

طراحی و برنامه‌ریزی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته سبز روغن موتور با در نظر گرفتن سیستم گردآوری کالا و ضایعات به صورت شبکه‌ای (مطالعه موردی: شرکت نفت بهران)

محمود تاجیک جنگلی^۱، احمد ماکویی^{۲*}، احسان دهقانی^۳

دانشگاه علم و صنعت ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۳۰

چکیده

امروزه افزایش تقاضا مشتقات نفتی علاوه بر نیاز به مدیریت زنجیره تأمین آن، می‌بایست به ملاحظات زیست‌محیطی فرآیندهای مرتبط با تولید، توزیع و بازیافت آن توجه ویژه‌ای داشت. در این رابطه، این پژوهش به طراحی و برنامه‌ریزی شبکه زنجیره تأمین حلقه‌بسته سبز برای محصول روغن موتور در شرایط عدم قطعیت پرداخته است. مدل ارائه‌شده متشکل از دو هدف می‌باشد که تابع هدف اول هزینه‌ها و تابع هدف دوم اثرات نامطلوب زیست‌محیطی شامل آلاینده‌های ناشی از بازیافت، حمل‌ونقل مواد بین مراکز مختلف و آلاینده‌های ناشی از انهدام مواد غیرقابل بازیافت را کمینه‌سازی می‌کند. با توجه به چندهدفه بودن مدل از روش اپسیلون-محدودیت جهت حل مدل استفاده شده است. در مدل موردنظر دو پارامتر میزان تقاضا محصول اصلی و میزان مواد بازگشتی از بازارهای تقاضا به صورت غیرقطعی در نظر گرفته شده است که به منظور مقابله با آن از روش بهینه‌سازی استوار مولوی استفاده شده است. همچنین، در مدل ارائه‌شده، روش‌های نوین در زمینه بازیافت مواد بازگشتی و انهدام مواد غیرقابل بازیافت موردبحث قرار گرفته است. در نهایت، با استفاده از داده‌های شرکت نفت بهران، اعتبار مدل ارائه‌شده مورد ارزیابی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین، حلقه‌بسته، سبز، آلاینده، عدم قطعیت، روش اپسیلون-محدودیت، روش بهینه‌سازی استوار

۱- مقدمه

و مشتقات نفتی گذاشته است. شرکت‌های مختلف میزان تولیدات خود را جهت پاسخگویی مناسب به مشتریان افزایش داده‌اند. واضح است که این مسئله منجر به سهولت تجارت بین‌المللی و انعطاف‌پذیری در فروش خواهد شد، اما از طرف دیگر به دلیل نوسانات موجود در قیمت و عوامل دیگر موجب پیچیده‌تر شدن مدیریت آن خواهد شد [۲]. در بین فرآورده‌های نفتی روغن موتور از پرکاربردترین محصولات می‌باشد که

در بازار رقابت جهانی شرکت‌ها مجبور به تولید محصول باکیفیت مطابق خواسته مشتری و تولید در زمان مشخص هستند. این افزایش تقاضا فشار زیادی را بر روی تولیدکنندگان وارد می‌کند [۱]. در واقع، افزایش تقاضا بیشترین تأثیر را بر روی تولیدکنندگان محصولات پتروشیمی

۳- محقق پسادکتری دانشگاه علم و صنعت/بنیاد ملی نخبگان؛ تهران، ایران، پست الکترونیک: ehsandehghan@alumni.iust.ac.ir

۱- کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران؛ تهران، ایران، پست الکترونیک: mahmoud_tajik@alumni.iust.ac.ir

۲- استاد، دانشگاه علم و صنعت ایران؛ تهران، خیابان هنگام، خیابان دانشگاه، رسالت، نویسنده پاسخگو، پست الکترونیک: amakui@iust.ac.ir

