فصلنامه علمی مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی
سال چهاردهم، شماره ۵۴، بهار ۱۴۰۳، صفحه ۲۹۴-۲۶۷

مقاله پژوهشی: ارائه چارچوبی به‌منظور توسعه مدل بهینه‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار بنزین کشور

علیرضا عرب[۱]، محمدعلی شیخ‌الاسلام[۲]، سعید عبدالهی لاشکی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۷

چکیده

بنزین به‌عنوان یکی از محصولاتی مهم و راهبردی به شمار می‌رود که در پالایشگاه‌های نفت تولید می‌شود و با توجه به سهم بالای مصرف آن میان مصارف فراورده‌های انرژی‌زای کشور، بیشترین توجه را جهت مدیریت اثربخش نیازمند است. روند افزایش مصرف بنزین در سال ۱۴۰۱ زنگ خطر را برای ورود به کانال کمبود بنزین و اجبار به واردات این محصول به صدا درآورد و ممکن است منجر به از دست دادن فرصت صادراتی شود. امروزه افزایش گسترده جمعیت، فشار قابل‌ملاحظه‌ای بر منابع موجود وارد می‌کند و تغییرات آب‌وهوایی را به میزان قابل‌توجهی تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه‌براین، صنعت نفت، گاز و پتروشیمی یکی از آلاینده‌ترین صنایع در دنیا است و به همین دلیل، در این سال‌ها اجرای مؤثر شیوه‌های پایدار در زنجیره‌های تأمین این صنعت مورد توجه پژوهشگران و فعالان این حوزه قرار گرفته است. یکی از مهم‌ترین فعالیت‌ها، تلاش برای مدل‌سازی و بهینه‌سازی این زنجیره‌ها است. پژوهش حاضر درصدد ارائه یک چارچوب به‌منظور توسعه مدل بهینه‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار بنزین است. در کنار ارائه چارچوب اجرایی، به روش‌های گردآوری و تجزیه‌وتحلیل داده هر یک از گام‌های اجرایی چارچوب پیشنهادی پرداخته می‌شود. با بهره‌گیری از این چارچوب، می‌توان به اهداف تبیین شده در سند راهبردی برنامه‌ریزی جامع انرژی کشور در خصوص اتخاذ تصمیمات راهبردی بهینه و پایدار دست‌یافت.

کلیدواژه‌ها: زنجیره تأمین پایدار، بنزین، بهینه‌سازی، مدل‌سازی، چارچوب.

۱. استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.
۲. دانشجوی دکتری سیاستگذاری علم و فناوری دانشگاه علم و صنعت ایران.
۳. دانشجوی دکتری مهندسی حمل‌ونقل دانشگاه علم و صنعت ایران(نویسنده مسئول) *Saeidlashaki@gmail.com*.

۱. مقدمه

قسمت عمده انرژی در جهان توسط سوخت‌های فسیلی مانند نفت، زغال‌سنگ و گاز طبیعی تأمین می‌شود (الیا و فلوداس[۱] ۲۰۱۴: ۱۴۸). صنعت نفت، گاز و پتروشیمی در قلب جوامع مدرن قرار دارد و به‌عنوان یک صنعت راهبردی در سراسر جهان در نظر گرفته می‌شود؛ چراکه محصولات نفتی دومین منبع مصرفی در کنار آب هستند (ابدالسلام و همکاران[۲] ۲۰۲۰: ۲). این صنعت موتور محرک اقتصادی کشورها نیز محسوب می‌شود و برای افراد، صنایع و در نهایت کشور خلق درآمد و رفاه را به همراه دارد (گارداس و همکاران[۳] ۲۰۱۹: ۱). تمامی این مزایا به زنجیره تأمین[۴](SC) این صنعت متشکل از فرایندهای پیچیده و گران‌قیمت بستگی دارد. سطح عظیم سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای برنامه‌ریزی و راه‌اندازی این زنجیره، سازمان‌ها را بر آن داشته است تا به دنبال راه‌های ایمن، ارزان و بهینه برای برآوردن نیازهای مشتریان و درعین‌حال اطمینان از انجام درست کارها باشند (سعد و همکاران[۵] ۲۰۱۸: ۸۰۴).

