‌کاری با استفاده از روش‌های فازی دیمنتال[1] و ای ان پی فازی[2]

1- Fuzzy DEMENTAL
2-Fuzzy ANP

Archive of SID

www.SID.ir

به بررسی اثرات محیطی، اقتصادی و اجتماعی صنعت معدن‌کاری پرداختند. و یویگان و دیده (۲۰۱۶) با این استدلال که رویکردهای چند بعدی برای مدیریت زنجیره تأمین سبز مورد نیاز است از روشهای تصمیم‌گیری چندگانه بهره گرفتند، آنان روابط علت و معلول را در مدیریت زنجیره تأمین سبز با روش دیمنتال فازی[1] نمایش دادند و برای تعیین وزن معیارها از روش ای ان پی فازی[2] و در نهایت از روش تاپسیس فازی[1] برای ارزیابی و رتبه‌بندی روش‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز استفاده کردند.

تمرکز این پژوهش بر مدلسازی ریاضی است، بهینه سازی زنجیره تأمین با در نظر گیری اثرات محیطی، از سال ۱۹۹۰ مورد توجه قرار گرفته است و شامل بکارگیری مواردی از قبیل بهبودسرمایه‌گذاری محیط زیست، طراحی مجدد زنجیره تامین، همکاری مبتنی بر معیارهای سبز بین سازمان‌های بالادستی و پایین دستی وفعالیت‌های سبز است(کوئینگ هوآ،۲۰۰۷)، (سارکیس و همکاران،۲۰۱۱) و (میترا و پریا داتا،۲۰۱۳) در ادامه پژوهش‌های انجام شده در این زمینه مختصراً مرور شده‌اند:

کیومر پاتی و همکاران (۲۰۰۸) سعی کرده‌اند با استفاده از فرمولبندی عدد صحیح مختلط بر نامه ریزی آرمانی به بهبود مدیریت سیستم لجستیکی بازیابی کاغذ کمک کنند. مدل پیشنهادی آن‌ها روابط داخلی بین اهداف مختلف اعم از کاهش هزینه‌ها، افزایش کیفیت محصول و افزایش منابع محیطی از طریق بازیابی کاغذها را مورد مطالعه قرار میداد و مکانیابی تسهیلات و جریان و مسیر مواد بازیابی را تعیین می‌کرد. دریمل و کوگسن (۲۰۰۸) یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مختلط برای سیستم‌های بازسازی که هم شامل جریان‌های رو به جلو و هم جریان‌های رو به عقب بود را ارائه کردند، که نتایج حاصل از آن مقادیر بهینه تولید، مقدار حمل و نقل مواد تولیدی و مواد یازتولیدی و مکانیابی مراکز جداسازی قطعات و مراکز توزیع را به دست میداد. ونگ و همکاران (۲۰۱۱) یک مدل عدد صحیح مختلط چند هدفه را برای بهینه سازی سرمایه گذاری محیط زیست ارائه کردند به گونه ای که در صدد کمینه سازی هزینه‌های اقتصادی و تصاعد گاز کربن بود و از این طریق بهترین روشهای

1- Fuzzy TOPSIS

Archive of SID

www.SID.ir

حفاظت محیط زیست را الویت بندی کردند. هیوگو و پیستیکوپوس (۲۰۰۵) یک مدل ریاضی دو هدفه را برای یک شبکه زنجیره تأمین مواد شیمیایی با درنظرگیری الزامات محیط دوستانه به کار گرفتند. مدل پیشنهادی با استفاده از روش ارزیابی چرخه عمر حل شد و در پی کمینه سازی اثرات محیطی و بیشینه‌سازی منافع تجاری بود. کیوریگوسی فروتا نتو و همکاران (۲۰۰۸) یک مدل برنامه‌ریزی خطی دو هدفه را برای طراحی یک شبکه زنجیره تأمین رو به جلو صنعت کاغذ و خمیر کاغذ ارائه کردند که مقدار جریان بین تسهیلات را بهینه می‌ساخت. فهیم‌نیا و همکاران (۲۰۱۵) یک مدل عدد صحیح مختلط غیرخطی را به منظور بررسی مبادلات بین هزینه و ملاحظات محیطی از قبیل تصاعد کربن، مصرف انرژی و تولید ضایعات پیشنهاد کردند. آن‌ها ملاحظات دیگری را به منظور نزدیک شدن مدل به دنیای واقعی نظیر اندازه‌های مختلف حمل و نقل و ظرفیت نگهداری انعطاف‌پذیر انبارها در مدل پیشنهادی خود گنجاندند. وو و برنس (۲۰۱۶) از ترکیب روش‌های فرآیند تحلیل شبکه‌ای و برنامه‌ریزی چندهدفه برای انتخاب شربک سبز در زنجیره تأمین استفاده کردند، مدل پیشنهادی آن‌ها در عین کاهش اثرات محیطی، منافع تجاری را افزایش میداد و کارایی آن از طربق مطالعه صنعت تجهیزات و وسایل الکترونیکی در کشور چین سنجیده شد. ورائیکت و همکاران(۲۰۱۵) مفهوم زنجیره تأمین سبز را در صنعت دارو به کار گرفتند. از آنجا که زنجیره تأمین شامل بیش از یک شرکت است، مذاکرات بین شرکت‌ها به منظور همکاری بین آن‌ها به منظور حذف تجمع داروهای ناخواسته در مناطق مشتری‌ها را مبنای ارائه مدل ریاضی خود قرار دادند و از روش آزادسازی لاگرانژ برای حل آن بهره گرفتند.

پژوهش‌هایی نیز از روش‌های فراابتکاری و ابتکاری برای حل مدل‌های قطعی پیشنهادی خود به کار برده‌اند، در این راستا دو و ایونس (۲۰۰۸) ابتدا یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی دو هدفه، که توابع هدف آن هزینه کل و تأخیر کل چرخه زمانی را کمینه میساختند، را برای لجستیک معکوس ارائه کردند. که مسئله پیشنهادی آن‌ها در پی یافتن مکان‌های بهینه برای تسهیلات به گونه‌ای که جریان حمل شده بین مشتریان و تسهیلات نیز بهینه شود، بود و برای حل آن از ترکیب سه روش جستجوی پراکنده، سیمپلکس دوگان و روش محدودیت استفاده کردند. لی

Archive of SID

www.SID.ir

و همکاران (۲۰۰۹) سیستم بازسازی را بصورت یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی سه مرحله ای فرمولبندی کردند که به کمینه‌سازی هزینه‌های کل لجستیک معکوس اعم از هزینه‌های انتقال و هزینه راه‌اندازی مراکز جداسازی و پردازش می‌پرداخت در حالیکه مسئله بصورت چند محصولی و چند مرحله‌ای در نظر گرفته شده بود و برای حل آن از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند.. چیبلس مارتین و همکاران (۲۰۱۶) یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه خطی عدد صحیح مختلط را برای تعیین مکان و ظرفیت کارخانه‌ها، انبارها و مراکز توزیع در زنجیره تأمین سبز ارائه کردند و برای حل آن از الگوریتم آنلینگ شبیه‌سازی شده بهره جستند .

عدم قطعیت عامل دیگری بوده است که در مدل‌های ارائه شده توسط برخی پژوهش‌ها وارد شده است. رویکردهای استفاده شده توسط این پژوهش‌ها برای برخود با عدم قطعیت قابل تقسیم به سه دسته برنامه‌ریزی فازی، برنامه‌ریزی احتمالی و استوار است:

پیشوایی و رزمی (۲۰۱۲) یک مدل برنامه ریزی ریاضی قازی چندهدفه را برای زنجیره تأمین با ملاحظات محیطی تحت عدم قطعیت پارامترهای ورودی رائه کردند. مدل ارائه شده توسط آن‌ها، اثرات چندگانه محیطی و هزینه‌های متداول را کمینه می‌ساخت و برای حل یک مطالعه صنعتی واقعی به کار برده شد. سویسل و همکاران (۲۰۱۵) مسئله مسیریابی موجودی را با در نظر گرفتن اثرات محیطی برای زنجیره تأمین مواد غذایی مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها مدلی چند دوره ای را پیشنهاد کردند و هدف آنها ارتقا مدل‌های قبلی با درنظرگیری عواملی از قبیل تصاعد گاز دی‌اکسیدکربن و مصرف سوخت در مسیریابی بود. و زنجیره تأمین گوجه فرنگی تازه برای یک سوپرمارکت را به عنوان مطالعه موردی برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهادی خود بکاربردند. نتایج مطالعات آن‌ها علاوه بر کاهش هزینه‌ها حاکی از سطح خدمات دهی بهتری بود.