به‌عنوان روان کننده و خنک‌کننده موتور مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طرفی در بسیاری از موارد قیمت مواد خام تهیه روغن موتور بسیار بالا بوده و در مواردی امکان تهیه این مواد خام غیرممکن می‌باشد [۳]. به همین منظور، وجود مدیریت زنجیره تامین روغن موتور از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. مدیریت زنجیره تامین با توجه به پیچیدگی آن از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. به‌طور کلی، مدیریت زنجیره تامین را به دودسته تقسیم‌بندی می‌کنند. اول زنجیره تامین مستقیم که بر روی بهبود عملکرد سیستم در زمینه مدیریت تقاضا، تولید محصول و تحقق بخشیدن به تعهدات تمرکز دارد. دوم زنجیره تامین معکوس می‌باشد که استراتژی اقتصادی، دستورالعمل‌های دولت و فشار مشتری از جنبه‌های ایجاد آن هستند [۴]. در نهایت با یکپارچه‌سازی مدیریت زنجیره تامین مستقیم و مدیریت زنجیره تامین معکوس، مدیریت زنجیره تامین حلقه بسته معرفی می‌گردد. امروزه تقریباً تمام مراکز تولیدی به اهمیت وجود مدیریت زنجیره تامین حلقه بسته و مراکز بازیافت پی برده‌اند، به همین منظور برای محصولات قابل بازیافت از جمله کاغذ، باتری خودرو و سرنگ مدیریت زنجیره تامین حلقه بسته ارائه شده است [۵]. به دنبال افزایش تقاضا برای روغن موتور، میزان روغن موتور استفاده شده (سوخته) نیز به سرعت در افزایش است و به دنبال وجود آلاینده‌های خطرناک در آن، خطرات زیادی محیط زیست، آب‌ها و حتی انسان‌ها را تهدید می‌کند. بدین صورت که اگر روغن موتور استفاده شده در محیط زیست تخلیه شود می‌تواند به راحتی محیط زیست و آب‌ها را آلوده کند و یا اگر تصمیم بر این باشد که روغن موتور استفاده شده سوزانده شود بازهم منجر به آلودگی بسیار زیادی برای هوا می‌شود. همچنین این روغن موتور استفاده شده اگر به صورت منطقی جمع‌آوری نگردد می‌تواند منجر به بیماری‌های گوناگونی خطرناکی از جمله بیماری‌های پوستی برای انسان‌ها شود [۳، ۶-۸].

بنابراین جمع‌آوری، حمل و نقل و بازیافت روغن موتور استفاده شده مستلزم رعایت مسئولیت‌های قانونی بوده و باید به گونه‌ای مدیریت شود که علاوه بر رعایت مسئولیت‌های قانونی، ملاحظات زیست‌محیطی را نیز در بر بگیرد. از طرف دیگر روغن موتور استفاده شده می‌تواند به‌عنوان یک منبع ارزشمند شناخته شده که یا می‌تواند تبدیل به انرژی گردد و یا اینکه به مواد اولیه پرمفعت جهت تولیدات آتی تبدیل گردد. در نهایت به‌خوبی می‌توان دریافت که وجود زنجیره تامین حلقه بسته روغن موتور استفاده از ارزش بسیار بالایی برخوردار می‌باشد [۹]. روغن موتور استفاده شده به منظور بازیافت جمع‌آوری شده و به مراکز بازیافت جهت بازگشت به چرخه تولید و یا انهدام ارسال می‌گردد. به منظور بازیافت روغن موتور استفاده شده روش‌های گوناگونی مورد استفاده قرار گرفته است. در ابتدا جهت بازیافت روغن موتور استفاده شده، استفاده از حلال‌ها مدنظر بوده است [۷]. یکی دیگر از روش‌هایی که اخیراً بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است استفاده از اتان جهت تصفیه روغن موتور استفاده شده می‌باشد که در این روش استخراج مواد غیر ضروری کاهش یافته و کیفیت روغن پایه تصفیه شده افزایش خواهد یافت [۸]. در روش‌های بازیافت استفاده شده، معمولاً بیشترین تمرکز بر روی شدنی بودن روش پیشنهاد شده جهت بازیافت روغن موتور استفاده شده، بوده است و یا اینکه اثرات عامل‌های موثر در بازیافت روغن موتور مورد بررسی قرار گرفته است اما در این پژوهش با توجه به مطالعات گذشته می‌توان روشی را جهت بازیافت روغن موتور استفاده شده پیشنهاد داد که علاوه بر بالا بودن نسبت تبدیل شدن روغن موتور استفاده شده به روغن پایه، ملاحظات زیست محیطی را جهت کنترل آلاینده‌های ناشی از بازیافت را نیز رعایت کند. در این روش نسبتی از روغن موتور بازیافتی که غیر قابل بازیافت می‌باشد هم می‌توان به محصول ثانویه تبدیل کرد و به بازار تقاضای این محصول ارسال کرد.

