Archive of SID

نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید

IERPS نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید

ISSN: 2345-2269

سال هفتم، شماره چهاردهم، بهار و تابستان ۱۳۹۸، صفحه ۱۵۹-۱۷۲

www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/ier.2019.19811.1881

یک مدل برنامه‌ریزی خاکستری برای اسقاط یا تجاری‌سازی مجدد کالاها در عملیات لجستیک معکوس با در نظر گرفتن انبار متقاطع

فرزاد عظیمی[۱]، سید میثم موسوی[۲*]، محسن رجب‌زاده[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲. دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۳. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت ۱۳۹۸/۵/۱۶

پذیرش ۱۳۹۸/۷/۲۰

کلمات کلیدی:

مدیریت لجستیک معکوس

سیستم انبار متقاطع

مدل برنامه‌ریزی ریاضی

تئوری خاکستری

خلاصه

رقابت بین سازمان‌ها برای کسب سهم بیشتر بازار و سود بالاتر، مدیران را به استفاده از تکنیک‌های جدید و مقرون‌به‌صرفه ترغیب می‌کند. کالاهای برگشتی و مازاد بر نیاز همواره بخش قابل‌توجهی از موجودی فروشگاه‌ها و شرکت‌ها را تشکیل می‌دهند که تصمیم‌گیری در مورد اسقاط یا تجاری‌سازی مجدد این کالاها می‌تواند اثرات ملموسی را بر روی سود و زیان آن‌ها داشته باشد. در این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی خطی آمیخته با اعداد صحیح با بهره‌گیری از سیستم انبار متقاطع در توزیع مجدد محصولات فروخته نشده با هدف بیشینه‌سازی سود ارائه می‌شود. در این مدل ملاحظات جدید تصمیم‌گیری در مورد اسقاط یا تجاری‌سازی مجدد محصولات در فرآیند زمان‌بندی عملیات لجستیک معکوس نیز در نظر گرفته می‌شود. با توجه به عدم قطعیت موجود در عواملی همانند درآمد حاصل از فروش، هزینه‌ها و زمان، پارامترهای مسئله تحت بررسی در قالب اعداد خاکستری در نظر گرفته‌شده و یک رویکرد حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی خاکستری جهت مواجهه با عدم قطعیت‌ها به کار گرفته می‌شود. در ادامه فرآیند لجستیک معکوس در یکی از فروشگاه‌های زنجیره‌ای فعال در شهر تهران به‌عنوان مطالعه موردی، موردبررسی قرار می‌گیرد. پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی و اعتبار سنجی نتایج با تحلیل حساسیت روی پارامترهای مهم، نشان از کارکرد مطلوب روش پیشنهادی در فرآیند تصمیم‌گیری در شرکت تحت مطالعه داشته است.

۱- مقدمه

در سال‌های گذشته عواملی ازجمله قوانین زیست‌محیطی، شرایط اقتصادی، آگاهی جامعه نسبت به مسائل زیست‌محیطی، نیازهای دولتی، مسئولیت‌پذیری اجتماعی تولیدکننده‌ها و رشد فشارهای رقابتی سازمان‌ها را می‌توان دلایل اصلی افزایش توجه و استفاده از زنجیره تأمین معکوس در عمل توسط سازمان‌های خصوصی و دولتی و تحقیقات در زمینه علمی توسط محققان نام برد [۱]. به‌منظور کاهش پسماندها در طبیعت، تولیدکنندگان علاوه بر تولید محصولات سازگار با محیط‌زیست می‌بایست محصولات استفاده‌شده را جمع‌آوری و آن‌ها را بازیافت کنند [۲]. در ادامه چندین دلیل بازگشت محصولات از فروشگاه‌ها ذکرشده است:

- محصولاتی که خراب‌شده‌اند اما می‌توانند تعمیر شوند و دوباره استفاده شوند.
- محصولاتی که به فروش نرفته‌اند.
- محصولاتی که پس داده‌شده‌اند.
- محصولاتی که در حین جابجایی دچار آسیب شده‌اند.

* نام نویسنده مسئول: سید میثم موسوی.

تلفن: ۴۰۲۱۵۱۲۱۲۰۹۱ پست الکترونیکی: sm.mousavi@shahed.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مدیریت و کنترل صحیح محصولات فروخته نشده با استفاده از لجستیک معکوس در فروشگاه‌ها، می‌تواند سودآوری شرکت‌ها و تولیدکنندگان را در پی داشته باشد [۴،۳]. به همین دلیل بسیاری از شرکت‌ها درک بهتری از محصولات بازگشتی پیداکرده‌اند و لجستیک معکوس را به‌عنوان یک مفهوم سودآور پذیرفته‌اند. شرکت‌های بسیاری ازجمله جنرال موتور، کانن و دل از لجستیک معکوس استفاده می‌کنند [۵].

رجرز و همکاران لجستیک معکوس را «*فرآیند برنامه‌ریزی، پیاده‌سازی و کنترل کارآمد جریانات بازگشتی مواد خام، دارایی‌های در حین فرآیند، محصولات نهایی و اطلاعات بازیافت، تولید دوباره و اسقاط مرتبط به آن‌ها از یک تولیدکننده، توزیع‌کننده یا نقطه مصرف تا نقطه مبدأ با هدف جمع‌آوری یا اسقاط آن‌ها تعریف می‌کنند*» [۶].

تصمیم‌گیری در مورد کالاهای برگشتی در لجستیک معکوس یکی از مهم‌ترین تصمیماتی است که همواره پیش روی مدیران شرکت‌ها و فروشگاه‌ها است. بازیافت، تولید دوباره و اسقاط، فرآیندهایی هستند که در لجستیک معکوس اتفاق می‌افتند [۷]. در گذشته درصورتی‌که نرخ بازگشت و سود محصولات پایین بود مدیران آن‌ها را اسقاط می‌کردند، اما در بازار پویای امروز این کار می‌تواند سودآوری شرکت‌ها را تحت تأثیر قرار دهد و حتی سوددهی آن‌ها را کاهش دهد [۸]. یکی از راه‌های فروش محصولات فروخته نشده در فروشگاه‌ها، تجاری‌سازی دوباره این محصولات است.

انبار متقاطع یک نقطه میانی در شبکه توزیع است که در آن محصولات تولیدکنندگان بدون این‌که درون انبار نگهداری شوند توسط کامیون‌ها به مشتریان یا خرده‌فروشان تحویل داده می‌شوند [۹]. این جابجایی در انبار متقاطع کم‌تر از ۲۴ ساعت صورت می‌گیرد که باعث کاهش هزینه‌های نگهداری محصولات در انبار شده و هم‌چنین به علت تحویل سریع‌تر محصولات نسبت به انبارداری سنتی، رضایت مشتریان نیز افزایش می‌یابد [۱۰]. تاکنون شرکت‌های بسیاری همانند فروشگاه‌های زنجیره‌ای وال مارت، شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات پستی، شرکت تویوتا از انبار متقاطع استفاده کرده‌اند [۱۳،۱۲،۱۱]. هنگامی‌که یک محصول وارد انبار متقاطع می‌شود، بلافاصله بررسی اولیه روی آن صورت می‌گیرد. سپس محصولاتی که بازرسی اولیه را با موفقیت گذرانده‌اند، دسته‌بندی‌شده و در ادامه مطابق با نیاز مشتریان بسته‌بندی می‌شوند و در نهایت درون کامیون‌های تحویل، بارگیری می‌شوند[۱۴]. در جدول ۱-۱ عملیات انجام‌شده در انبار متقاطع نشان داده‌شده است [۱۵].

انبار متقاطع بیشتر در لجستیک روبه‌جلو بررسی‌شده که نتایج مفید و ارزشمندی نیز داشته است. چگونگی به‌کارگیری سیستم انبار متقاطع در لجستیک معکوس و بهره بردن از مزایای آن و در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های موجود در این مسئله می‌تواند باعث ارتقای کارایی فرایند حمل‌ونقل کالاهای بازگشتی شود. در لجستیک معکوس مسائل زیادی همانند چند سطحی بودن مشتریان، عملیات جمع‌آوری محصولات، تولید دوباره محصولات استفاده‌شده، بازیافت محصولات و حتی اسقاط محصولات به فروش نرفته موردبررسی قرار می‌گیرد. در این مقاله یک مسئله متفاوت در لجستیک معکوس در نظر گرفته‌شده که تجاری‌سازی دوباره محصولات فروخته نشده و زمان‌بندی عملیات لجستیک معکوس بررسی می‌شود.

کریک و همکاران [۱۶] نحوه‌ی برخورد با محصولات بازگشتی را پردازش دوباره، توزیع مجدد و اسقاط این محصولات نام بردند و بیان کردند درصورتی‌که به دلایل تکنیکی و اقتصادی امکان استفاده دوباره محصولات وجود نداشته باشد، می‌توان به‌جای دور ریختن محصولات، آن‌ها را اسقاط کرد. در این مقاله یک مدل ریاضی عدد صحیح مختلط برای طراحی زنجیره تأمین چند محصولی که امکان تولید محصولات بازیافتی نیز وجود دارد، توسعه داده‌شده است.

کندل و همکاران [۱۷] یک شبکه سه سطحی که شامل مشتری، تولیدکننده و انبارها است را ارائه داده‌اند که در این شبکه جنبه عملیاتی محصولاتی که قابلیت استفاده مجدد را دارا هستند بررسی‌شده است. هم‌چنین در این مقاله یک مدل ریاضی بهینه‌سازی با هدف حداقل کردن هزینه کل شامل هزینه جابجایی، هزینه نگهداری و هزینه فروش ارائه‌شده است.

اگروال و همکاران [۱۸] مسائل موجود در لجستیک معکوس را به‌صورت پیاده‌سازی، برون‌سپاری و مدیریت محصولات بازگشتی معرفی کرده‌اند. در این مسئله استفاده مجدد از محصولات به‌عنوان روشی به‌جای بازیافت معرفی‌شده است.

ماکنون و همکاران [۱۹] مسئله جابجایی محصولات درون انبار متقاطع را بررسی کردند. در این مسئله محصولات در ابتدای روز در انبار متقاطع مرتب‌شده و کم‌تر از ظرفیت کامیون‌ها، بارگیری شده و به‌صورت شبانه جابجا می‌شوند. هدف مسئله حداقل کردن هزینه‌ها است. یک پیشنهاد برای کاهش هزینه‌ها جابجایی دو برابری محصولات در هر بار انتقال درون انبار متقاطع است. در این مقاله مسئله به‌صورت عدد صحیح مدل شده و یک الگوریتم ابتکاری بر اساس توالی ارائه‌شده است.