پیشوایی و همکاران (۲۰۰۹) یک مدل برنامه‌ریزی احتمالی را برای طراحی یک شبکه زنجیره تأمین با جریان‌های رو به جلو و معکوس تحت شرایط عدم قطعیت را پیشنهاد کردند و از رویکرد مبتنی بر سناریو برای حل آن استفاده کردند. کارایی روش پیشنهادی مذکور با

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از مثال‌های عددی ارائه شده ثابت شد. میرزاپور و همکاران (۲۰۱۳) یک مدل برنامه ریزی احتمالی را برای حل مسئله برنامه‌ریزی تولید تحت ملاحظاتی از قبیل روابط بین زمان تحویل و هزینه حمل و نقل و شاخص‌های زتجیره تأمین سبز به کار بردند و با یک مثال عددی کارایی مدل پیشنهادی خود را به اثبات رساندند . ال سید و همکاران (۲۰۱۰) یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی احتمالی عدد صحیح مختاط چند دوره‌ای ، چند مرحله‌ای را تحت شرایط ریسک برای زنجیره تأمین محیط دوست پیشنهاد کردند که هدف آن بیشبنه‌سازی سود مورد انتظار کل بود. کنکیکاو فونستا وگارسیا سانچز (۲۰۱۰) یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مختلط دو هدفه دو مرحله‌ای را برای لجستیک معکوس با در نظر گیری بسیاری از فاکتورهای دنیای واقعی نظیر چند رده تسهیلات، محصولات چندگانه، انتخاب تکنولوژی و عدم قطعیت مربوط به هزینه های حمل و نقل و تولید ضایعات پیشنهاد کردند. که در آن تصمیمات استراتژیک در مرحله اول و تصمیمات عملیاتی در مرحله دوم اتخاذ می‌شد. کاسکان و همکاران (۲۰۱۶) از یک مدل برنامه ریزی آرمانی برای در نظر گرفتن انتظارات سبز مشتریان در زنجیره تأمین بهره بردند و از تعدادی سناریو برای نشان دادن تأثیر مشتری بر زنجیره تأمین سبز استفاده کردند.

پیشوایی و همکاران (۲۰۱۱) ابتدا یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط قطعی را برای طراحی زنجیره تأمین حلقه بسته توسعه دادند و سپس مدل استوارمعادل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط پیشنهادی را اعمال کردند و تحت حالت‌های مختلف با مدل قطعی مورد مقایسه قرار دادند.

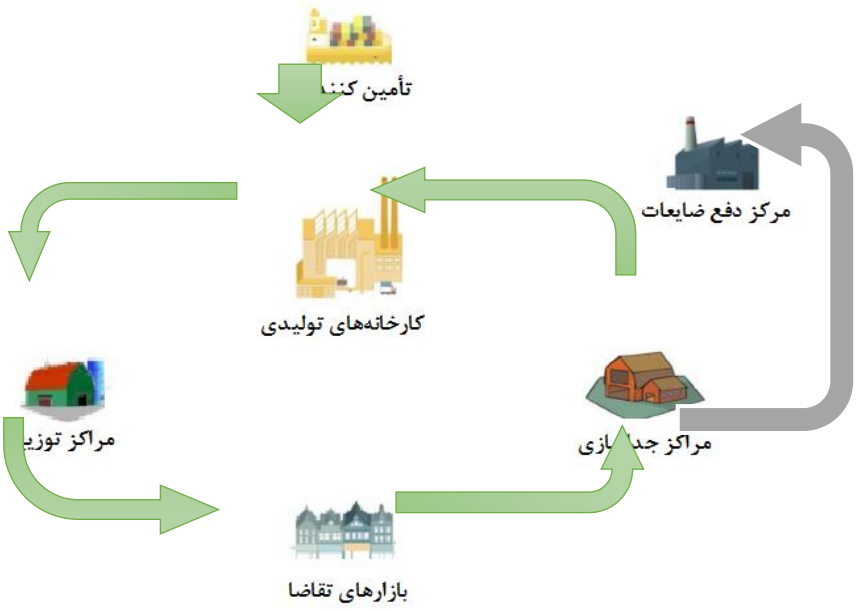
همانطور که از بررسی پژوهش‌های انجام شده مشخص است اکثر پژوهش‌ها رعایت فاکتورهای محیط زیست دوستانه و محدود کردن تولیدگاز دی‌اکسیدکربن را تنها از طریق تسهیلات موجود در سطوح مختلف زنجیره تأمین مد نظر قرا داده‌اند و به وسایل نقلیه، که ارتباط این سطوح را برقرار می‌سازند، بی توجه بوده‌اند، از طرف دیگر اختلال و خرابی این تسهیلات و وسایل نقلیه و سهم آنها در تولید گاز دی‌اکسیدکربن نیز مورد غفلت واقع شده است، لذا این پژوهش سعی دارد به ارائه مدلی همه جانبه که مفاهیم سبز را در مورد تسهیلات و وسایل نقلیه در شرایطی که اختلال و خرابی آن‌ها را نیز مد نظر قرار گرفته ، پرداخته است.

Archive of SID

www.SID.ir

بیان مسئله و مدل ریاضی

افزایش نگرانی‌ها درباره اثرات محیطی فعالیت‌های اقتصادی موجب افزایش تلاش محققان در طراحی زنجیره تأمین به گونه ای که منجر به کاهش این اثرات شود، شده است. به این منظور در این پژوهش شرایطی مد نظر قرار گرفته است که درآن پس از تولید محصولات توسط کارخانه‌ها و توزیع در بازارهای تقاضا، محصولات در مراکزی با نام مراکز جداسازی از مشتریان دریافت می‌شود. در این مراکز جداسازی قطعات قابل بازیافت از محصولات انجام شده، و برای انجام عملیات بازتولید به کارخانه‌های تولیدی فرستاده می‌شوند و سایر قطعات جهت انهدام به مرکز دفع فرستاده میشوند. به منظور انجام مؤثر و اقتصادی فرآیند تولید و بازتولید مکانیابی کارخانه‌های تولیدی و مراکز جداسازی، انتخاب وسایل نقلیه مناسب و احتمال خرابی این وسایل و هریک از تسهیلات در نظر قرار گرفته شده است. شکل (۱) شبکه زنجیره تأمین پیشنهادی را نمایش داده است.



شکل ۱. شبکه زنجیره تأمین پیشنهادی

www.SID.ir

مفروضات:

۱. مکان تأمین‌کنندگان، توزیع‌کنندگان و مراکز دفع از ابتدا مشخص است ولی مکان کارخانه‌ها و مراکز جداسازی از ابتدا مشخص نیست.
۲. ظرفیت هر یک از تسهیلات از ابتدا مشخص است.
۳. زنجیره تأمین پیشنهادی بصورت چند محصولی و چند دوره‌ای است.
۴. تفاوتی بین عملیات تولید و بازتولید وجود ندارد.
۵. قطعات و محصولات از نظر کیفیت با یکدیگر متفاوت هستند.
۶. عدم قطعیت در مدل بصورت سناریوهای گسسته وارد شده است.