بنزین به‌عنوان یکی از محصولاتی مهم و راهبردی به شمار می‌رود که در پالایشگاه‌های نفت تولید می‌شود و در میان مصارف فراورده‌های انرژی‌زا، مصرف بنزین موتور در ایران به‌تنهایی سهمی حدود ۴۳ درصدی (۳۲/۵ میلیارد لیتر) را به خود اختصاص داده است که ازاین‌رو بیشترین توجه را جهت مدیریت اثربخش نیازمند است (آمارنامه مصرف فراورده‌های نفتی انرژی‌زا، ۱۳۹۷: ۷). در طی چند سال گذشته، علی‌رغم کاهش کمبود بنزین به‌منظور تأمین تقاضای داخلی ذکر این نکته ضروری است که بروز اپیدمی کووید-۱۹ در این امر بی‌تأثیر نبوده است. اما اکنون که با افزایش واکسیناسیون در کشور، کرونا تا حد زیادی کنترل شده و امیدها به بازگشت زندگی به شرایط عادی بیشتر شده است، دورکاری‌ها لغو شده، مدارس و دانشگاه‌ها به‌تدریج بازگشایی شدند، سفرها افزایش پیدا می‌کند، امکان برگشتن به شرایط کمبود قبل بروز اپیدمی وجود دارد. آمارها هم دلالت بر این امر دارد؛ چراکه روند افزایش مصرف بنزین در سال ۱۴۰۱ (به‌طور میانگین به ۱۰۳ میلیون لیتر در روز رسید که نسبت به مدت مشابه سال قبل، رشدی ۲۱ درصدی را نشان می‌دهد)، زنگ خطر را برای ورود به کانال کمبود بنزین و اجبار به واردات این محصول به صدا

۱. Elia & Floudas
۲. Abdussalam & et.al.
۳. Gardas & et.al.
۴. Supply chain
۵. Saad & et.al.

درآورده و ممکن است منجر به از دست دادن فرصت صادراتی شود. لذا داشتن یک مدل بهینه ریاضیاتی آینده‌نگر به‌منظور دیدن تمامی متغیرها، محدودیت‌ها، پارامترها و شرایط اثرگذار بر تصمیمات بلندمدت مرتبط با برنامه‌ریزی این زنجیره می‌تواند کمک شایانی به‌منظور جلوگیری از بروز این اتفاق نماید.

در این راستا باید تدابیری اتخاذ شود تا بتوان بر اساس مدل پیش‌بین‌های دقیق ریاضیاتی، میزان تولید و همچنین سایر متغیرهای تصمیم راهبردی موجود در این زنجیره همچون ارتقا ظرفیت، میزان سرمایه‌گذاری، انتخاب تکنولوژی، ارتقا زیرساخت حمل‌ونقل، میزان ذخیره‌سازی، میزان صادرات و... را برای دوره آتی به‌منظور پوشش حداکثری تقاضای آتی داخل کشور بهینه‌سازی نمود. یکی از مهم‌ترین این فعالیت‌ها تلاش برای مدل‌سازی و در نهایت بهینه‌سازی این زنجیره‌ها است.

به‌طورکلی بهینه‌سازی زنجیره تأمین به بهینه شدن تعادل عرضه و تقاضا، تهیه مواد اولیه، برنامه‌ریزی تولید، کنترل موجودی‌ها، انبارداری و توزیع محصولات منجر می‌شود. در حوزه انجام پژوهش حاضر و با توجه به بیان مسئله‌ای که بدان اشاره شد، موارد اهمیت انجام این پژوهش عبارت‌اند از:

(۱) کاهش وابستگی به واردات بنزین مورد نیاز آتی کشور و حتی کمک به افزایش صادرات به علت پوشش توأمان سطوح راهبردی و تاکتیکی زنجیره تأمین بنزین کشور و داشتن دید روشن، یکپارچه و سیستمی از وضعیت بهینه آتی تقاضا، تولید، ذخیره‌سازی و سایر پارامترها و متغیرهای تأثیرگذار بر امر برنامه‌ریزی تولید، ارتقا و ایجاد تأسیسات و تسهیلات و زیرساخت‌های تولید این محصول؛