خیرخواه و رضایی [۲] شبکه لجستیک معکوس چند سطحی را بررسی کردند که تمامی محصولات بازگشتی وارد انبار متقاطع می‌شوند. این محصولات درون انبار بررسی‌شده و جداسازی صورت می‌گیرد. در ادامه این محصولات به ایستگاه‌های بازیافت جابجا می‌شوند. در این مقاله بیان‌شده که جمع‌آوری همه محصولات در یک مکان باعث از بین رفتن هزینه‌های مربوط به ساخت چندین مکان جمع‌آوری محصولات می‌شود و هزینه‌های کل شبکه را کاهش می‌دهد. در ادامه یک مدل ریاضی عدد صحیح مختلط با اهداف افزایش نرخ جابجایی و کاهش هزینه‌های ثابت و متغیر ارائه‌شده و مدل ارائه‌شده با استفاده از نرم‌افزار گمز حل‌شده است.

زولگا و همکاران [۱۵] کاربرد انبار متقاطع در لجستیک معکوس را بررسی کردند. آن‌ها دلایل استفاده نکردن از انبار متقاطع در لجستیک معکوس را ندانستن اطلاعات کافی بیان کرده و اطلاعات لازم را شامل اطلاعات تقاضا، اطلاعات عرضه و تطبیق عرضه و تقاضا معرفی کرده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

سپس عملیات لازم لجستیک معکوس در انبار متقاطع را معرفی می‌کنند. در این مسئله درصد تطبیق محصولات با توجه به سفارش‌های مشتریان به‌عنوان یک معیار برای میزان انعطاف‌پذیری شبکه استفاده‌شده است. در ادامه این مسئله به‌صورت برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط مدل شده و اثرات استفاده از انبار متقاطع در مدیریت لجستیک معکوس نشان داده‌شده است.

فانتی و همکاران [۲۰] زمان‌بندی عملیات داخلی در انبار متقاطع را بررسی کردند. در این مسئله مقصد محصولات پس از ورود به انبار متقاطع مشخص می‌شود. عملیات داخلی در این مسئله به سه مرحله تخلیه، دسته‌بندی و تثبیت یا بارگیری تقسیم می‌شود. در مرحله تخلیه، کامیون‌ها بازشده و پالت‌های درون کامیون‌ها تخلیه می‌شوند و به محل نگهداری پالت‌ها جابجا می‌شوند. سپس جعبه‌های درون پالت‌ها تخلیه‌شده و به محل نگهداری جعبه‌ها جابجا می‌شوند. در گام بعد، محصولات درون جعبه‌ها تخلیه می‌شوند. در ادامه محصولات بر اساس سفارشات، درون جعبه‌های جدید قرار می‌گیرند و جعبه‌ها درون پالت‌ها و پالت‌ها درون کامیون‌های خروجی قرار می‌گیرند. این مسئله را براساس زمان و توالی مدل شده و از روش ابتکاری برای حل آن استفاده‌شده است.

رضایی و خیرخواه [۲۱] یک شبکه زنجیره تأمین چند محصولی را در نظر گرفتند که انبار متقاطع نیز در این شبکه استفاده‌شده است. در این شبکه هم لجستیک روبه‌جلو و هم لجستیک معکوس لحاظ شده است. در ابتدا یک مدل ریاضی عدد صحیح مختلط با هدف کاهش کل هزینه‌ها ارائه‌شده و مدل با استفاده از نرم‌افزار گمز حل‌شده است. در انتها مدل ارائه‌شده، در حالتی که لجستیک معکوس و روبه‌جلو به‌طور هم‌زمان در نظر گرفته نشده است، مقایسه شده و نشان داده می‌شود که استفاده هم‌زمان لجستیک معکوس و روبه‌جلو باعث افزایش عملکرد شبکه می‌شود.

کبودانی و همکاران [۲۲] مسئله مسیریابی و زمان‌بندی کامیون‌ها در یک شبکه زنجیره تأمین سه سطحی را هم در لجستیک روبه‌جلو و هم در لجستیک معکوس بررسی کرده‌اند که این شبکه زنجیره تأمین شامل تأمین‌کننده، انبار متقاطع و خرده‌فروشان می‌باشد. این مسئله به دو صورت در نظر گرفته‌شده است؛ در حالت اول محصولات تأمین‌کنندگان وارد انبار متقاطع می‌شوند؛ سپس کامیون‌ها محصولات را به مشتریان تحویل می‌دهند و محصولات بازگشتی را به انبار متقاطع بازمی‌گردانند؛ دوباره به تأمین‌کنندگان مراجعه می‌کنند و محصولات بازگشتی را به تأمین‌کنندگان تحویل می‌دهند. در حالت دوم ابتدا محصولات توسط کامیون‌ها به انبار متقاطع آورده می‌شوند؛ سپس محصولات را به مشتریان تحویل می‌دهند و محصولات بازگشتی را نیز جمع‌آوری کرده و مستقیم به تأمین‌کنندگان تحویل می‌دهند. این مسئله به‌صورت برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط مدل شده و با روش شبیه‌سازی تبرید حل‌شده است.

وحدانی [۲۳] یک مدل بهینه‌سازی دو هدفِ با اهداف حداقل کردن هزینه‌ها و حداقل کردن مصرف انرژی توسط لیفتراک‌ها درون انبار متقاطع برای مسئله زمان‌بندی، توالی کامیون‌ها و تخصیص کامیون‌ها به درب‌ها با در نظر گرفتن چندین انبار متقاطع و درب‌های منعطف ارائه داده است. همچنین برای برنامه‌ریزی بهتر کامیون‌های ورودی و خروجی از محدودیت پنجره زمانی استفاده‌شده است، به‌علاوه برای حداقل کردن زمان انتظار کامیون‌ها از سیستم صف M/M/1 استفاده‌شده است. همچنین برای حل این مدل از دو الگوریتم چندهدفه استعماری رقابتی و الگوریتم چندهدفه بهینه‌سازی گرگ خاکستری استفاده‌شده است و در نهایت چندین مثال حل شده است.

محمودی و همکاران [۲۴] یک روش جدید برای حل مسئله برنامه‌ریزی خطی خاکستری معرفی کرده‌اند. در این مقاله اعداد خاکستری به سه دسته تقسیم شده‌اند، هم‌چنین هر تابع هدف و محدودیت، به دو تابع هدف و محدودیت تبدیل می‌شود و سپس با استفاده از روش سیمپلکس مسئله حل می‌شود. پس از معرفی روش پیشنهادی چندین مثال عددی آورده شده و سپس تحلیل حساسیت انجام شده است. از مزایای روش ارائه شده سادگی این روش در مقایسه با روش‌ها موجود در ادبیات موضوع می‌باشد به‌گونه‌ای که تنها با سه‌گام می‌توان مسائل خاکستری را حل کرد.

موسوی و همکاران [۲۵] یک مدل تصمیم‌گیری گروهی چند معیاره مبتنی بر روش فازی شهودی بازه‌ای را برای بررسی عدم قطعیت پیشنهاد دادند. در اولین گام تمامی ماتریس‌های تصمیم‌گیری فازی شهودی بازه‌ای با استفاده از یک عملگر میانگین حسابی وزن‌دار جمع می‌شوند؛ در ادامه یک شاخص جدید جمعی معرفی می‌شود که به‌طور هم‌زمان مسافت مراکز انبار متقاطع را از نقاط ایده آل ماتریس تصمیم نهایی در نظر می‌گیرد. در نهایت نیز یک مثال برای نشان دادن عملکرد مدل ارائه‌شده در مورد انتخاب مکان انبار متقاطع انجام‌شده است.

رهبری و همکاران [۲۶] مسئله مسیریابی وسایل نقلیه با استفاده از انبار متقاطع را برای محصولات فسادپذیر بررسی کردند. در این مقاله ماهیت محصولات فسادپذیر مشخص‌شده است، در واقع محصولات در نظر گرفته‌شده میوه و سبزیجات می‌باشند که زودتر از دیگر محصولات فاسد می‌شوند. به همین منظور یک مدل برنامه‌ریزی خطی مختلط دو هدفِه با اهداف کاهش هزینه کل و حداکثر کردن تازگی محصولات ارائه شده است. در این مسئله زمان جابجایی کامیون‌های خروجی و تازه بودن محصولات، غیرقطعی می‌باشند و برای رفع آن از روش برنامه‌ریزی استوار استفاده‌شده است. در نهایت مدل ارائه‌شده با مثال عددی حل شده و نتایج نشان می‌دهد که در نظر گرفتن عدم قطعیت باعث بهبود تازگی محصولات می‌شود.

فاطمی و همکاران [۲۷] مسئله برنامه‌ریزی کامیون‌های ورودی و خروجی در انبار متقاطع را بررسی کردند که زمان ورود کامیون‌های ورودی نامشخص است. چندین درب ورود و خروج برای این انبار متقاطع در نظر گرفته‌شده است و هر درب نیز منحصراً مخصوص ورود یا خروج می‌باشد. به همین منظور یک مدل دو هدف و دو مرحله‌ای ارائه شده است. برای حل این مدل از روش‌های فراابتکاری استفاده‌شده

www.SID.ir

Archive of SID

است. در نهایت با استفاده از روش‌های فراابتکاری ارائه‌شده مدل حل‌شده و با روش‌های موجود در ادبیات موضوع مقایسه شده است.

فاروقی و اشرفی [۲۸] طراحی یک شبکه زنجیره‌ی تأمین چند سطحی با در نظر گرفتن راهبردهای پایای چندگانه در سطح مراکز توزیع را بررسی کردند.

علی و همکاران [۲۹] نیز در مطالعه‌ای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار با رویکرد تئوری خاکستری را در صنعت فولاد موردبررسی قرار داده و به‌خوبی عدم قطعیت‌های موجود در فرآیند انتخاب تأمین‌کنندگان را با تئوری خاکستری پوشش دادند.

همان‌طور که در مرور ادبیات مشاهده می‌شود، خیرخواه و رضایی [۲] فقط بازیافت محصولات را در نظر گرفته‌اند و تصمیم‌گیری در مورد اسقاط یا تجاری‌سازی دوباره این محصولات را بررسی نکرده‌اند. همچنین زولگا [۱۵] تجاری‌سازی مجدد محصولات فروخته نشده را بررسی کرده و اگر امکان تجاری‌سازی مجدد محصولات وجود نداشته باشد، آن‌ها را در انبار نگهداری می‌کنند. در مقالات [۱۷،۱۶،۱۵] زمان‌بندی عملیات لجستیک معکوس در نظر گرفته نشده است و فقط جنبه عملیاتی محصولات را بررسی کرده‌اند. یکی از موضوعات مهمی که در هیچ‌کدام از مقالات مرور شده در ادبیات موضوع بررسی نشده است، عدم قطعیت موجود در پارامترهای مسئله است. ازآنجایی‌که در یک مدل ریاضی بهینه‌سازی در شرایط واقعی، برخی از پارامترها ماهیت غیرقطعی و غیردقیق دارند؛ برای تحلیل اثرات این پارامترها و به دست آوردن نتایج بهتر می‌توان از تئوری عدم قطعیت بهره برد [۳۲،۳۱،۳۰]. تئوری فازی، برنامه‌ریزی استوار، تئوری خاکستری، برنامه‌ریزی بازه‌ای ازجمله روش‌های اصلی برای بررسی اثرات عدم قطعیت هستند.