مجموعه‌ها:

i: مجموعه تأمین کنندگان

j : مجموعه مکان‌های بالقوه برای احداث کارخانجات

d: مجموعه مراکز توزیع

k : مجموعه مکان‌های یالقوه برای مراکز جداسازی

q: مرکز دفع ضایعات

m : مجموعه بازارهای تقاضا

c : مجموعه محصولات نهایی

n : مجموعه قطعات محصولات

t : مجموعه زمان‌های برنامه‌ریزی

v : مجموعه وسایل نقلیه

Archive of SID

www.SID.ir

پارامترها:

h_{nc} : تعداد مورد نیاز از قطعات n برای تولید محصول c

φ_{vc} : ظرفیت وسیله نقلیه نوع v به ازای محصول نوع c

D_{mcts} : تقاضای بازار تقاضای m از محصول c در دوره t تحت سناریوی s

$cr_{\text{int}s}$: هزینه خرید موادخام n از تأمین کننده i در دوره t تحت سناریوی s

cv_{vts} : هزینه استفاده از وسیله نقلیه v به ازای هر کیلو متر در دوره t تحت سناریوی s

cp_j : هزینه ثابت احداث کارخانه j

cp_k : هزینه ثابت احداث مرکز جداسازی k

cg_{fts} : هزینه تحمیلی به سیستم در صورت اختلال عملکرد تسهیل f به ازای هر ساعت در دوره t تحت سناریوی s

$cb_{\text{nt}s}$: هزینه استخراج و تأمین هر واحد قطعه n در دوره t تحت سناریوی S

ch_{jnts} هزینه تولید یا بازتولید به ازی هر واحد n توسط کارخانه t در دوره t تحت سناریوی S

sc_{nts}: هزینه صرفه‌جویی شده از بازیابی قطعات n در دوره t تحت سناریو S

ck_{knts}: هزینه جداسازی هر واحد قسمت n توسط مرکز جداسازی k در دوره t تحت سناریوی s

cd_{nts} : هزینه دفع هر واحد قسمت n در دوره t تحت سناریوی s

e_{fts} : تصاعد گاز دی اکسید کربن ناشی از عملکرد تسهیل f در دوره t تحت سناریوی s

Archive of SID

www.SID.ir

e_{vts} : تصاعد گاز دی اکسید کربن وسیله تقلیه v در حمل مواد به ازای هر کیلومتر در دوره t تحت سناریوی s

cf_{vts} : هزینه ناشی از خرابی وسیله نقلیه v در دوره t به ازای هر ساعت تحت سناریوی s

z_{fts} : تصاعد گاز دی‌اکسیدکربن ناشی از خرابی تسهیل f در دوره t به ازای هر ساعت تحت سناریوی s

z_{vts} : تصاعد گاز دی‌اکسیدکربن ناشی از خرابی وسیله نقلیه v در دوره t به ازای هر ساعت تحت سناریوی s

$cap_{fc'}$: ظرفیت تسهیل f به ازای C'

$f \in \{i,j,d,m,k,q\}$ و $c' \in \{c,n\}$

d_{fts} : مدت زمان خرابی تسهیل f در دوره t بر حسب ساعت تحت سناریوی s $f \in \{i,j,d,m,k,q\}$

d_{vts} : مدت زمان خرابی وسیله نقلیه v در دوره t بر حسب دقیقه تحت سناریوی s

$l_{ff'}$: فاصله بین تسهیل f تا f' بر حسب کیلومتر

$f \in \{i,j,d,m,k,q\}$ و $f' \in \{j,\mathrm{d},\mathrm{m},\mathrm{k},\mathrm{q}\}$

p_{vts} : احتمال خرابی وسیله نقلیه v در دوره t تحت سناریوی s

p_{fts}: احتمال خرابی تسهیل f در دوره t تحت سناریوی s

p_s : احتمال سناریوی s

α_j : نرخ تولید کارخانه j

Archive of SID

www.SID.ir

δ_k : نرخ بازیابی مرکز جداسازی k

متغیرها:

x_i: اگر تامین کننده i کار کند یک درغیر اینصورت صفر.

x_d: اگر توزیع کننده d کار کند یک درغیر اینصورت صفر.

x_q: اگر مرکز دفع q کار کند یک درغیر اینصورت صفر.

loc_j: اگر کارخانه در مکان بالقوه j تأسیس شود یک در غیر اینصورت صفر.

loc_k: اگر مرکز جداسازی در محل بالقوه k تأسیس شود یک در غیر اینصورت صفر.

y_v اگر وسیله نقلیه نوع v انتخاب شود یک، در غیراینصورت صفر.

ω_{vts} : تعداد مورد نیاز از وسیله نقلیه نوع v در دوره t تحت سناریوی S

x_{ijnts}: میزان جریان قطعات n بین تأمین کننده i و کارخانه j در دوره t تحت سناریو S

x_{jdcts}: میزان جریان محصولات c بین کارخانه j و مرکز توزیع d در دوره t تحت سناریو S

x_{dmcts}: میزان جریان محصولات c بین مرکز توزیع d و بازار m در دوره t تحت سناریو S

x_{mkcts}: میزان جریان محصولات c بین بازار تقاضای m و مرکز جداسازی k در دوره t تحت سناریو S

$x_{kj\,\mathrm{nts}}$: میزان جریان قطعات n بین مرکز جداسازی k و کارخانه j در دوره t

Archive of SID

www.SID.ir

تحت سناریو S

x_{kqnts}: میزان جریان قطعات n بین مرکز جداسازی k و مرکز دفع q در دوره t تحت سناریو S

$$Minf_1 = \mathrm{FC} + p_s (MC_s + \mathrm{TC}_s + \mathrm{EC}_s) \quad (۱)$$

$$FC = \sum_j cp_j loc_j + \sum_k cp_k loc_k \quad (۲)$$

$$MC_s = \sum_i \sum_j \sum_n \sum_s \sum_t (cb_{\mathrm{nts}} + cr_{\mathrm{int}s}) x_{ijnts} + \quad (۳)$$
$$\sum_m \sum_k \sum_c \sum_n \sum_s \sum_t ck_{knts} h_{nc} x_{mkcts} +$$
$$\sum_j \sum_d \sum_c \sum_s \sum_t ch_{cts} x_{jdcts} + \sum_k \sum_j \sum_n \sum_s \sum_t -sc_{nts} \mathrm{x}_{kjnts} +$$
$$\sum_k \sum_n \sum_s \sum_t cd_{nts} x_{kqnts}$$

$$TC_s = \sum_v \sum_s \sum_t y_v \omega_{vts} \mathrm{cv}_{ts} (\sum_i \sum_j l_{ijs} + \sum_j \sum_d l_{jds} + \sum_d \sum_m l_{dms} \quad (۴)$$
$$\sum_m \sum_k l_{mks} + \sum_k \sum_j l_{kjs} + \sum_k l_{kqs}) + \sum_v \sum_s \sum_t y_v p_{vts} d_{vts} cf_{vts}$$

(۵)

$$EC_s = \sum_i \sum_t \sum_s p_{its} \mathrm{cg}_{its} d_{its} x_i +$$
$$\sum_j \sum_t \sum_s p_{jts} cg_{jts} d_{jts} loc_j + \sum_d \sum_t \sum_s p_{dts} cg_{dts} d_{dts} x_d$$
$$+ \sum_k \sum_t \sum_s p_{kts} cg_{kts} d_{kts} loc_k + \sum_t \sum_s p_{qts} cg_{qts} d_{qts} x_q$$

$$M\ \mathrm{inf}_2 = p_s (EM_{fs} + EM_{ts}) \quad (۶)$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$EM_{fs} = \sum_i \sum_s \sum_t x_i e_{its} + \sum_j \sum_s \sum_t loc_j e_{jts} + \sum_d \sum_s \sum_t x_d e_{dts} \quad (۷)$$
$$+ \sum_k \sum_s \sum_t loc_k e_{kts} + \sum_t \sum_s x_q e_{qts} + \sum_i \sum_t \sum_s p_{its} z_{its} d_{its} x_i +$$
$$\sum_j \sum_t \sum_s p_{jts} z_{jts} d_{jts} loc_j + \sum_d \sum_t \sum_s p_{dts} z_{dts} d_{dts} x_d$$
$$\sum_k \sum_t \sum_s p_{kts} z_{kts} d_{kts} loc_k + \sum_t \sum_s p_{qts} z_{qts} d_{qts} x_q$$