(۲) کمک به اخذ تصمیمات راهبردی بهینه آتی در این زنجیره و برآورده‌سازی آنچه که در سند راهبردی برنامه‌ریزی جامع انرژی کشور در خصوص برنامه‌ریزی انرژی کشور بدان اشاره شده است؛

(۳) جلوگیری از بروز مشکلات حاد دفاع ملی درون‌مرزی کشور ناشی از عدم پوشش تقاضای آتی بنزین مورد نیاز جمعیت کشور و یا افزایش قیمت آتی بنزین مصرفی آن‌ها؛

(۴) کاهش اثرات و عواقب زیست‌محیطی و همچنین اجتماعی ناشی از اخذ تصمیمات بهینه راهبردی و تاکتیکی زنجیره تأمین بنزین کشور به‌علت توجه به مفهوم پایداری در مدل‌سازی ریاضی این زنجیره؛

(۵) کاهش خروج ارز مرتبط با واردات بنزین به‌منظور پوشش تقاضای آتی مورد نیاز بنزین کشور.

۲. مبانی نظری و پیشینه‌شناسی تحقیق

۲-۱. پیشینه پژوهش

در ادبیات این حوزه، به علت کمرنگ شدن نقش بنزین در کشورهای توسعه‌یافته که دارای سهم بالایی از مقالات و پژوهش‌های نوین در عرصه مدل‌سازی و بهینه‌سازی زنجیره‌های تأمین انرژی را دارا هستند، عملاً پژوهش خاصی در حوزه مدیریت زنجیره تأمین پایدار این سوخت مشاهده نمی‌شود. اما پژوهش‌های متعددی در حوزه سوخت‌های نوین (به‌منظور مشاهده پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص زنجیره‌های پایدار سوخت‌های نوین به "الیا و فلوداس، ۲۰۱۴" مراجعه کنید) و همچنین در حوزه محصولات نفت و گاز با محوریت پایداری در ادبیات این حوزه قابل‌مشاهده است. در ادامه و در جدول (۱) به برخی از این پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه هدف پژوهش حاضر اشاره شده است.

لازم به ذکر است با توجه به وجود پژوهش‌های متعدد در حوزه بهینه‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار سایر محصولات این صنعت که فضایی نزدیک به محصول بنزین دارند و در اشباع و جمع‌بندی ابعاد مدل مسئله این پژوهش تأثیرگذار هستند و به‌منظور اطمینان حداکثری از مشاهده تمامی پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه، همان‌طور که در گام‌های چارچوب پیشنهادی این پژوهش بدان اشاره شده است، باید اقدام به بررسی سیستماتیک ادبیات این حوزه (SLR) منطبق بر آخرین استانداردها و پروتکل‌های بررسی سیستماتیک ادبیات پژوهش گردد که علاوه بر بررسی تعداد بسیار بالایی از پژوهش‌ها و مدل‌های زنجیره تأمین این صنعت، ابعاد ریز و جزئی‌تر مانند خطی و غیرخطی بودن مدل، محدودیت‌ها، متغیرها و ... هم بررسی شوند. آن‌چیزی که در همین مرحله از بررسی پیشینه پژوهش این حوزه که در جدول (۱) به برخی از این پژوهش‌ها اشاره شد، می‌توان برداشت کرد چارچوب پیشنهادی این پژوهش از چند جنبه دارای نوآوری است.