جدول (۱): فعالیت‌های اصلی در سیستم انبار متقاطع [۱۵]

فعالیت	نقش	توصیف
سفارش	فروشگاه	مسئول خرید فروشگاه مطابق اطلاعات قبلی، سفارش می‌دهد.
ثبت سفارش	دپارتمان فروش	سفارش‌ها ثبت‌شده و برای تأمین‌کنندگان اطلاعات مرتبط با مقدار محصولات و زمان تحویل آن‌ها فرستاده می‌شود.
تهیه سفارش و حمل‌ونقل	تأمین‌کننده	تأمین‌کننده مطابق با سفارشات محصولات را درون جعبه‌ها قرار داده و آن‌ها را به انبار متقاطع ارسال می‌کنند.
انبار متقاطع	انبار متقاطع	سفارشات مختلف وارد انبار متقاطع شده و براساس نیاز مشتریان درون جعبه‌های جدید قرار می‌گیرند و برای آن‌ها ارسال می‌شوند.
تأیید سفارش	فروشگاه	مسئول فروشگاه جعبه‌ها را دریافت می‌کند و محصولات را تأیید می‌کند.

در لجستیک معکوس کیفیت غیر یکسان محصولات مختلف و تعداد متفاوت محصولات که از فروشگاه‌های مختلفی جمع‌آوری می‌شوند و همچنین اهمیت سرعت و پردازش عملیات دلایل وجود عدم قطعیت در پارامترهایی همانند زمان، تقاضا، هزینه و درآمد هستند [۳۴،۳۳]. برای مثال هزینه‌های زیست‌محیطی، هزینه‌های کاهش آلودگی، هزینه‌های بازیافت و هزینه جابجایی ازجمله مواردی هستند که دارای عدم قطعیت می‌باشند. در این مقاله برای بررسی اثرات عدم قطعیت برخی از پارامترها از تئوری خاکستری استفاده‌شده است.

در این مقاله رویکرد نوینی جهت تصمیم‌گیری در مورد اسقاط یا تجاری‌سازی مجدد محصولات فروش نرفته با در نظر گرفتن انبارهای متقاطع با هدف حداکثر سازی سود، در لجستیک معکوس پیشنهاد شده است. مهم‌ترین نوآوری‌های پژوهش حاضر که آن را از ادبیات موضوع متمایز می‌سازد عبارتند از:

- تصمیم‌گیری در مورد اسقاط و یا تجاری‌سازی محصولات فروخته نشده در فروشگاه‌های اولیه
- در نظر گرفتن زمان و هزینه حمل‌ونقل
- استفاده از تئوری خاکستری جهت در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در پارامترهای مسئله
- پیاده‌سازی مدل پیشنهادی جهت برنامه‌ریزی لجستیک معکوس در یکی از فروشگاه‌های زنجیره‌ای در شهر تهران

در ادامه مقاله، در قسمت دوم توضیحاتی در مورد تئوری خاکستری و عملگرهای آن داده می‌شود. در فصل سوم تعریف مسئله و مدل غیرقطعی ریاضی ارائه می‌شود. در بخش چهارم مدل معادل قطعی آورده شده، قسمت پنجم مربوط به مطالعه موردی می‌باشد و همچنین تحلیل حساسیت انجام‌شده است و در قسمت ششم پیشنهادات برای ادامه کار در زمینه لجستیک معکوس و جمع‌بندی نهایی ارائه‌شده است.

۲- تعاریف اولیه

اطلاعات در دنیای واقعی معمولاً با عدم قطعیت و دقت همراه هستند. تئوری خاکستری ابتدا توسط دنگ معرفی شد که یک رویکرد برای حل مسائل بهینه‌سازی همراه با عدم قطعیت است. در یک سیستم خاکستری اگر همه اطلاعات راجع به سیستم مشخص باشد به آن سیستم "سفید" گفته می‌شود و اگر هیچ اطلاعی راجع به آن سیستم در دسترس نباشد به آن سیستم "سیاه" گفته می‌شود و به سیستمی "خاکستری" اطلاق می‌شود که اطلاعات تقریباً نامعلوم باشند [۳۵]. سیستم‌های خاکستری دنیای واقعی را بهتر نشان می‌دهد [۳۶]. اعداد خاکستری مفهومی از تئوری خاکستری است که توسط دنگ معرفی شدند [۴۱،۴۰]. در ادامه برخی از عملگرهای اعداد خاکستری بررسی می‌شود.

تعریف ۱: یک سیستم شامل داده‌های مبهم، یک سیستم خاکستری نامیده می‌شود و با متغیرها و اعداد خاکستری نمایش داده می‌شود.

تعریف ۲: X را به‌عنوان مجموعه جهانی در نظر بگیرید. مجموعه خاکستری A به دو صورت $\underline{\mu}_A(x)$ و $\overline{\mu}_A(x)$ نشان داده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

$$\begin{cases}\underline{\mu}_A(x): x \to [0,1] \\ \overline{\mu}_A(x): x \to [0,1]\end{cases} \quad (۱)$$

$\underline{\mu}_A(x)$ و $\overline{\mu}_A(x)$ به‌ترتیب حد پایین و بالا مجموعه A گفته می‌شوند.

تعریف ۳: ممکن است عدد خاکستری به‌صورت یک عدد مبهم تعریف شود. برای مثال می‌توان به متغیرهای زبانی اشاره کرد که به‌صورت اعداد بازه‌ای بیان می‌شوند. این اعداد بازه‌ای عدد مبهم نامیده می‌شوند. در این صورت عدد خاکستری A به شکل زیر نشان داده می‌شود:

$$\otimes A, (\otimes A = A\left|\begin{matrix}\overline{\mu} \\ \underline{\mu}\end{matrix}\right.) \quad (۲)$$

تعریف ۴ : اگر عدد خاکستری A به‌صورت حد پایینی از A تخمین زده شود، به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\otimes A = [\underline{A}, \infty) \quad (۳)$$

تعریف ۵ : اگر عدد خاکستری A به‌صورت حد بالایی از A تخمین زده شود، به‌صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$\otimes A = (\infty, \overline{A}] \quad (۴)$$

تعریف ۶ : اگر عدد خاکستری A به‌صورت حد بالا و پایینی از A تخمین زده شود به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\otimes A = [\underline{A}, \overline{A}] \quad (۵)$$

تعریف ۷ : عملگرهای جبری دو عدد خاکستری $\otimes A_1 = [\underline{A}_1, \overline{A}_1]$ و $\otimes A_2 = [\underline{A}_2, \overline{A}_2]$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\otimes A_1 + \otimes A_2 = [\underline{A}_1 + \underline{A}_2, \overline{A}_1 + \overline{A}_2] \quad (۶)$$

$$\otimes A_1 - \otimes A_2 = \otimes A_1 + (-\otimes A_2) = [\underline{A}_1 - \overline{A}_2, \overline{A}_1 - \underline{A}_2] \quad (۷)$$

$$\otimes A_1 \times \otimes A_2 = [\min(\underline{A}_1\underline{A}_2, \underline{A}_1\overline{A}_2, \overline{A}_1\underline{A}_2, \overline{A}_1\overline{A}_2), \max(\underline{A}_1\underline{A}_2, \underline{A}_1\overline{A}_2, \overline{A}_1\underline{A}_2, \overline{A}_1\overline{A}_2)] \quad (۸)$$

برخی پارامترها در مدل پیشنهادی دارای عدم قطعیت می‌باشند و تحت شرایط مختلف مقادیر متفاوتی خواهند داشت. با وجود نامعلوم بودن مقدار این پارامترها، مقادیر آن‌ها در حالت بدبینانه و خوش‌بینانه معین بوده و می‌توان گفت مقدار نهایی آن‌ها همواره در بازه بین مقدار بدبینانه تا خوش‌بینانه قرار دارد. لذا با توجه به تعریف اعداد خاکستری، می‌توان از این اعداد جهت مدل‌سازی عدم قطعیت در پارامترها استفاده کرد.

تعریف ۹: یک مدل برنامه‌ریزی زیر که در آن پارامتر و یا متغیرهای مدل به‌صورت خاکستری تعریف شده باشند، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خاکستری را تشکیل می‌دهد:

$$\begin{aligned}&\max z = \otimes CX \\ &\text{s.t:} \\ &\otimes AX \geq \otimes b \\ &X \geq 0\end{aligned} \quad (۹)$$

در این مدل برنامه‌ریزی ریاضی خاکستری، پارامتر $\otimes C$ بردار سود خاکستری، پارامتر $\otimes A$ بردار ضرایب محدودیت‌های خاکستری، پارامتر $\otimes b$ بردار منابع خاکستری و متغیر X متغیر تصمیم خاکستری نامیده می‌شود.

رویکردهای مختلفی برای حل یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خاکستری در ادبیات موضوع پیشنهاد شده است، به‌عنوان نمونه در روش پیشنهادی لو و همکاران [۳۷] داریم:

$$C = \rho\overline{C} + (1-\rho)\underline{C} \quad (۱۰)$$

$$b = \beta\overline{b} + (1-\beta)\underline{b} \quad (۱۱)$$

$$a_{ij} = \delta_{ij}\overline{a_{ij}} + (1-\delta_{ij})\underline{a_{ij}}; \quad i = 1,2,\dots,m; j = 1,2,\dots,n \quad (۱۲)$$

که پارامترهای C، b و a_{ij} به‌ترتیب معادل قطعی پارامترهای پارامتر $\otimes C$، $\otimes A$ و $\otimes b$ می‌باشند. همچنین ρ ضریب موقعیت بردار سود، β ضریب موقعیت بردار ضرایب محدودیت‌ها و δ_{ij} ضریب موقعیت بردار منابع می‌باشند.

از مزایای بهره‌گیری از مفهوم اعداد خاکستری می‌توان به برطرف کردن ابهامات ناشی از تصمیمات نادرست انسانی [۳۸]، بهبود کیفیت داوری خبرگان و مدیران [۳۹] و خروجی‌های بهتر با استفاده از داده‌های کم‌تر را می‌توان نام برد [۴۰]. بنابراین با بهره‌گیری از روش برنامه‌ریزی ریاضی خاکستری می‌توان عدم قطعیت‌های موجود در پارامترهای مدل را به‌خوبی در نظر گرفت و نتایج قابل اتکایی از حل مدل با مقادیر خوش‌بینانه و بدبینانه پارامترها به دست آورد.