$$EM_{ts} = \sum_v \sum_s \sum_t y_v \omega_{vc} \, e_{vts} \quad (۸)$$
$$(\sum_i \sum_j l_{ijs} + \sum_j \sum_d l_{jds} + \sum_d \sum_m l_{dms}$$
$$\sum_m \sum_k l_{mks} + \sum_k \sum_j l_{kjs} + \sum_k l_{kqs}) +$$
$$\sum_v \sum_s \sum_t y_v p_{vts} d_{vts} z_{vts}$$

s.t:

$$\sum_j \sum_n \sum_t x_{ijnts} \le x_i \sum_n cap_{in} \quad \forall s, i \quad (۹)$$

$$\sum_d \sum_c \sum_t x_{jdcts} \le loc_j \sum_c cap_{jc} \quad \forall s, j \quad (۱۰)$$

$$\sum_m \sum_c \sum_t x_{dmcts} \le x_d \sum_c cap_{dc} \quad \forall s, d \quad (۱۱)$$

$$\sum_j \sum_n \sum_t x_{kjnts} + \sum_n \sum_t x_{kqnts} \le loc_k \sum_n cap_{kn} \quad \forall s, k \quad (۱۲)$$

$$X_i \le \sum_j \sum_n x_{ijnts} \quad \forall t, s, i \quad (۱۳)$$

$$loc_j \le \sum_d \sum_c x_{jdcts} \quad \forall t, s, j \quad (۱۴)$$

$$x_d \le \sum_m \sum_c x_{dmcts} \quad \forall t, s, d \quad (۱۵)$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$loc_k \le \sum_j \sum_n x_{kjnts} + \sum_k x_{kqnts} \qquad \forall t,s,k \tag{۱۶}$$

$$\sum_i \sum_j \sum_c \sum_n \frac{x_{ijnts}}{h_{nc}} \le y_v \omega_{vts} \sum_c \varphi_{vc} \qquad \forall v,t,s \tag{۱۷}$$

$$\sum_j \sum_d \sum_c x_{jdcts} \le y_v \omega_{vts} \sum_c \varphi_{vc} \qquad \forall v,t,s \tag{۱۸}$$

$$\sum_d \sum_m \sum_c x_{dmcts} \le y_v \omega_{vts} \sum_c \varphi_{vc} \qquad \forall v,t,s \tag{۱۹}$$

$$\sum_m \sum_k \sum_c x_{mkcts} \le y_v \omega_{vts} \sum_c \varphi_{vc} \qquad \forall v,t,s \tag{۲۰}$$

$$\sum_k \sum_j \sum_c \sum_n \frac{x_{kjnts}}{h_{nc}} \le y_v \omega_{vts} \sum_c \varphi_{vc} \qquad \forall v,t,s \tag{۲۱}$$

$$\sum_k \sum_c \sum_n \frac{x_{kqnts}}{h_{nc}} \le y_v \omega_{vts} \sum_c \varphi_{vc} \qquad \forall v,t,s \tag{۲۲}$$

$$\sum_i \sum_k \sum_c \sum_n \alpha_j \left(\frac{x_{ijnts} + x_{kjnts}}{\mathrm{h}_{nc}}\right) = \sum_d \sum_c x_{jdcts} \qquad \forall j,t,s \tag{۲۳}$$

$$\sum_j \sum_c x_{jdcts} = \sum_m \sum_c x_{dmcts} \qquad \forall d,\mathrm{t},\mathrm{s} \tag{۲۴}$$

$$\sum_d \sum_c x_{dmcts} \ge \sum_c D_{mcts} \qquad \forall t,s,m \tag{۲۵}$$

$$\sum_k \sum_m x_{mkcts} \le \sum_m \sum_d x_{dmcts} \qquad \forall t,s,\mathrm{c} \tag{۲۶}$$

$$\sum_m \sum_c \sum_n h_{nc} x_{mkcts} = \sum_j \sum_n x_{kjnts} + \sum_n x_{kqnts} \qquad \forall t,s,k \tag{۲۷}$$

$$\sum_n \sum_j x_{kjnts} = \delta_k \sum_m \sum_c \sum_n x_{mkcts} h_{nc} \qquad \forall t,s,k \tag{۲۸}$$

$$\sum_n x_{kqnts} = (1-\delta_k) \sum_m \sum_c \sum_n x_{mkcts} h_{nc} \qquad \forall t,s,k \tag{۲۹}$$

$$x_i, \mathrm{x}_d, \mathrm{x}_q, loc_j, loc_k \in \{0,1\} \tag{۳۰}$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$x_{ijnt}, x_{jdct}, x_{dmct}, x_{mkct}, x_{kjnt}, x_{kqnt} \geq 0$$

تابع هدف اول به کمینه‌سازی هزینه‌های اقتصادی می‌پردازد به اینصورت که رابطه (۲) مربوط به هزینه‌های تأسیس کارخانه‌ها و مراکز بازسازی، رابطه (۳) هزینه‌های مربوط به مواد و محصولات که شامل هزینه‌های استخراج و خرید قطعات خام، هزینه‌های جداسازی قطعات در جریان بازگشتی، هزینه‌های تولید و بازتولید و صرفه جویی ناشی از بازتولید و هزینه‌های دفع است، رابطه (۴) هزینه‌های استفاده و خرابی وسایل نقلیه را نمایش می‌دهد و رابطه (۵) نمایشگر هزینه‌های ناشی از خرابی تسهیلات است. تابع هدف دوم میزان انتشار گازدی‌اکسید کربن را کمینه می‌سازد بصورتی که رابطه (۷) میزان انتشار گاز دی‌اکسیدکربن عملکرد و خرابی تسهیلات و رابطه (۸) میران انتشار گاز دی‌اکسیدکربن استفاده از وسایل نقلیه و خرابی آن‌ها را کمینه می‌سازد.

محدودیت (۹) بیان کننده ظرفیت تأمین کننده است. محدودیت(۱۰) ظرفیت کارخانه را نمایش می‌دهد و محدودیت (۱۱) ظرفیت توزیع کننده و محدودیت(۱۲) ظرفیت مرکز جداسازی، محدودیت‌های (۱۳) تا (۱۶) بیان میکنند چنانچه هر یک از تسهیلات کار کنند حتماً جریان محصولات و قطعات به تسهیل بعدی جاری است. محدودیت (۱۷) تا (۲۲) تعیین میکنند که جریان بین تسهیلات از ظرفیت وسایل نقلیه در حمل و تقل بین آنها بیشتر نخواهد بود، محدودیت (۲۳) نشان دهنده رابطه جریان فرستاده شده به مراکز توزیع و ورودی‌های کارخانه است. محدودیت (۲۴) بیان میکند کلیه محصولات فرستاده شده به مراکز توریع در بازارهای تقاضا توزیع می‌شوند. محدودیت (۲۵) بیان می‌کند کل محصولات ارسالی به هر بازار بزرگتر مساوی تقاضای بازار است. محدودیت (۲۶) تأکید می‌کند که جریان رو به جلو بزرگتر از جریان برگشتی است. محدودیت (۲۷) ارتباط بین جریان محصول برگشتی به مرکز جمع‌آوری و قطعاتی قابل بازیابی و یا دفع را بیان میکند محدودیت‌های (۲۸) و (۲۹) تعداد

Archive of SID

www.SID.ir

قطعات قابل بازیابی و قابل دفع بدست آمده از محصولات برگشتی را محدود می‌کنند و محدودیت (۳۰) بیان‌کننده نوع متغیرهای مدل است.