در شبکه زنجیره تامین حلقه بسته روغن موتور استفاده شده با توجه به اینکه میزان زمان استفاده از روغن موتور و پایان

یافتن عمر استفاده از آن مشخص نبوده و همچنین میزان تقاضا برای روغن موتور در حالت غیرقطعی قرار دارد بنابراین، علاوه بر میزان تقاضا، میزان روغن موتور استفاده شده که از بازارهای تقاضا جمع‌آوری می‌گردد، در حالت عدم قطعیت قرار دارد [۵]. عدم قطعیت در برخی پارامترها مانند تقاضا ممکن است مدل را در شرایط بحرانی قرار دهد. بدین منظور که تغییرات در میزان آن‌ها می‌تواند منجر به باز شدن و یا بسته شدن یک تجهیز شده و هزینه زیادی را برای سیستم در بر خواهد داشت و ایجاد تغییرات در این پارامترها زمان زیادی نیز را هدر خواهد داد بنابراین تصمیم‌گیری در مورد مکان‌یابی تجهیزات در زمان کوتاه عملاً مقدور نخواهد بود [۱۰]. دهقانی و همکاران [۱۱] عدم قطعیت را به دودسته اصلی عدم قطعیت کسب‌وکار و عدم قطعیت تصادفی تقسیم‌بندی می‌کنند که عدم قطعیت کسب‌وکار ناشی از تغییرات ذاتی پارامترها در طی دوره می‌باشد. در بسیاری از شرایط، عدم قطعیت در پارامترهای ورودی باعث نشدنی بودن مدل و همچنین پایین آمدن کیفیت تصمیمات تصمیم‌گیرنده می‌شوند. برنامه‌ریزی تصادفی و برنامه‌ریزی استوار برای بهینه‌سازی مدل با این نوع عدم قطعیت معرفی شده‌اند. با توجه به مدل‌های بررسی‌شده مدل برنامه‌ریزی تصادفی بهترین پیشنهاد جهت بهینه‌سازی مدل با این نوع عدم قطعیت در نظر گرفته شده است. برنامه‌ریزی تصادفی جهت مقابله با عدم قطعیت کسب‌وکار دارای اشکالاتی نیز می‌باشد. اولین اشکال آن عدم دسترسی به توزیع احتمالی پارامترهایی هستند که در شرایط عدم قطعیت قرار دارند به دلیل اینکه دسترسی به اطلاعات تاریخی داده‌ها در بسیاری از موارد امکان‌پذیر نمی‌باشد. دومین اشکال برنامه‌ریزی تصادفی این است که در مسائل واقعی با ابعاد بزرگ، محاسبات بسیار زیادی را به مدل تحمیل می‌کند. بهینه‌سازی استوار یک توزیع آزاد است که هدف آن به دست آوردن بدترین جواب برای یک مجموعه در شرایط عدم قطعیت می‌باشد.