۳- تعریف مسئله

همواره در فروشگاه‌ها کالاهایی وجود دارند که با وجود سالم بودن، به دلایل مختلف فروش نرفته و در فروشگاه باقی می‌مانند. معمولاً دو راهکار در پیش روی مدیران در برخورد با این کالاها وجود دارد، اسقاط کالاهای فروش نرفته در محل فروشگاه‌های اولیه و یا ارسال آن‌ها به فروشگاه‌های حراجی. در صورت اسقاط کالاها در محل، ارزش اسقاط این کالاها به‌مراتب پایین‌تر از قیمت این کالاها بوده و منجر به عایدی حداقلی خواهد شد و در مقابل ارسال این کالاها به فروشگاه‌های حراجی می‌تواند منجر به فروش کالاها با قیمت‌های بالاتر شود، اما انتقال فرآیندی هزینه زاست و در صورت عدم تطابق این کالاها با نیاز فروشگاه‌های حراجی و دیرکرد در ارسال می‌تواند منجر به ضرر شود. علاوه بر این برای جلوگیری از تأخیر یا تعجیل در ارسال محصولات به فروشگاه‌های حراجی، زمان‌بندی در عملیات لجستیک معکوس اهمیت بسزایی دارد.

در این مقاله، مسئله تصمیم‌گیری در مورد اسقاط و یا تجاری‌سازی مجدد کالاهای فروخته نشده با هدف حداکثر سازی سود حاصل از ساماندهی این محصولات در یک سیستم لجستیک معکوس با در نظر گرفتن انبارهای متقاطع موردبررسی قرار گرفته است. تمامی محصولات موجود در فروشگاه‌های اولیه بدون در نظر گرفتن سفارشات درون جعبه قرار می‌گیرند و پس از جمع‌آوری تمام جعبه‌ها از همه فروشندگان وارد انبار متقاطع می‌شوند. سپس درون جعبه‌های جدید

www.SID.ir

Archive of SID

قرار می‌گیرند و بدون در نظر گرفتن سفارشات هر مشتری به فروشگاه‌های حراجی ارسال می‌شوند. به دلیل توجه نکردن به سفارشات هر فروشگاه، ممکن است محصولات هنگام تحویل در فروشگاه‌های حراجی کمتر، مطابق یا بیشتر از نیاز آن‌ها باشد. درصورتی‌که تعداد محصولات ارسالی بیشتر از مقدار سفارش هر فروشگاه بود، تصمیم‌گیری در موردپذیرش یا عدم پذیرش محصولات بستگی به مطابقت زمان درخواستی فروشگاه حراجی دارد. ازآنجایی‌که زمان تحویل محصولات مجدد اهمیت دارد، هر فروشنده زمان موردنیاز خود را اعلام می‌کند. درصورتی‌که محصولات دیرتر از موعد مقرر به فروشنده تحویل داده شود، فروشندگان محصولات را تحویل نمی‌گیرند و هزینه بازگشت نیز افزایش می‌یابد. به همین منظور برای کاهش هزینه‌ها و افزایش سود این فروشگاه‌ها از معیار تطابق برای تعداد محصولات ارسالی و تابع وابسته به زمان برای بیان احتمال بازگشت محصولات استفاده شده است.

نوآوری‌های مهم مدل ریاضی عبارتند از :

- تصمیم‌گیری در مورد تجاری‌سازی مجدد و یا اسقاط محصولات فروخته نشده در عملیات لجستیمک معکوس
- زمان‌بندی عملیات لجستیک معکوس با استفاده از انبار متقاطع
- در نظر گرفتن عدم قطعیت در برخی از پارامترها
- در نظر گرفتن احتمال بازگشت محصولات بر اساس زمان تحویل محصولات

مهم‌ترین مفروضات مسئله تحت بررسی عبارت‌اند از:

- در مدل پیشنهادی، سود حاصل از فروش محصولات بازگشتی حداکثر می‌شود، برای این منظور درآمد حاصل از فروش محصولات در فروشگاه‌های حراجی و درآمد حاصل از اسقاط محصولات از هزینه جابجایی محصولات، هزینه انبار متقاطع و هزینه‌های بازگشت محصولات از فروشگاه‌های حراجی کم می‌شود و در مورد اسقاط یا فروش محصولات فروخته نشده در فروشگاه‌های اولیه تصمیم‌گیری می‌کند.
- شبکه لجستیک معکوس شامل ۲ یا تعداد بیشتری از فروشگاه‌های حراجی است.
- قیمت فروش محصولات مختلف متفاوت است و به اینکه از کدام فروشگاه اولیه برمی‌گردد، بستگی دارد.
- چندین فروشگاه اولیه در نظر گرفته‌شده است.
- اطلاعات عرضه از فروشگاه‌های اولیه و اطلاعات تقاضا از فروشگاه‌های حراجی در دسترس هستند.
- اگر محصولات وارد انبار متقاطع نشوند، اسقاط می‌شوند.
- درآمد حاصل از اسقاط محصولات مختلف، متفاوت است.
- هزینه‌های انبار متقاطع برای هر جعبه متفاوت است.
- هزینه‌های بازگشتی برای هر جعبه متفاوت است.
- هزینه اسقاط محصولات ناچیز در نظر گرفته‌شده است.

مهم‌ترین نمادهای مورداستفاده در مدل پیشنهادی عبارت‌اند از:

نمادها

a: نماد برای محصولات $a = \{1,\dots,A\}$

i: نماد برای خرده‌فروشان $I = \{1,\dots,I\}$

b: نماد برای جعبه‌ها $b = \{1,\dots,B\}$

j: نماد برای فروشگاه‌های حراجی $j = \{1,\dots,J\}$

پارامترها

TP: درصد تلورانس.

M: یک عدد بزرگ

CDC_{ib}: هزینه انبار متقاطع برای جعبه b خرده‌فروش iام.

OA_{aj}: تعداد واحد محصول a که فروشگاه حراجی jام سفارش داده است.

d_j : مسافت جابجایی از انبار متقاطع تا فروشگاه حراجی jام.

d_i: مسافت جابجایی از خرده‌فروش iام تا انبار متقاطع.

SP_{aj}: قیمت فروش محصول a در فروشگاه حراجی jام.

DP_{ai}: قیمت اسقاط محصول a در خرده‌فروش iام.

NA_{aib}: تعداد واحد محصول a در جعبه b خرده‌فروش iام.

RC_{ib}: هزینه بازگشت جعبه b خرده‌فروش iام.

Rt_{ib}: زمان آماده بودن جعبه b خرده‌فروش iام.

du_{ib}: زمان تحویل مقرر جعبه b خرده‌فروش iام.

tt_i: زمان جابجایی از خرده‌فروش iام به انبار متقاطع.

tt_j: زمان جابجایی از انبار متقاطع به فروشگاه حراجی jام.

Pt_{ib}: زمان پردازش جعبه b خرده‌فروش iام در انبار متقاطع.

W: دیرترین زمان تحویل ممکن

$$w = \sum_{i=1}^{I} tt_i + \sum_{j=1}^{J} tt_j + \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} Pt_{ib} \qquad (۱۳)$$

متغیرهای تصمیم باینری

BA_{ibj}:

$$\begin{cases} 1 & : \text{اگر جعبه } b \text{ خرده فروش } i\text{ام به فروشگاه حراجی } j\text{ام تعلق یابد} \\ 0 & : \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

BT_{ib}:

$$\begin{cases} 1 & : \text{اگر جعبه } b\text{ام خرده فروش } i \text{ اسقاط شود} \\ 0 & : \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

$x_{ibi'b'}$:

$$\begin{cases} 1 & : \text{اگر جعبه } b\text{ام خرده فروش } i \text{ زودتر از جعبه های دیگر پردازش شود} \\ 0 & : \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

متغیرهای تصمیم پیوسته

SA_{aj}: مقدار مازاد: تعدادی از محصول a درون جعبه iام قرار دارد که بیشتر از مقدار سفارش فروشگاه حراجی jام است.

LA_{aj}: مقدار کمبود: مقداری از محصول a درون جعبه bام که از مقدار سفارش فروشگاه حراجی jام کمتر است.

www.SID.ir

Archive of SID

MP_{ibj}: درصد مطابقت جعبه iام با سفارش فروشگاه حراجی jام.

$$MP_{ibj} = 1 - \frac{\sum_{a=1}^{A} SP_{aj}}{\sum_{a=1}^{A} NA_{aib}} \qquad \forall i,j,b \tag{۱۴}$$

At_{ib}: زمان رسیدن جعبه b خرده‌فروش iام به انبار متقاطع.

Lt_{ib}: زمان خروج جعبه b خرده‌فروش iام از انبار متقاطع.

Dt_{ib}: زمان رسیدن جعبه b به فروشگاه حراجی jام.

D_{ib}: میزان تأخیر در تحویل جعبه b خرده‌فروش iام.

RP_{ib}: درصد بازگشت جعبه b خرده‌فروش iام.