روش حل:

خطی‌سازی. عبارت $\omega_{vts} y_v$ در قسمت‌های(۴) و (۹) توابع هدف و محدودیت‌های (۱۷) تا (۲۲) به وضوح غیرخطی می‌باشند برای خطی سازی عبارت $\omega_{vts} y_v$ را با R_{vts} جایگزین و محدودیت‌های زیر به مدل افزوده می‌شوند(بانجری و روی،۲۰۰۱):

$$R_{vts} \le \omega_{vts} \qquad \forall v,t,s \qquad (۳۱)$$

$$R_{vts} \le M y_V \qquad \forall v,t,s \qquad (۳۲)$$

$$R_{vts} \ge M(y_v - 1) + \omega_{vts} \qquad \forall v,t,s \qquad (۳۳)$$

$$R_{vts} \ge 0 \qquad (۳۴)$$

روش حل چند هدفه. مدل چندهدفه پیشنهادی با استفاده از روش معیار جامع قابل تبدیل به یک مدل تک هدفه است. روش معیار جامع با توجه به ماهیت مسئله انتخاب شده است. ایده اصلی این روش بر مبنای کاهش اختلاف بین جواب ایده‌آل و جواب مورد انتظار است، به این منظور ابتدا بهترین و بدترین جواب ممکن برای هر یک از توابع هدف محاسبه می‌شوند(رائو و رائو،۲۰۰۹) بهترین جواب از بهینه‌سازی هر یک از توابع هدف بدون لحاظ کردن سایر توابع هدف بدست می‌آید و بدترین جواب از بهینه‌سازی هر یک از توابع هدف در جهت مخالف بر روی مسئله قابل محاسبه است. عبارت زیر چگونگی محاسبات را نشان می‌دهد.اگر عبارت (۳۵) یک معادله خطی با چند تابع هدف باشد:

Archive of SID

www.SID.ir

$$Min\left[Z_1,...,Z_3\right] \quad (۳۵)$$
$$g_i(x) \geq 0$$

آنگاه با استفاده از روش معیار جامع خواهیم داشت:

$$Min\ Z_T^* = \left[\sum_i \lambda_i \left(\frac{Z_i - Z_i^*}{Z_m - Z_i^*}\right)^r\right]^{\frac{1}{r}} \quad (۳۶)$$
$$g_i(x) \geq 0$$

مطالعه موردی

در این بخش داده‌های یک مثال واقعی متناسب با مدل پیشنهادی ارائه شده است تا درستی و صحت مدل بررسی گردد، گروه صنعتی ایران‌خودرو بزرگ‌ترین شرکت خودروسازی ایران و خاورمیانه است که انواع خودروهای سبک و سنگین را به همکاری شرکای خارجی یا به تنهایی مونتاژ می‌کند. ایران خودرو با تولید سالانه حدود ۵۵۰ هزار دستگاه خودرو، به طور متوسط ۵۰ تا ۵۵ درصد تولید خودرو ایران را به خود اختصاص داده است. این کارخانه تولید اتومبیل برای تولید محصولات خود قطعات مختلف را خریداری، مونتاژ و تولید می‌کند. در جدول (۱) تعداد و انواع بخشی از قطعات مورد استفاده برای تولید محصولات در این کارخانه را در ۶ ماهه نخست سال ۹۵ را نمایش داده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. تعداد قطعات پلیمری مورد استفاده برای تولید محصولات مختلف در ایران خودرو در ٦ ماهه اول سال ۱۳۹۵

ردیف	مشخصات قطعه	تعداد					
		فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
۱	پوشش فوقانی قاب جعبه فیوز داخل موتورEBB	۰	۱۷۵۰	۳۱۲۲	۱۴۰۰	۳۵۲۸	۱۰۷۸
۲	قاب فوقانی HSG 405	۱۴۴۰	۰	۳۳۶۰	۳۲۴۰	۳۲۴۰	۱۰۰۸
۳	قاب تحتانی HSG 405	۱۴۷۰	۰	۲۹۴۰	۱۳۵۰	۳۲۴۰	۲۷۷۲
۴	پوشش تحتانی قاب جعبه فیوز داخل موتورEBB	۰	۲۲۴۰	۱۶۸۰	۲۸۰۰	۲۲۶۸	۱۵۵۴
۵	body IP Main	۰	۵۰۷۸	۱۹۸۰	۷۷۰۰	۱۵۹۱	۰
۶	Lower HSG IP	۰	۰	۰	۰	۰	۵۲۵۰
۷	قاب فوقانی CEC	۲۲۵۰	۰	۶۶۰۰	۰	۲۷۰۰	۱۱۲۶
۸	قاب تحتانی CEC	۱۳۲۵	۱۳۲۰	۳۴۴۵	۲۳۹۵	۳۹۷۵	۵۸۰۵
۹	قاب بالایی سیرن	۰	۰	۳۹۱۲	۶۷۹۳	۰	۲۲۰۴
۱۰	قاب پایینی سیرن	۰	۰	۳۹۱۳	۶۷۹۳	۰	۲۲۰۴
۱۱	تشدید کننده صدای سیرن SK03	۰	۳۳۶۰	۲۴۴۸۰	۰	۰	۰
۱۲	قاب بالایی RKEساپکو	۰	۲۳۰۴۰	۳۴۵۶۰	۲۵۹۲۰	۳۷۴۴۰	۲۳۰۴۰
۱۳	قاب تحتانی RKEساپکو	۰	۲۳۰۴۰	۳۴۵۶۰	۲۵۹۲۰	۳۷۴۴۰	۲۳۰۴۰
۱۴	قاب بالایی RKE	۲۱۳۰۰	۱۵۵۰۰	۹۳۳۵	۰	۰	۰
۱۵	قاب تحتانی RKE	۰	۰	۹۳۰۰	۰	۴۵۰۰	۹۰۰۰
۱۶	cover 405 Back	۰	۰	۰	۱۰۲۷۰	۹۴۸۰	۷۹۹۲
۱۷	قاب ACU4	۰	۰	۴۵۶۰	۱۳۶۸	۰	۲۲۵۰
۱۸	کانکتور هماهنگ کننده CRD	۳۳۰۰۰	۰	۱۶۰۰۰	۳۷۵۰۰	۰	۰
۱۹	جعبه هماهنگ کننده CRD2 RX PANA	۰	۲۵۱۴	۰	۰	۰	۸۰۴۰
۲۰	کانکتور شیشه بالابر PWC	۰	۵۶۰۰	۲۱۰۰۰	۰	۰	۰

www.SID.ir

۲۱	قاب فوقانی PWC	۹۶۰۰	۵۴۰۰	۱۰۱۰۰	۰	۱۶۳۸۳	۰
۲۲	قاب تحتانی PWC	۰	۱۴۷۹۰	۱۳۵۰۰	۰	۰	۰
۲۳	کیس RLT مشکی	۰	۰	۲۰۵۳۵	۰	۰	۵۴۹۴
۲۴	کیس MLC خاکستری	۰	۳۴۰	۰	۰	۰	۷۸۵
۲۵	قاب فوقانی BCM خودرو ۲۰۶	۲۵۲۰	۰	۶۱۲۰	۰	۱۲۶۰	۲۵۹۶
۲۶	قاب تحتانی BCM	۲۵۲۰	۰	۶۱۲۰	۰	۱۲۶۰	۲۵۹۶
۲۷	براکت BCM	۱۳۰۲	۳۶۶۱	۰	۳۳۶۰	۱۸۹۰	۱۴۲۸
۲۸	قاب فوقانی EBCM	۲۵۹۰	۰	۱۴۴۹	۳۰۰۰	۲۵۹۰	۹۹۶
۲۹	قاب تحتانی EBCM	۲۵۹۰	۰	۱۴۲۹	۳۰۰۰	۲۵۹۰	۹۹۶
۳۰	جعبه فیوز P6L	۱۱۶۴	۱۹۵۷	۳۹۲۰	۰	۱۶۸۰	۲۶۵۴
۳۱	قاب جعبه فیوز P6L	۳۰۰۰	۲۰۰۰	۱۷۵۰	۰	۰	۳۴۸۰
۳۲	بزل کلید شیشه بالابر جلو چپ سورن دیزل	۰	۷۰۷	۰	۰	۰	۱۲۷
۳۳	بزل کلید شیشه بالابر عقب چپ سورن دیزل	۷۲۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳۴	مجموعه پوشش اصلی و جعبه چراغهای جلو آمپر تیبا	۹۳۶	۰	۱۲۰	۰	۲۸۷۱	۶۱۳۴
۳۵	طلق جلو آمپر تیبا	۰	۰	۴۰۱	۰	۰	۰
۳۶	جعبه چراغهای جلو آمپر تیبا	۸۳۲	۰	۰	۰	۵۴۷۹	۴۱۱
۳۷	پوشش پشتی جلو آمپر تیبا	۰	۰	۰	۰	۰	۸۸۹۷
۳۸	براکت EBB بسته بندی شده	۰	۲۹۴۰	۲۵۲۰	۲۲۴۰	۹۱۰	۰
۳۹	براکت FN بسته بندی شده	۰	۱۰۰۸	۱۶۸۰	۱۰۰۸	۳۳۶	۰
۴۰	براکت ECU بسته بندی شده	۰	۳۲۹۹	۱۸۲۰	۲۱۹۸	۰	۰
۴۱	پوشش پشتی صندلی شرکت رضکو	۸۸۵	۹۶۰	۴۸۲	۰	۰	۰
۴۲	پوشش کفی صندلی شرکت رضکو	۱۲۰۰	۰	۱۰۵۷	۰	۰	۰
۴۳	پایه نگهدارنده صفحه نمایش داشبورد رانا	۰	۰	۲۴۰	۰	۰	۰
۴۴	مجموعه قاب فرمان	۴۸۰	۱۹۲	۴۸۰	۰	۰	۱۹۲
۴۵	قاب نگهدارنده سوئیچ تنظیم ارتفاع چراغ‌جلو داشبورد رانا بسته بندی شده	۴۲۰	۴۲۰	۰	۰	۷۰۰	۲۸۰