برنامه‌ریزی استوار همچنین قادر به حفظ محاسبات اولیه نیز می‌باشد [۱۲، ۱۳]. بنتال^۱ و همکاران [۱۴] برنامه‌ریزی استوار را به دو دسته اصلی تقسیم‌بندی می‌کنند. ۱- برنامه‌ریزی استوار مبتنی بر روش‌های استاتیک ۲- برنامه‌ریزی استوار مبتنی بر روش‌های منطقی. زمانی که تمام تصمیمات قبل از تحقق پارامترهای اتخاذ شده است استفاده از روش بهینه‌سازی استوار مبتنی بر روش‌های استاتیک در مقابل عدم قطعیت کسب‌وکار استفاده می‌گردد درحالی‌که بهینه‌سازی استوار مبتنی بر روش‌های منطقی مطابق با فرآیندهای پی‌درپی تصمیم‌گیری عمل می‌کند. جایی که برخی تصمیمات قبل از عدم قطعیت گرفته شده است و جایی دیگر تصمیمات بعد از عدم قطعیت در مدل گرفته می‌شود. با توجه به مطالب اشاره شده در این مقاله تصمیمات در شبکه زنجیره تامین روغن قبل از تحقق پارامترهای مدل محقق می‌شوند بنابراین، در این مقاله یک مدل بهینه‌سازی استوار مبتنی بر سناریو برای شبکه زنجیره تامین روغن موتور استفاده شده در نظر گرفته می‌شود که هم عدم قطعیت ناشی از کسب‌وکار و هم عدم قطعیت ذاتی پارامترها را نیز در مدل در نظر می‌گیرد.

بر اساس توضیحات ارائه شده در بالا، نوآوری‌های مهمی که از مطالعه ادبیات به دست می‌آید به صورت زیر معرفی می‌گردد:

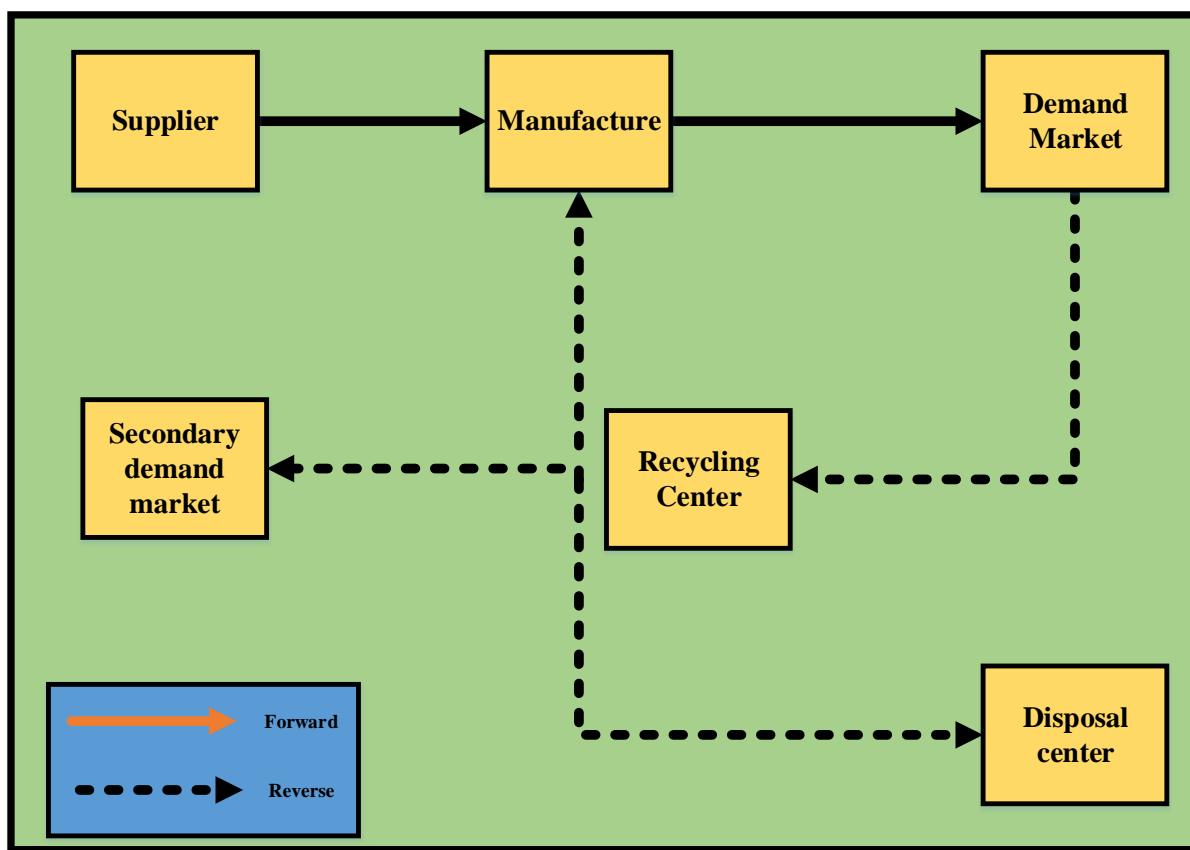
- در نظر گرفتن روش‌های نوین بازیافت در صنعت بازیافت روغن موتور سوخته در مدل ارائه شده.
- جهت مقابله با عدم قطعیت پارامترهای میزان تقاضا و میزان روغن موتور بازگشتی از بازارهای تقاضا، از رویکرد بهینه‌سازی استوار مولوی استفاده شده است.
- در نظر گرفتن رضایت مشتری در مدل به صورت پاسخگویی یکسان به تقاضای مشتریان در مدل ریاضی
- استفاده از داده‌های واقعی شرکت نفت بهران جهت نشان دادن کارایی و اعتبار مدل ارائه شده با توجه به مفروضات.