مدل ریاضی:

$$\begin{aligned}\max z = {} & \sum_{a=1}^{A}\sum_{j=1}^{J} \otimes SP_{aj} \times \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} BA_{ibj} \times NA_{aib} \\ & + \sum_{a=1}^{A}\sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} NA_{aib} \times \otimes DP_{ai} \times BT_{ib} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B}\sum_{j=1}^{J} (\otimes d_i \times \otimes tt_i + \otimes d_j \times \otimes tt_j) \times BA_{ibj} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} \otimes CDC_{ib} \times \sum_{j=1}^{J} BA_{ibj} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} RP_{ib} \times \otimes RC_{ib}\end{aligned} \tag{۱۵}$$

$$(\sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} NA_{aib} \times BA_{ibj}) - O_{aj} = SP_{aj} - LP_{aj} \qquad \forall a,j \tag{۱۶}$$

$$MP_{ibj} = 1 - \frac{\sum_{a=1}^{A} SP_{aj}}{\sum_{a=1}^{A} NA_{aib}} \qquad \forall i,j,b \tag{۱۷}$$

$$\sum_{j=1}^{J} BA_{ibj} + BT_{ib} = 1 \qquad \forall i,b \tag{۱۸}$$

$$BA_{ibj} \le TP + MP_{ibj} \quad \forall i,b,j \tag{۱۹}$$

$$\otimes At_{ib} \ge \otimes Rt_{ib} + \otimes tt_i - MBT_{ib} \quad \forall i,b \tag{۲۰}$$

$$\otimes Lt_{ib} \ge \otimes At_{ib} + \otimes Pt_{ib} \quad \forall i,b \tag{۲۱}$$

$$\otimes Lt_{ib} \ge \otimes Lt_{i'b'} + \otimes Pt_{ib} - M(1 - x_{ibi'b'}) \quad \forall i,b,i',b', i = i' \to b \ne b' \tag{۲۲}$$

$$\otimes Lt_{i'b'} \ge \otimes Lt_{ib} + \otimes Pt_{i'b'} - Mx_{ibi'b'} \quad \forall i,b,i',b', i \ne i' \tag{۲۳}$$

$$\otimes Dt_{ib} \ge \otimes Lt_{ib} + \otimes tt_j - MBT_{ib} \quad \forall i,b,j \tag{۲۴}$$

$$\otimes D_{ib} \ge \otimes Dt_{ib} - \otimes du_{ib} \quad \forall i,b \tag{۲۵}$$

$$RP_{ib} = \frac{D_{ib}}{w - \otimes du_{ib}} \quad \forall i,b \tag{۲۶}$$

$$BA_{ibj}, BT_{ib}, x_{ibi'b'} \in \{0,1\} \tag{۲۷}$$

$$SA_{aj}, LA_{aj}, MP_{ibj}, Lt_{ib}, Dt_{ib}, RP_{ib}, D_{ib} \ge 0 \tag{۲۸}$$

تابع هدف حداکثر کردن سود را حساب می‌کند، بدین منظور در تابع هدف درآمد حاصل از فروش محصولات و درآمد حاصل از اسقاط محصولات از هزینه‌های جابجایی، هزینه انبار متقاطع و هزینه بازگشت محصولات از فروشگاه حراجی کم می‌شود. در محدودیت ۱۶ مقدار مازاد یا کمبود محصول حساب می‌شود، اگر SA_{aj} یک مقدار مثبت بگیرد، محصول a در جعبه iام وجود دارد که فروشگاه حراجی jام آن محصول را سفارش نداده و اگر LA_{aj} یک مقدار مثبت بگیرد، محصول a توسط فروشگاه حراجی jام سفارش داده‌شده است که در جعبه i موجود نیست. اگر SA_{aj} یک مقدار مثبت بگیرد LA_{aj} صفر می‌شود و برعکس. معادله ۱۷ درصد مطابقت جعبه iام با سفارش فروشگاه حراجی jام را محاسبه می‌کند. این محدودیت، تعداد محصولات درون جعبه iام را لحاظ می‌کند که به دسته‌بندی ایده آل محصول فروشگاه حراجی jام تعلق نمی‌گیرند. مطابقت محصولات از کم کردن این مقدار از عدد یک به دست می‌آید. محدودیت ۱۸ تضمین می‌کند که فقط جعبه‌هایی که کمتر از درصد تلورانس هستند می‌توانند به فروشگاه حراجی jام تخصیص یابند. محدودیت ۱۹ نشان می‌دهد که محصولات یا وارد انبار متقاطع می‌شوند و سپس در فروشگاه حراجی فروخته می‌شوند یا اسقاط می‌شوند. در محدودیت ۲۰ زمان رسیدن جعبه‌ها به انبار متقاطع محاسبه می‌شود، این مقدار از مجموع زمان جابجایی و زمان آماده بودن جعبه‌ها به دست می‌آید. محدودیت‌های ۲۱، ۲۲ و ۲۳ زمان خروج هر جعبه از انبار متقاطع را نشان می‌دهند. همچنین در محدودیت‌های ۲۲ و ۲۳ اولویت پردازش جعبه‌ها حساب می‌شود. در محدودیت ۲۴، زمان رسیدن هر جعبه به فروشگاه حراجی مربوط به آن محاسبه‌شده است. محدودیت ۲۵ میزان دیرکرد جعبه‌ها را حساب می‌کند. در محدودیت ۲۶ درصد بازگشت جعبه‌ها محاسبه می‌شود. محدودیت ۲۷ متغیرهای باینری را معرفی می‌کند و محدودیت آخر محدودیت‌های نامنفی بودن را نشان می‌دهد.

۴- رویکرد حل

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، در مدل پیشنهادی جهت در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در برخی پارامترها از اعداد خاکستری استفاده‌شده است که همواره مقداری در طیف خوش‌بینانه و بدبینانه به خود می‌گیرند. رویکرد خوش‌بینانه نسبت به وقایع دیدگاهی مثبت دارد و همچنین در این دیدگاه نتایج مطلوب، مورد انتظار است، اما رویکرد بدبینانه نسبت به وقایع دیدگاهی منفی دارد و نتایج نامطلوب به دست می‌آید[۴۳].

مدل برنامه‌ریزی خاکستری زیر را در نظر بگیرید:

www.SID.ir

Archive of SID

$$\max z = \otimes CX$$
$$\text{s.t:}$$
$$\otimes AX \geq \otimes b \qquad (۲۹)$$
$$X \geq 0$$

در این مدل برنامه‌ریزی ریاضی خاکستری، پارامتر $\otimes c$ اصطلاحاً بردار سود خاکستری، پارامتر $\otimes A$ بردار ضرایب محدودیت‌های خاکستری، پارامتر $\otimes b$ بردار منابع خاکستری و متغیر X متغیر تصمیم خاکستری نامیده می‌شود.

طبق روش پیشنهادی لو و همکاران [۴۲] داریم:

$$C = \rho\overline{C} + (1-\rho)\underline{C} \qquad (۳۰)$$
$$b = \beta\overline{b} + (1-\beta)\underline{b} \qquad (۳۱)$$
$$a_{ij} = \delta_{ij}\overline{a_{ij}} + (1-\delta_{ij})\underline{a_{ij}}; \quad i=1,2,...,m; j=1,2,...,n. \qquad (۳۲)$$

که پارامترهای C، b و a_{ij} به ترتیب معادل قطعی پارامترهای $\otimes C$، $\otimes b$ و $\otimes A$ می‌باشند. همچنین ρ ضریب موقعیت بردار سود، β ضریب موقعیت بردار ضرایب محدودیت‌ها و δ_{ij} ضریب موقعیت بردار منابع می‌باشند.

در این مقاله دو رویکرد خوش‌بینانه و بدبینانه برای حل مسئله در نظر گرفته‌شده است. در رویکرد بدبینانه، هدف در نظر گرفتن بدترین حالت در تابع هدف و کوچک کردن فضای جواب مسئله است و برای این منظور برای معادل‌سازی مدل غیرقطعی می‌بایست پارامترهای تابع هدف و مقادیر سمت راست در حد پایین خود و ضرایب محدودیت‌ها را در حد بالای خود قرارداد که در این صورت خواهیم داشت $(\rho,\beta,\delta) = (0,0,1)$. بنابراین مدل معادل بدبینانه مدل خاکستری به‌صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$\max z = \underline{C}X$$
$$\text{s.t:}$$
$$\underline{A}x \geq \overline{b} \qquad (۳۳)$$
$$X \geq 0$$

به همین ترتیب در رویکرد خوش‌بینانه پارامترهای سمت راست و تابع هدف بزرگ و ضرایب محدودیت‌ها را کوچک کرده تا با بزرگ کردن فضای جواب در خوش‌بینانه‌ترین حالت قرار گیرد و بهترین مقدار برای تابع هدف نیز فرض می‌شود. در این صورت خواهیم داشت $(\rho,\beta,\delta) = (1,1,0)$.

در این حالت مدل خاکستری به‌صورت زیر تبدیل می‌شود:

$$\max z = \overline{C}X$$
$$\text{s.t:}$$
$$\overline{A}x \geq \underline{b} \qquad (۳۴)$$
$$X \geq 0$$
$$x \geq x_p^*$$

در رویکرد بدبینانه، با در نظر گرفتن بدترین سناریوها جواب نهایی مسئله تحت بررسی به دست می‌آید و تصمیم‌گیرندگان با رویکرد محافظه‌کارانه از این روش استفاده می‌کنند، اما در مقابل، در رویکرد خوش‌بینانه بهترین سناریوها در رویکردی تهاجمی جهت رسیدن به پاسخ در دستور کار قرار می‌گیرند. در این مقاله با توجه به ترجیحات تصمیم‌گیرندگان در مطالعه موردی، در ابتدا با در نظر گرفتن رویکرد بدبینانه تلاش شده است، برنامه‌ریزی حاصل از حل مدل، در بدترین سناریوها کارا باشد. در ادامه با بهره‌گیری از رویکرد خوش‌بینانه تلاش شده است نتایج حاصل تا حد امکان با حفظ رویکرد محافظه‌کارانه بهبود یابد. بنابراین در ابتدا مدل معادل بدبینانه حل‌شده و سپس با استفاده از نتایج آن، مدل معادل خوش‌بینانه به‌قرار زیر نوشته و حل می‌شود.

مدل معادل بدبینانه:

$$\begin{aligned}\max z = & \sum_{a=1}^{A}\sum_{j=1}^{J}\underline{SP_{aj}} \times \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} BA_{ibj} \times NA_{aib} \\ & + \sum_{a=1}^{A}\sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} NA_{aib} \times \underline{DP_{ai}} \times BT_{ib} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B}\sum_{j=1}^{J}(\underline{d_i} \times \underline{tt_i} + \underline{d_j} \times \underline{tt_j}) \\ & \qquad \times BA_{ibj} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B}\overline{CDC_{ib}} \times \sum_{j=1}^{J} BA_{ibj} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} RP_{ib} \times \underline{RC_{ib}}\end{aligned} \qquad (۳۵)$$

$$\sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} NA_{aib} \times BA_{ibj}) - O_{aj} = SP_{aj} - LP_{aj} \quad \forall a,j \qquad (۳۶)$$

$$MP_{ibj} = 1 - \frac{\sum_{a=1}^{A} SP_{aj}}{\sum_{a=1}^{A} NA_{aib}} \qquad \forall i,j,b \qquad (۳۷)$$

$$\sum_{j=1}^{J} BA_{ibj} + BT_{ib} = 1 \qquad \forall i,b \qquad (۳۸)$$

$$BA_{ibj} \leq TP + MP_{ibj} \quad \forall i,b,j \qquad (۳۹)$$

$$At_{ib} \geq \overline{Rt}_{ib} + \overline{tt}_i - MBT_{ib} \quad \forall i,b \qquad (۴۰)$$

$$Lt_{ib} \geq At_{ib} + \overline{Pt}_{ib} \quad \forall i,b \qquad (۴۱)$$

$$Lt_{ib} \geq Lt_{i'b'} + \overline{Pt}_{ib} - M(1 - x_{ibi'b'}) \quad \forall i,b,i',b', i = i' \rightarrow b \neq b' \qquad (۴۲)$$

$$Lt_{i'b'} \geq Lt_{ib} + \overline{Pt}_{i'b'} - Mx_{ibi'b'} \quad \forall i,b,i',b', i \neq i' \qquad (۴۳)$$

$$Dt_{ib} \geq Lt_{ib} + \overline{tt}_j - MBT_{ib} \quad \forall i,b,j \qquad (۴۴)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$D_{ib} \geq Dt_{ib} - \overline{du}_{ib} \quad \forall i,b \tag{۴۵}$$

$$RP_{ib} = \frac{D_{ib}}{w - \overline{du}_{ib}} \quad \forall i,b \tag{۴۶}$$

$$BA_{ibj}, BT_{ib}, x_{ibi'b'} \in \{0,1\} \tag{۴۷}$$

$$SA_{aj}, LA_{aj}, MP_{ibj}, Lt_{ib}, Dt_{ib}, RP_{ib}, D_{ib} \geq 0 \tag{۴۸}$$