www.SID.ir

۴۶	درجعبه فیوزها زیرجلوآمپر داشبورد رانا	۰	۰	۰	۱۹۲	۴۸۰	۲۸۸
۴۷	قاب بغل جلوداشبورد راست داشبورد رانا	۱۳۶۰	۰	۶۸۰	۰	۶۸۰	۶۸۰
۴۸	قاب بغل جلوداشبورد چپ داشبورد رانا	۶۸۰	۰	۶۸۰	۰	۶۸۰	۶۸۰
۴۹	نگهدارنده کانکتورها داشبورد رانا	۶۰۰	۰	۶۰۰	۰	۶۰۰	۶۰۰
۵۰	راهنمای سوکتهای دسته سیم داشبورد رانا	۲۵۶۰	۱۲۸۰	۵۱۲۰	۰	۰	۲۵۶۰
۵۱	قطعه تزئینی جلو آمپر داشبورد رانا	۳۶۰	۳۶۰	۴۲۰	۱۲۰	۴۸۰	۴۸۰

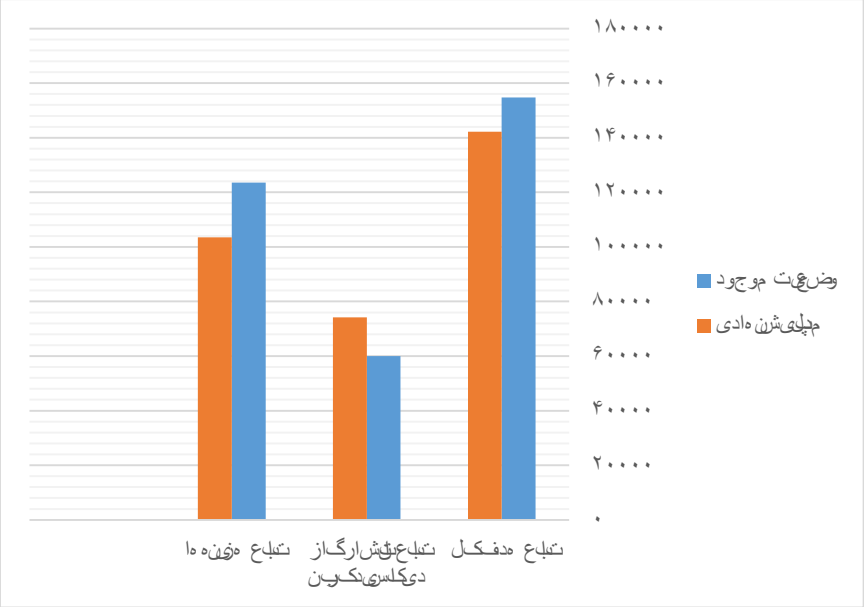
سایر پارامترها به صورت تصادفی در نرم‌افزار اکسل تولید شده اند، همچنین تعداد سه سناریو به ترتیب به عنوان سیاست‌های استفاده کم از مواد و قطعات بازیافت‌پذیر، استفاده متوسط از موادو قطعات بازیافت‌پذیر و استفاده زیاد از مواد و قطعات بازیافت‌پذیر با احتمال‌های ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۳ تعریف شده‌اند.

تجزیه و تحلیل نتایج

مسئله در نرم افزار گمس در کامپیوتری با مشخصات کامپیوتری با حافظه داخلی ۸ گیگا بایت تحت ویندوز ۱۰ اجرا شده است. ابتدا مدل پیشنهادی حل و سپس با مفروض قرار دادن متغیرهای x_q ,loc_k ,x_{mkcts} ,x_{kjnts} ,x_{kqnts} که به ترتیب نمایش دهنده تأسیس مراکز انهدام و جداسازی، جریان‌های محصول یا قطعات بین بازارهای تقاضا و مرکز جداسازی و مرکز جداسازی و کارخانه و مرکز دفع هستند، برابر با صفر و به تبع آن صفر شدن پارامترهای فاصله بین این تسهیلات که با l_{kqs} ,l_{kjs} ,l_{mks} نمایش داده شده‌اند، سعی در مقایسه وضعیت موجود و وضعیت مدنظر مدل پیشنهادی شده است. در واقع با حذف جریان‌های معکوس زنجیره تأمین بصورت مستقیم یا رو به جلو در نظرگرفته شده و نتایج مورد مقایسه قرار گرفته است.

Archive of SID

www.SID.ir



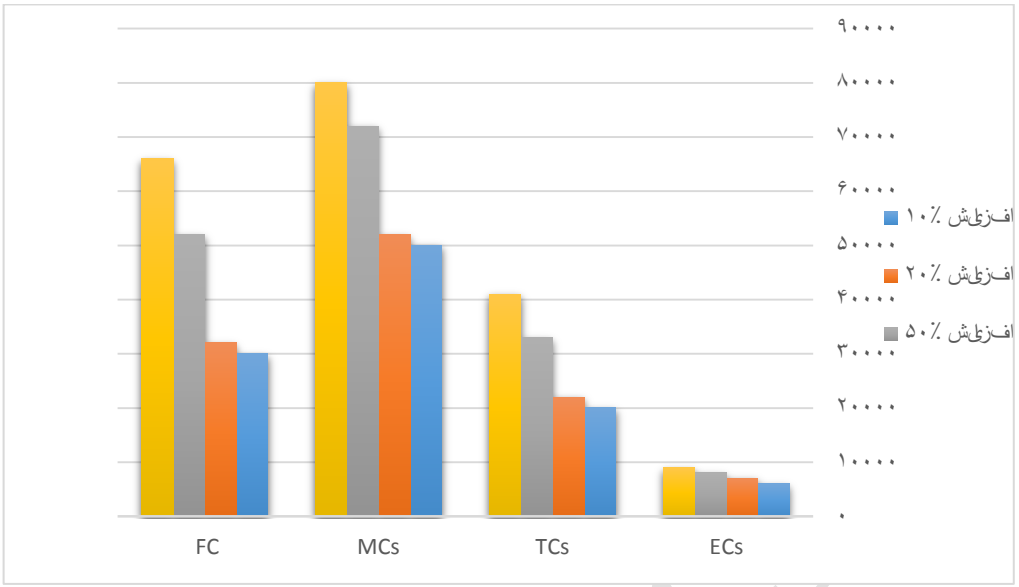
شکل۲. مقایسه وضعیت موجود و پیشنهادی

همانطور که ازمشاهده شکل (۲) مشخص است، هزینه‌ها برای وضعیت پیشنهادی کاهش یافته اند که این به دلیل سود ناشی از بازیابی محصولات است. از طرف دیگر در وضعیت موجود میزان انتشار گاز دی‌اکسید کربن کمتر است که به دلیل عدم حمل ونقل وسایل نقلیه در مسیر برگشتی و عدم عملکرد مراکز جداسازی و انهدام و حذف انتشار گاز دی‌اکسید کربن توسط آن‌ها است.