1- Ben-Tal

۲. بیان مسئله

با الهام از مطالعه موردی موردنظر، این بخش قصد دارد که توضیحات مربوط به زنجیره تأمین موردبررسی را ارائه دهد. شکل (۱) این زنجیره تأمین را نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته ارائه شده، شامل تأمین‌کننده، تولیدکننده، بازار تقاضا محصول اصلی، مرکز بازیافت، مرکز انهدام و بازار تقاضا محصول فرعی می‌باشد.

ساختار مقاله حاضر به صورت زیر است. در بخش بعدی توضیحات مربوط به مسئله و مدل ریاضی ارائه خواهد شد. روش استوار به کار گرفته شده برای مقابله با عدم قطعیت در بخش (۳) توضیح داده خواهد شد. در بخش (۴) روش اپسیلون-محدودیت آورده شده است. بخش (۵) مطالعه موردی و نتایج مربوط به آن را شامل می‌شود. در نهایت، در بخش (۶) نتایج حاصل از این تحقیق و پیشنهادات آتی ارائه خواهد شد.



شکل (۱). ساختار شبکه زنجیره تأمین موردنظر

استفاده شده از بازارهای تقاضا جمع‌آوری و به مراکز بازیافت روغن موتور استفاده شده ارسال می‌شود. لازم به ذکر است که مهم‌ترین تصمیم‌گیری در مورد مدل معرفی شده در این مرکز اتخاذ می‌گردد. در مراکز بازیافت جهت بازآوری روغن موتور استفاده شده، از تکنولوژی‌های متنوعی استفاده می‌گردد. به

در این شبکه مواد اولیه جهت تولید روغن موتور از تأمین‌کنندگان به مراکز تولید روغن موتور ارسال می‌شود. سپس روغن موتور تولید شده در این مراکز تولیدی به مراکز تقاضای محصول اصلی (روغن موتور) ارسال می‌گردد. پس از اتمام عمر مفید روغن موتور تولید شده، تمامی روغن‌موتورهای