مدل معادل خوش‌بینانه:

$$\begin{aligned}\max z = & \sum_{a=1}^{A}\sum_{j=1}^{J} \overline{SP}_{aj} \times \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} BA_{ibj} \times NA_{aib} \\ & + \sum_{a=1}^{A}\sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} NA_{aib} \times \overline{DP}_{ai} \\ & \times BT_{ib} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B}\sum_{j=1}^{J} (\overline{d}_i \times \overline{tt}_i + \overline{d}_j \\ & \times \overline{tt}_j) \times BA_{ibj} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} \overline{CDC}_{ib} \times \sum_{j=1}^{J} BA_{ibj} \\ & - \sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} RP_{ib} \times \overline{RC}_{ib}\end{aligned} \tag{۴۹}$$

$$\begin{aligned}\sum_{i=1}^{I}\sum_{b=1}^{B} NA_{aib} \times BA_{ibj}) - O_{aj} \\ = SP_{aj} - LP_{aj} \quad \forall a,j\end{aligned} \tag{۵۰}$$

$$MP_{ibj} = 1 - \frac{\sum_{a=1}^{A} SP_{aj}}{\sum_{a=1}^{A} NA_{aib}} \quad \forall i,j,b \tag{۵۱}$$

$$\sum_{j=1}^{J} BA_{ibj} + BT_{ib} = 1 \quad \forall i,b \tag{۵۲}$$

$$BA_{ibj} \leq TP + MP_{ibj} \quad \forall i,b,j \tag{۵۳}$$

$$At_{ib} \geq \underline{Rt}_{ib} + \underline{tt}_i - MBT_{ib} \quad \forall i,b \tag{۵۴}$$

$$Lt_{ib} \geq \underline{At}_{ib} + \underline{Pt}_{ib} \quad \forall i,b \tag{۵۵}$$

$$\begin{aligned}Lt_{ib} \geq Lt_{i'b'} + \underline{Pt}_{ib} - M(1 - x_{i'b'ib}) \\ \forall i,b,i',b', i = i' \rightarrow b \neq b'\end{aligned} \tag{۵۶}$$

$$\begin{aligned}Lt_{i'b'} \geq Lt_{ib} + \underline{Pt}_{i'b'} - Mx_{i'b'ib} \\ \forall i,b,i',b', i \neq i'\end{aligned} \tag{۵۷}$$

$$Dt_{ib} \geq Lt_{ib} + \underline{tt}_j - MBT_{ib} \quad \forall i,b,j \tag{۵۸}$$

$$D_{ib} \geq Dt_{ib} - \underline{du}_{ib} \quad \forall i,b \tag{۵۹}$$

$$RP_{ib} = \frac{D_{ib}}{w - \underline{du}_{ib}} \quad \forall i,b \tag{۶۰}$$

$$BA_{ibj} \geq BA^*_{ibjp} \tag{۶۱}$$

$$BT_{ib} \geq BT^*_{ibp} \tag{۶۲}$$

$$x_{ibi'b'} \geq x^*_{ibi'b'p} \tag{۶۳}$$

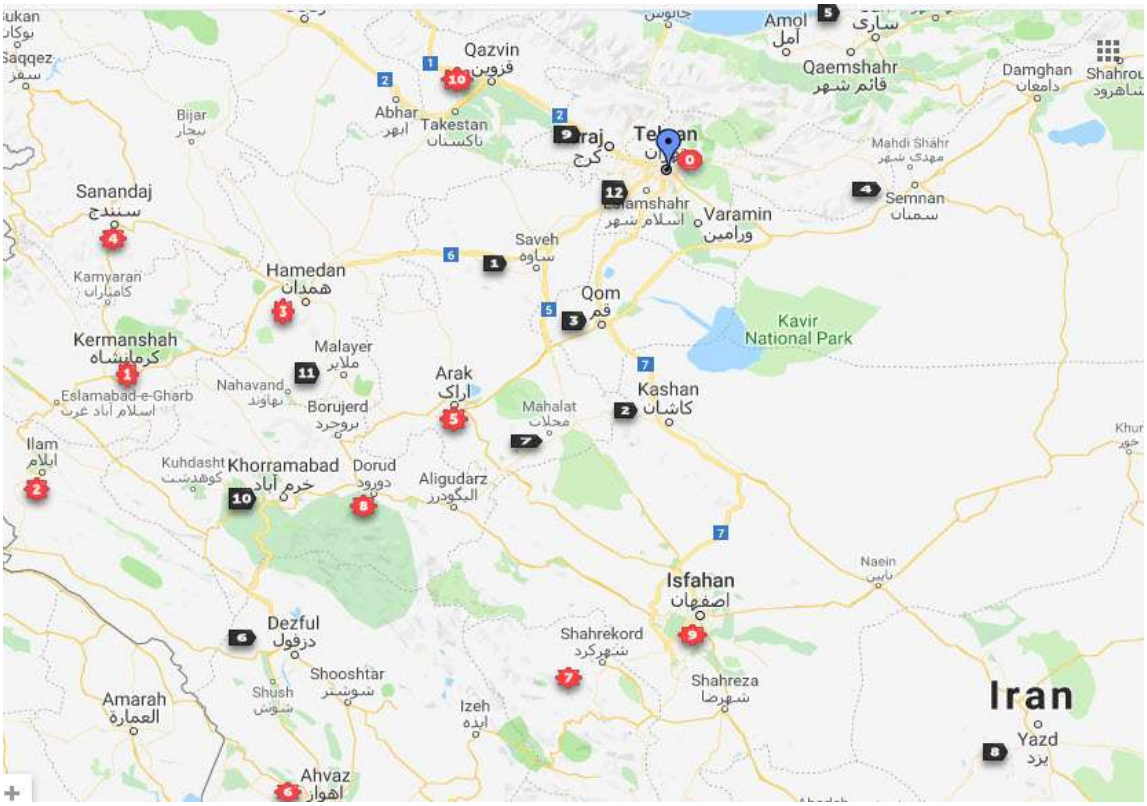
$$BA_{ibj}, BT_{ib}, x_{ibi'b'} \in \{0,1\} \tag{۶۴}$$

$$\begin{aligned}SA_{aj}, LA_{aj}, MP_{ibj}, Lt_{ib}, Dt_{ib}, RP_{ib}, D_{ib} \\ \geq 0\end{aligned} \tag{۶۵}$$

مقادیر BA^*_{ibjp}، BT^*_{ibp} و $x^*_{ibi'b'p}$ نشان‌دهنده مقدار بهینه متغیرها در حل مدل بدبینانه می‌باشد و سایر محدودیت‌ها در هر دو مدل بدبینانه و خوش‌بینانه، همان محدودیت‌های ۱۵ تا ۲۸ می‌باشند. تجاری‌سازی مجدد را دارند. مدیران این فروشگاه ۱۳ نوع محصول را جهت تجاری‌سازی مجدد در ۱۵ جعبه تعبیه کرده‌اند. همچنین ۱۲ فروشگاه حراجی برای ارسال محصولات به این فروشگاه‌ها شناسایی‌شده است. مدیران با یک مسئله تصمیم‌گیری مواجه هستند که این تصمیم‌گیری در مورد فروش محصولات یا اسقاط آن‌ها است. در شکل یک، مختصات جغرافیایی فروشگاه‌های اولیه، انبار متقاطع و فروشگاه‌های حراجی نشان داده‌شده است. همچنین در این شکل فروشگاه‌های اولیه با نماد ، فروشگاه‌های حراجی با نماد و انبار متقاطع با نماد نشان داده‌شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱): مختصات جغرافیایی

۵- مطالعه موردی

در این بخش، جهت تصمیم‌گیری در مورد محصولات فروخته نشده در یک فروشگاه زنجیره‌ای، از مدل پیشنهادی استفاده شده است. این فروشگاه زنجیره‌ای دارای ۵۷ شعبه در ۱۰ استان است. برای بررسی مسئله در هر استان یک شعبه در نظر گرفته‌شده است که محصولات آن‌ها قابلیت تجاری‌سازی مجدد را دارد. در این فروشگاه‌ها محصولات مختلفی ازجمله مواد خوراکی، لوازم‌خانگی، لوازم چوبی، پوشاک و شوینده‌ها وجود دارد که بعضی از این محصولات قابلیت

همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است ده فروشگاه از ۵۷ شعبه این فروشگاه زنجیره‌ای به‌عنوان فروشگاه اولیه انتخاب‌شده است که در هریک ۱۵ جعبه و در مجموع ۱۵۰ جعبه در فروشگاه‌های اولیه جهت تعیین تکلیف وجود دارد. انبار متقاطع نیز در شهر تهران قرار دارد و دوازده فروشگاه حراجی نیز در شهرهای مختلف انتخاب شده‌اند. تعداد جعبه‌های ارسالی در هر فروشگاه متفاوت بوده و به میزان موجودی محصولات ممکن است کم‌تر یا بیشتر از سفارش فروشگاه‌های حراجی یا مطابق با سفارشات آن‌ها باشد. همچنین زمان تحویل محصولات در فروشگاه‌های حراجی توسط هر فروشگاه مشخص‌شده است و در اختیار تأمین‌کنندگان قرار دارد. در صورت تأخیر در تحویل امکان بازگشت محصولات بالاتر می‌رود. در جدول ۲ تعداد جعبه‌های فروخته‌شده، تعداد جعبه‌های اسقاط شده و سود کل نشان داده‌شده است. همچنین درآمد حاصل از فروش محصولات، اسقاط محصولات و هزینه کل نیز نشان داده‌شده است.