از عدد ۱۰۳۴۷۵/۱ که هزینه کل مدل پیشنهادی را تشکیل میدهد ۳۱ درصد مربوط به هزینه‌های تأسیس، ۴۵ درصد مربوط به هزینه‌های خرید قطعات و تولید محصولات و بازیابی آن‌ها، ۱۸ درصد مربوط به خرابی تسهیلات و ۶ درصد مربوط به خرابی وسایل نقلیه میشود است. شکل (۳) افزایش هزینه کل را به ازای افزایش مقادیر مختلف هزینه‌ها نمایش میدهد.

Archive of SID

www.SID.ir



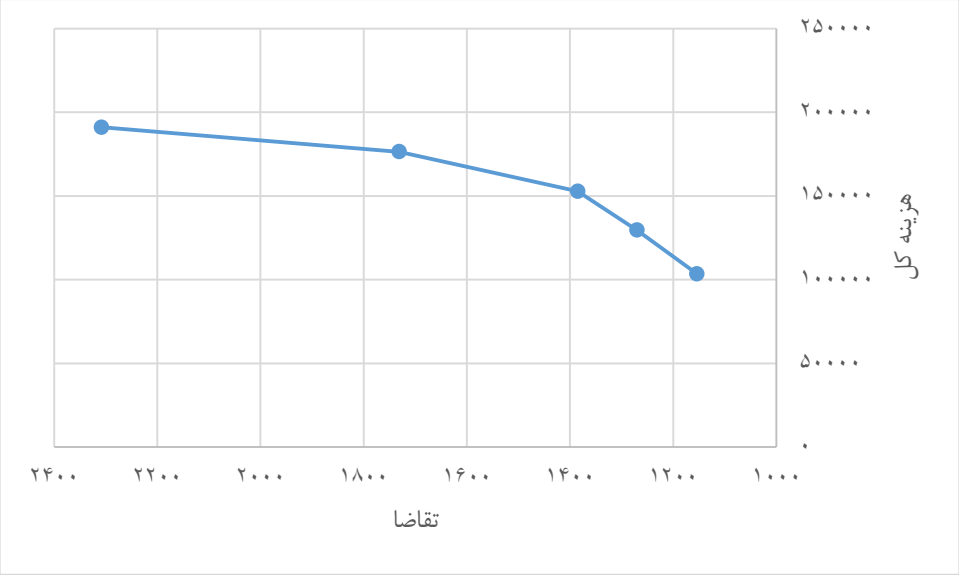
شکل۳. بررسی تأثیرات هزینه‌های مختلف بر هزینه کل

همانطور که از مشاهده شکل (۳) استنباط می‌شود هزینه MC_S که در واقع هزینه‌های خرید و بازیابی قطعات و محصولات است بیشترین تأثیر را در مقدار هزینه کل دارد.

شکل(۴) تغییرات هزینه را در برابر تغییرات تقاضاهای بازار تقاضا نمایش میدهد. با افزایش تقاضا به دلیل افزایش هزینه‌های خرید قطعات برای تولید و هزینه‌های توزیع و جابجایی و بازیابی محصولات هزینه کل نیز افزایش می‌یابد.

Archive of SID

www.SID.ir

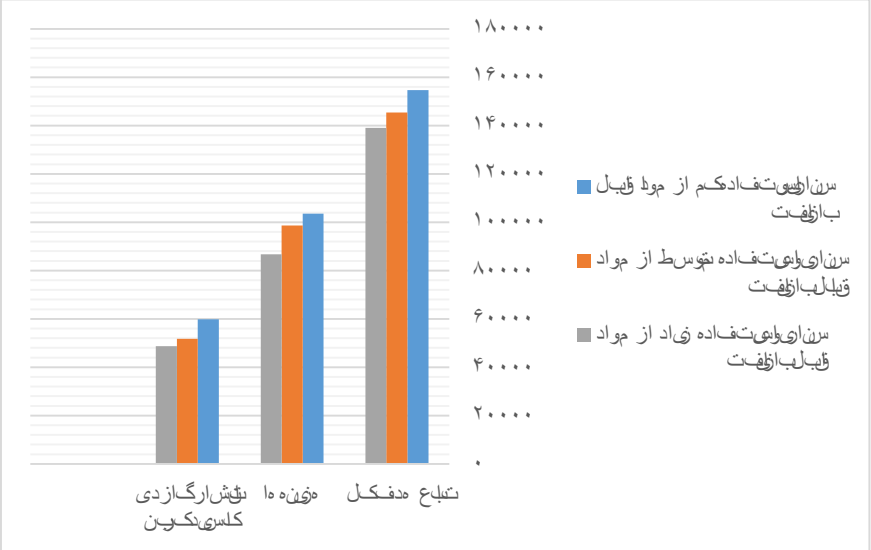


شکل ٤. تغییرات هزینه کل در برابر تقاضا

شکل(۵) مقدار تابع هدف کل و هریک از توابع هدف را به ازای سناریوهای مختلف نمایش داده است. همانطور که مشاهده می‌شود در سناریوی استفاده زیاد از مواد بازیافت پذیر هزینه‌ها کمترین مقدار خود را دارد که به دلیل سود ناشی از بازیابی محصولات است و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن کمترین مقدار خود را دارد که به دلیل کاهش نیاز به انهدام کالاهاو اقلام است.

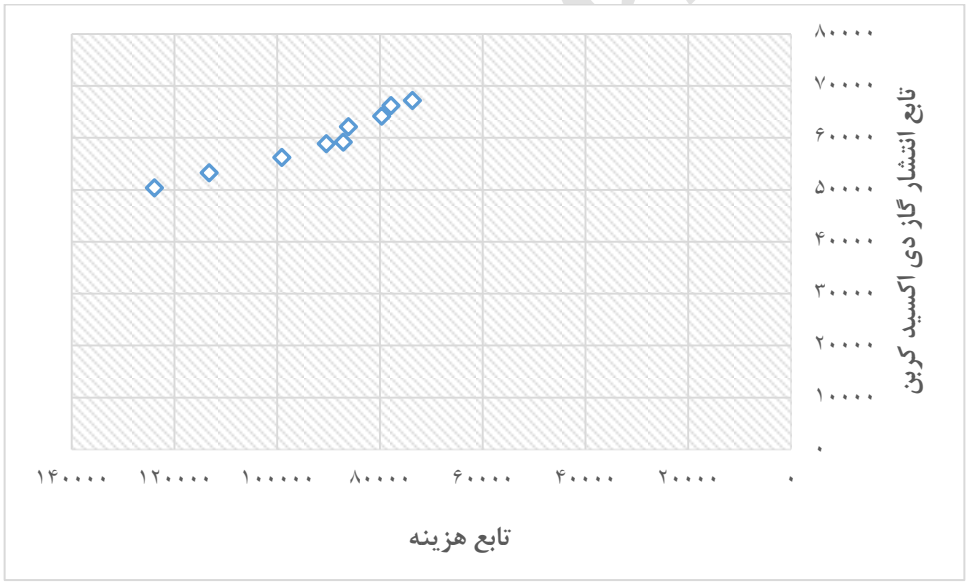
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵. مقایسه سناریوهای مختلف

شکل(۶) نمودار پارتو روش معیار جامع است که نمایش دهنده رابطه معکوس تابع هزینه و انتشار گاز دی اکسید کربن است.