جدول (۲): نتایج عددی

تعداد محصولات	تعداد جعبه‌ها	تعداد فروشگاه‌های حراجی
۱۳	۱۵	۱۲
تعداد جعبه‌های فروخته‌شده	تعداد جعبه‌های اسقاط شده	سود کل
۶۷	۸۳	۱۴۲۷۰۶۲۰۹۱
درآمد حاصل از فروش محصولات	درآمد حاصل از اسقاط محصولات	هزینه کل
۹۴۲۳۵۰۶۲۰	۷۳۷۴۸۵۶۲۰	۲۵۲۷۷۴۱۴۹

مدل ارائه‌شده تعداد جعبه‌های ارسال‌شده به هر فروشگاه حراجی را به‌طور مستقل نشان می‌دهد. برای نمونه فروشگاه ۳ در نظر گرفته‌شده است. از ۱۵ جعبه تعبیه‌شده در این فروشگاه ۴ جعبه اسقاط شده و ۱۱ جعبه دیگر به انبار متقاطع ارسال می‌شود. از این تعداد، ۲ جعبه به فروشگاه حراجی ۱۱، تعداد ۳ جعبه به فروشگاه حراجی ۱۰، تعداد ۴ جعبه به فروشگاه حراجی ۱ و ۲ جعبه دیگر به فروشگاه حراجی ۳ ارسال می‌شوند.

یکی از تمایزات مسئله ارائه‌شده در این مقاله نسبت به ادبیات موضوع، در نظر گرفتن امکان اسقاط محصولات فروخته نشده است. بنابراین جهت بررسی کارایی مفروض در نظر گرفته‌شده، مطالعه موردی بدون در نظر گرفتن امکان اسقاط محصولات حل شده و نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است.

همان‌طور که در جدول ۳ مشخص است، بدون در نظر گرفتن امکان اسقاط کالاهای فروخته نشده در فروشگاه‌های اولیه، تمام ۱۵۰ جعبه

www.SID.ir

Archive of SID

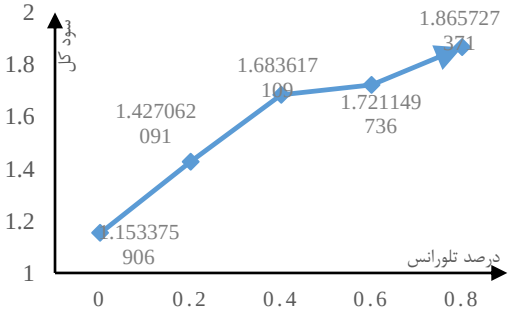
از طریق انبار متقاطع به فروشگاه‌های حراجی ارسال‌شده و به علت عدم تطابق با نیاز موجود، تنها تعداد ۹۶ جعبه فروخته‌شده و ۵۴ جعبه باقی‌مانده در این فروشگاه‌ها نیز مازاد بوده و می‌بایست در انبار نگهداری شوند. در این حالت اگرچه تعداد جعبه‌های فروخته‌شده نسبت به حالت قبل افزایش پیداکرده است، اما به دلیل افزایش هزینه‌های ناشی از ارسال کالاهای مازاد بر نیاز فروشگاه‌های حراجی و هزینه‌های انبارداری و همچنین با حذف درآمد حاصل از اسقاط، سود کل به مقدار قابل‌توجهی کاهش می‌یابد.

همچنین جهت اعتبارسنجی مدل و نتایج پیشنهادی، حساسیت مدل نسبت به تغییرات پارامترهای درصد تلورانس و زمان جابجایی در ادامه بررسی‌شده است.

جدول (۳): نتایج عددی بدون در نظر گرفتن اسقاط

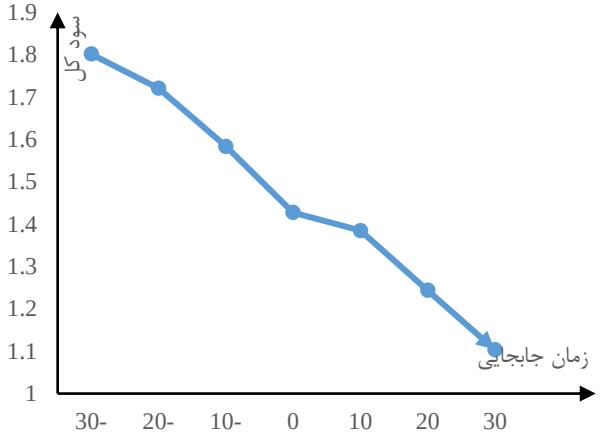
تعداد محصولات	تعداد جعبه‌ها	تعداد فروشگاه‌های حراجی
۱۳	۱۵	۱۲
تعداد جعبه‌های فروخته‌شده	تعداد جعبه‌های اسقاط شده	سود کل
۹۶	۰	۷۰۳۴۵۳۹۵۳
درآمد حاصل از فروش محصولات	درآمد حاصل از اسقاط محصولات	هزینه کل
۱۱۲۸۷۳۱۳۶۷	۰	۴۲۵۲۷۷۴۱۴

در شکل ۲ حساسیت میزان سود کل (محور عمودی) حاصل نسبت به تغییرات درصد تلورانس (محور افقی) نشان داده‌شده است. با افزایش درصد تلورانس، تعداد جعبه‌های فروخته‌شده و متعاقباً سود کل نیز بیشتر می‌شود. وقتی‌که درصد تلورانس صفر است تنها جعبه‌هایی که مطابقت کامل دارند به فروشگاه‌های حراجی فرستاده می‌شوند و قابلیت دوباره تجاری شدن را دارند. مقدار دقیق درصد تلورانس را می‌توان در حین مذاکره با مشتری تعیین کرد. درصورتی‌که درصد تلورانس پایین باشد، تعداد زیادی از جعبه‌ها اسقاط می‌شوند، مدیران برای جبران فروش ازدست‌رفته می‌توانند قیمت محصولات در فروشگاه‌های حراجی را بیشتر کنند. اگر مشتریان درصد تلورانس بالاتری را انتخاب کنند، مقدار زیادی از هزینه‌ها به‌خصوص هزینه بازگشت محصولات کم می‌شود؛ درنتیجه این کاهش هزینه می‌تواند به خود مشتریان کمک کند. بدین‌صورت که محصولاتی که در لیست سفارش آن‌ها نبوده ولی برای آن‌ها فرستاده‌شده را می‌توانند با قیمت کم‌تری خریداری کنند.



شکل (۲): تحلیل حساسیت درصد تلورانس

یکی از پارامترهای زمانی که می‌تواند عملکرد مدل را نشان دهد، زمان جابجایی جعبه‌ها می‌باشد. در شکل ۳ نتایج تحلیل حساسیت انجام‌شده، نشان داده شده است. در این نمودار محور افقی نشان‌دهنده زمان جابجایی محصولات از فروشگاه‌های اولیه تا انبار متقاطع و انبار متقاطع تا فروشگاه‌های حراجی و محور عمودی سود کل را نشان می‌دهد. در محور افقی منظور از زمان صفر زمان پایه‌ای است که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده‌شده است و بقیه زمان‌ها نسبت به زمان پایه کم‌وزیاد شده است. همان‌طور که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش زمان جابجایی محصولات از فروشگاه‌های اولیه تا انبار متقاطع و از انبار متقاطع تا فروشگاه‌های حراجی، به دلیل افزایش هزینه‌ی جابجایی، سود کل کمتر شده و همچنین تعداد جعبه‌های فروخته‌شده کمتر و تعداد جعبه‌های اسقاطی نیز بیشتر می‌شود و با کاهش زمان جابجایی به دلیل کاهش هزینه‌ی جابجایی، سود کل بیشتر، تعداد جعبه‌های فروخته‌شده بیشتر و در نتیجه سود حاصل نیز بیشتر می‌شود. مدیران با استفاده از اطلاعات حمل‌ونقل و نقشه‌ها، می‌توانند زمان جابجایی‌ها را طوری برنامه‌ریزی و زمان‌بندی کنند که با ترافیک کمتر مواجه شده و در نتیجه سود بیشتری را کسب کنند.



شکل (۳): تحلیل حساسیت زمان جابجایی

۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله، مسئله برنامه‌ریزی لجستیک معکوس با در نظر گرفتن انبار متقاطع، با هدف تصمیم‌گیری در مورد اسقاط یا تجاری‌سازی مجدد محصولات بازگشتی از فروشگاه‌های اولیه بررسی شد. در نظر گرفتن زمان حمل محصولات بازگشتی و درصد تطبیق کالاهای ارسالی به فروشگاه‌های حراجی با هدف حداکثر کردن سود از مهم‌ترین ویژگی‌های مدل پیشنهادی این مقاله بود. با توجه به عدم قطعیت‌های موجود در پارامترهای زمان و هزینه، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خاکستری برای حل مسئله تحت بررسی توسعه داده شد و برای حل مدل پیشنهادی از رویکرد خوش‌بینانه و بدبینانه با در نظر گرفتن ملاحظات مدیران در تصمیم‌گیری استفاده شد.

نتایج این پژوهش می‌تواند یکی از دغدغه‌های مدیران در تصمیم‌گیری در مورد اسقاط یا تجاری‌سازی مجدد محصولات را با در نظر گرفتن هزینه‌های انتقال محصولات فروخته نشده به فروشگاه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

حراجی، قیمت فروش کالاها در این فروشگاه‌ها و ارزش اسقاط کالاها در فروشگاه‌های اولیه را مرتفع سازد. علاوه بر آن استفاده از انبار متقاطع در این سیستم، می‌تواند کارایی سیستم را لجستیک معکوس را ارتقا دهد.

در مجموع پیاده‌سازی رویکرد پیشنهادی در مطالعه موردی تحقیق و مقایسه آن با رویکرد موجود نشان داد، در نظر گرفتن امکان اسقاط مستقیم کالاهای فروش نرفته می‌تواند منجر به افزایش ۵۰ درصدی سود کل حاصل از تعیین تکلیف کالاهای فروخته نشده شود.

علاوه بر آن در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود در پارامترهای زمان و هزینه باعث شد تصمیمات حاصل در شرایط مختلف استوار و قابل‌اتکا باشند.

مدیران و تصمیم‌گیرندگان فرآیند لجستیک معکوس با استفاده از نتایج این پژوهش قادرند درصد تطابق کالا با نیاز فروشگاه‌های حراجی را در تصمیم‌گیری خود لحاظ کرده و حجم کالای تخصیص‌یافته به هر یک از فروشگاه‌های حراجی را با توجه به آن تعیین کنند. رویکرد پیشنهادی متضمن حداکثر سازی سود و ارتقای اثربخشی در مدیریت فرآیند لجستیک معکوس در فروشگاه‌های زنجیره‌ای خواهد شد.

در نظر گرفتن چگونگی تخصیص و توالی وسایل حمل‌ونقل حامل محصولات بازگشتی به درهای ورودی و تخلیه بار در سکوهای دریافت و همچنین زمان‌بندی وسایل حمل‌ونقل در بارگیری و خروج از انبارهای متقاطع در لجستیک معکوس یکی از موضوعاتی است که می‌تواند در تحقیقات آتی موردبررسی قرار گیرد. همچنین می‌توان احتمال بازگشت محصولات را براساس معیارهای دیگری مانند میزان تقاضا، میزان تخفیفات بیان کرد. علاوه‌براین تصمیم‌گیری در مورد کالاهای معیوب تعمیر پذیر و تجاری‌سازی مجدد آن‌ها در فرآیند لجستیک معکوس از دیگر موضوعاتی است که جهت تحقیقات آتی توصیه می‌شود. همچنین ایجاد امکان انبارش موقت در داخل انبار متقاطع برای نگهداری موقت محصولات به‌منظور افزایش میزان مطابقت، نیز از دیگر مواردی است که می‌تواند در تحقیقات بعدی موردتوجه قرار گیرد.

مراجع

[1] De Brito, M. P., Dekker, R. (2004). A framework for reverse logistics. In Reverse logistics (pp. 3-27). Springer, Berlin, Heidelberg.

[2] Kheirkhah, A., Rezaei, S. (2016). Using cross-docking operations in a reverse logistics network design: a new approach. Production Engineering, 10(2): 175-184.

[3] Bernon, M., Rossi, S., Cullen, J. (2011). Retail reverse logistics: a call and grounding framework for research. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 41(5): 484-510.

[4] Pishvaee, M. S., Jolai, F., Razmi, J. (2009). A stochastic optimization model for integrated forward/reverse logistics network design. Journal of Manufacturing Systems, 28(4): 107-114.

[5] Jayaraman, V., Luo, Y. (2007). Creating competitive advantages through new value creation: a reverse logistics perspective. Academy of management perspectives, 21(2): 56-73.

[6] Rogers, D. S., Tibben-Lembke, R. S. (1999). Going backwards: reverse logistics trends and practices (Vol. 2). Pittsburgh, PA: Reverse Logistics Executive Council.

[7] Lambert, S., Riopel, D., Abdul-Kader, W. (2011). A reverse logistics decisions conceptual framework. Computers & Industrial Engineering, 61(3): 561-58.

[8] Guide Jr, V. D. R., Souza, G. C., Van Wassenhove, L. N., & Blackburn, J. D. (2006). Time value of commercial product returns. Management Science, 52(8): 1200-1214.

[9] Boysen, N., Fliedner, M. (2010). Cross dock scheduling: Classification, literature review and research agenda. Omega, 38(6): 413-422.

[10] Ladier, A. L., Alpan, G. (2016). Cross-docking operations: Current research versus industry practice. Omega, 62(1): 145-162.

[11] Stalk, G., Evans, P., Shulman, L. E. (1992). Competing on capabilities: The new rules of corporate strategy. Harvard business review, 70(2): 57-69.

[12] Forger, G. (1995). UPS starts world's premiere cross-docking operation. Modern material handling, 36(8): 36-38.

[13] Witt, C. E. (1998). Crossdocking: Concepts demand choice. Material Handling Engineering, 53(7): 44-49.

[14] Yu, W., Egbelu, P. J. (2008). Scheduling of inbound and outbound trucks in cross docking systems with temporary storage. European Journal of Operational Research, 184(1): 377-396.

[15] Zuluaga, J. P. S., Thiell, M., Perales, R. C. (2017). Reverse cross-docking. Omega, 66(1): 48-57.

[16] Krikke, H., Bloemhof-Ruwaard, J., Van Wassenhove, L. N. (2003). Concurrent product and closed-loop supply chain design with an application to refrigerators. International journal of production research, 41(16): 3689-3719.

[17] Chandoul, A., Cung, V. D., Mangione, F. (2007). Reusable containers within reverse logistic context.

[18] Agrawal, S., Singh, R. K., Murtaza, Q. (2015). A literature review and perspectives in reverse logistics. Resources, Conservation and Recycling, 97: 76-92.

[19] Maknoon, M.Y., Kone, O., Baptiste, P. (2014). A sequential priority-based heuristic for scheduling material handling in a satellite cross-dock. Computers & Industrial Engineering, 72(1): 43-49.

[20] Fanti, M.P., Stecco, G., Ukovich, W. (2016). Scheduling Internal Operations in Post-Distribution Cross Docking Systems. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 296-312.

[21] Rezaei, S., Kheirkhah, A. (2017). Applying forward and reverse cross-docking in a multi-product integrated supply chain network. Production Engineering, 11(4-5): 495-509.

[22] Kaboudani, Y., Ghodsypour, S. H., Kia, H., &Shahmardan, A. (2018). Vehicle routing and scheduling in cross docks with forward and reverse

www.SID.ir

Archive of SID

logistics. Operational Research, 1-34.
[23] Vahdani, B. (2019). Assignment and scheduling trucks in cross-docking system with energy consumption consideration and trucks queuing. Journal of Cleaner Production, 213(1): 21-41.
[24] Mahmoudi, A., Liu, S., Javed, S. A., Abbasi, M. (2019). A novel method for solving linear programming with grey parameters. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, (Preprint), 1-12.
[25] Mousavi, S. M., Antuchevičienė, J., Zavadskas, E. K., Vahdani, B., Hashemi, H. (2019). A new decision model for cross-docking center location in logistics networks under interval-valued intuitionistic fuzzy uncertainty. Transport, 34(1): 30-40.
[26] Rahbari, A., Nasiri, M. M., Werner, F., Musavi, M., & Jolai, F. (2019). The vehicle routing and scheduling problem with cross-docking for perishable products under uncertainty: Two robust bi-objective models. Applied Mathematical Modelling, 70: 605-625.
[27] Heidari, F., Zegordi, S. H., Tavakkoli-Moghaddam, R. (2018). Modeling truck scheduling problem at a cross-dock facility through a bi-objective bi-level optimization approach. *Journal of Intelligent Manufacturing*, *29*(5): 1155-1170.
[۲۸] فاروقی، هیوا، اشرفی فشی، محمد. (۱۳۹۶). طراحی شبکه زنجیره‌ی تأمین چند سطحی با در نظر گرفتن راهبردهای پایای چندگانه در سطح مراکز توزیع، نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم های تولید، ۵(۱۰)، ۵۳-۶۷.
[۲۹] اردوان، علی، عالم تبریز، اکبر، ربیعه، مسعود، زندیه، مصطفی. (۱۳۹۷). انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار با رویکرد تئوری خاکستری: مورد مطالعه صنعت فولاد. نشریه پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم‌های تولید. ۶(۱۳)، ۱۶۵-۱۷۷.
[30] Jung, J. Y., Blau, G., Pekny, J. F., Reklaitis, G. V., Eversdyk, D. (2004). A simulation based optimization approach to supply chain management under demand uncertainty. Computers & chemical engineering, 28(10): 2087-2106.
[31] Mele, F. D., Guillén, G., Espuna, A., & Puigjaner, L. (2007). An agent-based approach for supply chain retrofitting under uncertainty. Computers & chemical engineering, 31(5-6): 722-735.
[32] Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I. E., Omid, M. (2018). Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry. Computers & Operations Research, 89: 337-347.
[33] Daugherty, P. J., Myers, M. B., Richey, R. G. (2002). Information support for reverse logistics: the influence of relationship commitment. Journal of business logistics, 23(1): 85-106.
[34] Kim, J., Do Chung, B., Kang, Y., Jeong, B. (2018). Robust optimization model for closed-loop supply chain planning under reverse logistics flow and demand uncertainty. Journal of Cleaner Production.
[35] Li, G. D., Yamaguchi, D., Nagai, M. (2007). A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem. Mathematical and computer modelling, 46(3-4): 573-581.
[36] Lin, Y. H., Lee, P. C., Ting, H. I. (2008). Dynamic multi-attribute decision making model with grey number evaluations. Expert Systems with Applications, 35(4): 1638-1644.
[37] Deng, J. L. (1982). Control problems of grey systems. Sys. & Contr. Lett., 1(5): 288-294.
[38] Pan, L.K., Wang, C.C., Wei, S.L., Sher, H.F., 2007. Optimizing multiple quality characteristics via Taguchi method-based grey analysis. J. Mater. Process. Technol. 182 (1): 107e116.
[39] Tseng, M. L. (2009). A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach. Expert systems with applications, 36(4): 7738-7748.
[40] Rajesh, R., Ravi, V. (2015). Supplier selection in resilient supply chains: a grey relational analysis approach. Journal of Cleaner Production, 86: 343-359.
[41] Deng, J.L. (1989). Introduction to gray system theory, Journal of Grey System., 1(1): 1–24.
[42] Dang, S. L. Y., Forrest, J. (2009, October). On positioned solution of linear programming with grey parameters. In 2009 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (pp. 751-756). IEEE.
[43] Chen, T.Y. (2011). Optimistic and pessimistic decision making with dissonance reduction using interval-valued fuzzy sets. Information Sciences, 181(3): 479-5.

www.SID.ir

Archive of SID

IERPS Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

ISSN: 2345-2269

Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

Spring and Summer 2019, Volume 7., No.14., pp.159-172
www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/ier.2019.19811.1881

A grey Mathematical Programming Model to Salvage or Re-Commercialize Commodities in Reverse Logistics Management With Consideration of Cross Dock

F. Azimi[1], S. M. Mousavi[2*], M. Rajabzadeh[3]

[1,2,3] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Shahed University, Tehran, Iran

A R T I C L E I N F O

***Article history*:**

Received 7 August 2019
Accepted 12 October 2019

***Keywords*:**

Reverse logistics management
Cross-docking system
Mathematical programming model
Grey theory

A B S T R A C T

Competition among organizations to gain more market share and higher profit encourages managers to use new and cost-effective strategies. Returned and surplus goods are always a significant part of stores and company's inventory that deciding whether or not to re-commercialize these goods can have tangible effects on their profits and losses. In this paper, a mixed integer linear programming model for maximizing profit with the cross-docking system in unsold products redistribution process is proposed. This model also takes into account the new considerations of deciding whether or not to re-commercialize products in the reverse logistics operation scheduling. Given the uncertainties in factors such as sales revenue, costs and time, the parameters of the problem are considered in terms of gray numbers and an approach to solve the gray mathematical programming model is used to deal with uncertainties. Moreover, the reverse logistics process in one of the chain stores in Tehran is considered as a case study. Implementing the proposed approach and validating the results by a sensitivity analysis on important parameters indicated that the proposed method has a high performance in decision-making process of the studied company.

* Corresponding author. S. M. Mousavi
Tel.: 02151212091; E-mail address: sm.mousavi@shahed.ac.ir

www.SID.ir