شکل٦. نمودار پارتو روش معیار جامع

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر یک مدل دو هدفه برنامه ریزی ریاضی عدد صحیح مختلط برای مسئله مکانیابی کارخانه‌ها و مراکز جداسازی در زنجیره تأمین سبز ارائه شد. انگیزه اصلی نگارش این پژوهش ارائه مدلی همه جانبه برای زنجیره تأمین سبز بوده است، به این منظور وسایل نقلیه به عنوان ادوات برقراری ارتباط بین سطوح مختلف زنجیره تأمین و احتمال اختلال و خرابی آن‌ها و تسهیلات که امری قابل توجه در بهبود کاهش تولید گاز دی اکسید کربن است، مورد توجه قرار گرفت و مکانیابی کارخانه‌ها و مراکز جداسازی نیز با هدف انجام به صرفه عملیات تولید و بارتولید از نظر اقتصادی و عوامل محیطی انجام شد. مدل پیشنهادی از طریق کاهش هزینه‌های اقتصادی و تصاعد گاز دی‌اکسید کربن به دنبال کاهش اثرات محیطی زنجیره تأمین در عین حفظ صرفه‌های اقتصادی بود. برای حل مدل پیشنهادی از رویکرد برنامه‌ریزی احتمالی و روش حل چندهدفه معیار جامع استفاده شد.

با تحلیل نتایج مشخص شد که مدل پیشنهادی نسبت به وضعیت موجود صرفه اقتصادی دارد، هزینه‌های خرید مواد و تولید و بازیابی است تعیین کننده هزینه‌ها است و با افزایش تقاضا میزان هزینه‌ها نیز افزایش می‌یابد، از طرف دیگر نتایج برای هر یک از سناریوهای تعریف شده مورد مقایسه قرار گرفت که مشخص شد برای سناریو با استفاده زیاد از مواد قابل بازیافت هزینه کمتر و انتشار گاز دی‌اکسید کربن کمتری خواهیم داشت از اینرو استفاده از مدل پیشنهادی (جریان معکوس) و استفاده حداکثری از موادقابل بازیافت در تولید محصولات توصیه می‌شود.

به منظور پیشنهاد برای تحقیقات آتی استفاده از انبارهای موجودی برای نگهداری اقلام و بکارگیری مباحث موجودی را در زنجیره تأمین برای عدم مواجهه با حالت‌های فروش از دست رفته و سفارش پس افت توصیه می‌گردد، علاوه بر این در نظرگیری واحدهای کنترل کیفیت در کارخانه تولیدی به منظور کاهش جریان برگشتی نیز دیگر مسئله قابل بررسی است.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

انصاری، ایمان، صادقی‌مقدم، محمدرضا.(۱۳۹۳). *شناسایی، تعیین روابط و سطح‌بندی محرک‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز با رویکرد مدل‌سازی تفسیری ساختاری*. فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی. سال دوازدهم. شماره ۳۵. صص ۱۵۰-۱۲۳.

مروتی شریف‌آبادی، علی، نمک‌شناس جهرمی، نرگس، ضیایی بیده، علیرضا.(۱۳۹۳). *بررسی ابعاد نوآوری سبز برعملکرد سازمان*. فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی. سال دوازدهم. شماره ۳۳. صص ۴۲-۲۵.

Ala-harja H., & Helo P.(2014).*Green supply chain decisions – Case-based performance analysis from the food industry*.Transportation Research Part E, 69, ,97–107.

Banerjee S., & Roy T.K. (2001). *Linear equation and systems in fuzzy environment*. Journal of mathematics and computer Science, 15, 23–31.

Chibeles-Martins N., Pinto-Varela T., Barbosa-Povoa A. P., & Novais A.Q. (2015). *A multi-objective meta-heuristic approach for the design and planning of green supply chains – MBSA*. Expert Systems with Applications.

Coskun S., Ozgur L., Polat O., & Gungor A. (2016). *A model proposal for green supply chain network design based on consumer segmentation*. Journal of Cleaner Production, 110, 149-157.

Demirel N. Ö., & Gökçen H. (2008). *A mixed integer programming model for remanufacturing in reverse logistics environment*. Int J Adv Manuf Technol, 39, 1197-1206.

Du F., & Evans G. W. (2008). *A bi-objective reverse logistics network analysis for post-sale Service*. Computers & Operations Research, 35, 2617-2634.

El-Sayed M., Afia N., & El-Kharbotly A. (2010). *A stochastic model for forward–reverse logistics network design under risk*. Computers & Industrial Engineering, 58, 423-431.

Fahimnia B., Jabbarzadeh A., & Sarkis J. (2014). *A Tradeoff Model for Greesn Supply ChainPlanning: A Leanness-versus-Greenness Analysis*. Omega.

Archive of SID

www.SID.ir

Fonseca M.C., García-Sánchez Á., Ortega-Mier M., & Saldanha-da-Gama F. (2010). *A stochastic bi-objective location model for strategic reverse logistics*.TOP,18, 158-184.

Gotschol A., De Giovanni P., & Esposito Vinzi V. (2014*). Is environmental management an economically sustainable business?*. Journal of Environmental Management, 144, 73-82.

Hugo A., & Pistikopoulos E.N. (2005). *Environmentally conscious long-range planning and design of supply chain networks*. Journal of Cleaner Production, 13, pp. 1471-149.

Kumar Pati R., Vrat P., & Kumar P. (2008). *A goal programming model for paper recycling system*. Omega, 36, 405-417.

Kusi-Sarpong S., Sarkis J., & Wang X. (2016). *Assessing green supply chain practices in the Ghanaian mining industry: A framework and evaluation*. Int. J. Production Economics.

Lee J.E., Gen M., & Rhee K.G. (2009). *Network model and optimization of reverse logistics by hybrid genetic algorithm*. Computers & Industrial Engineering, 56, 951-964.

Mirhedayatian S. M., Azadi M., Farzipoor Saen R. (2014). *A novel network data envelopment analysis model for evaluating green supply chain management*. Int. J. Production Economics, 147, 544-554.

Mirzapour S.M.J., Al-e-hashem., Baboli A., & Sazvar Z. (2013). *A stochastic aggregate production planning model in a green supply chain: Considering flexible lead times, nonlinear purchase and shortage cost functions*. European Journal of Operational Research, 230, 26-41.

Mitra S., & Priya Datta P. (2013). *Adoption of green supply chain management Practices and their impact on performance: an exploratory study of Indian manufacturing firms*. International Journal of Production Research, .52(7), 2085-2107.

Pishvaee M. S., Jolai F., & Razmi J. (2009). *A stochastic optimization model for integrated forward/reverse logistics network design*. Journal of Manufacturing Systems, 28, 107-114.

Pishvaee M.S., Rabbani M., & Torabi S.A. (2011). *A robust optimization approach to closed-loop supply chain network design under*

Archive of SID

www.SID.ir

uncertainty. Applied Mathematical Modelling, 35, 637-649.

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

Qing-hua ZH., & Yi-jie D. (2007). *Evolutionary Game Model between Governments and Core Enterprises in Greening Supply Chains*. SETP, 27, 85–89.

Quariguasi Frota Neto J., Bloemhof-Ruwaard J.M., Nunen J.A.E.E. Van., & Heck E. van. (2008). *Designing and evaluating sustainable logistics networks*. Int. J. Production Economics, 111,195-208.

Rao S., & Rao S. (2009). *Engineering optimization: theory and practice*. John Wiley & Sons.

Rostamzadeh R., Govindan K., Esmaeili A., & Sabaghi M. (2015). *Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices*. Ecological Indicators, 49,183-203.

Sarkis J., Zhu Q., & Lai K.h. (2011). *An organizational theoretic review of green supply chain management literature*. Int. J. Production Economics, 130, 1-15.

Soysal M., Bloemhof-Ruwaard J.M., Haijema R., & J.vanderVorst J.G.A. (2015). *Modeling an Inventory Routing Problem for perishable products with environmental considerations and demand uncertainty*. Int. J. Production Economics, 164, 118-133.

Uygun Ö., & Dede A. (2016). *Performance Evaluation of Green Supply Chain Management Using Integrated Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Techniques*. Computers & Industrial Engineering.

Wang F., Lai X., & Shi N. (2011). *A multi-objective optimization for green supply chain network design*. Decision Support Systems, 51, 262-269.

Weraikat D., Kazemi Zanjani M., & Lehoux N. (2015*). Coordinating a Green Reverse Supply Chain in Pharmaceutical Sector by Negotiation*.Computers & Industrial Engineering.

Wu Ch., & Barnes D. (2016). *An integrated model for green partner selection and supply chain construction*. Journal of Cleaner Production, 112, 2114-2132.

Archive of SID

www.SID.ir