از نوآوری‌های کلی می‌توان به بررسی سیستماتیک ادبیات (SLR) حوزه مدل‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار صنعت نفت، گاز و پتروشیمی (که با توجه به اشباع سطح بالای این حوزه در ادبیات پژوهش بین‌المللی انجام SLR از جذابیت و همچنین ضرورت بالایی برخوردار است)، مدل‌سازی ریاضی کل زنجیره تأمین پایدار بنزین کشور با توجه به ابعاد پایداری، در نظر گرفتن چند محصول بنزین (معمولی، سوپر با درجات اکتان مختلف)، در نظر گرفتن چند دوره زمانی،

سفارشی‌سازی و بومی‌سازی توابع هدف، متغیرها و محدودیت‌های مدل تدوین‌شده بر اساس الزامات، زیرساخت‌ها و نیازمندی‌های حاکم بر کشور و بهره‌گیری از یک رویکرد سیستماتیک غربالگری و سفارشی‌سازی مدل، در نظر گرفتن یک مدل پیش‌بینی برای پارامترهای آتی به‌منظور ارائه مقادیر بهینه آتی در جهت برنامه‌ریزی‌های راهبردی بلندمدت، در نظر گرفتن توأمان سطوح راهبردی و تاکتیکی تصمیم‌گیری در مدل‌سازی و در نهایت بهره‌گیری از رویکردهای نوین بهینه‌سازی ریاضی در حل مدل و اعتبارسنجی آن اشاره نمود.

جدول شماره ۱. برخی از پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه هدف پژوهش

پژوهشگر (سال)	هدف پژوهش	مطالعه موردی	محدوده	تابع هدف	توجه به پایداری زنجیره	روش حل	جنبه	محصول	پوشش عدم اطمینان در مدل	ارائه مدل پیش‌بین
آتمایوزا و همکاران[1] (۲۰۲۱)	بهینه‌سازی حمل‌ونقل زنجیره تأمین نفت	سناریو فرضی	بالادستی	هزینه کل و اثرات زیست‌محیطی	اقتصادی و زیست‌محیطی	اپسیلون محدودیت و روش TOPSIS	تاکتیکی	نفت	×	×
لیما و همکاران[2] (۲۰۲۱)	طراحی زنجیره تأمین نفت	زنجیره تأمین صنعت نفت برزیل	پایین‌دستی	هزینه کل	×	روش حل کلاسیک مسئله MILP	استراتژیک و تاکتیکی	نفت	×	×
عطیه[3] (۲۰۲۱)	بهینه‌سازی استوار چندهدفه زنجیره تأمین پایدار نفت و گاز	زنجیره بالادستی صنعت نفت و گاز عربستان	بالادستی	هزینه، درآمد، مصرف منابع، آلاینده‌های زیست‌محیطی	اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی	اپسیلون محدودیت تقویت شده و روش TOPSIS	تاکتیکی	نفت و گاز	✓	×
جانیجو و جایاسری[4] (۲۰۲۰)	مدل‌سازی ریاضی زنجیره تأمین صنعت نفت هند	زنجیره تأمین صنعت نفت هند	پایین‌دستی	سود، هزینه، اثرات زیست‌محیطی	اقتصادی و زیست‌محیطی	اپسیلون محدودیت تقویت شده	تاکتیکی	نفت	×	×
عطیه و همکاران[5] (۲۰۱۹)	بهینه‌سازی چندهدفه زنجیره تأمین پایدار نفت و گاز	زنجیره بالادستی صنعت نفت عربستان	بالادستی	هزینه، درآمد، مصرف منابع، آلاینده‌های زیست‌محیطی	اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی	اپسیلون محدودیت تقویت شده	تاکتیکی	نفت و گاز	×	×
گایتان و همکاران[1] (۲۰۱۷)	مدل‌سازی ریاضی زنجیره تأمین نفت و گاز	زنجیره پایین‌دستی صنعت	پایین‌دستی	هزینه، درآمد و سطح خدمت	×	اپسیلون محدودیت تقویت شده	تاکتیکی	نفت و گاز	×	×

۱. Atmayudha et al.
۲. Lima et al.
۳. Attia
۴. Janijo & Jayasree
۵. Attia et al.

جدول شماره ۱. برخی از پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه هدف پژوهش

پژوهشگر (سال)	هدف پژوهش	مطالعه موردی	محدوده	تابع هدف	توجه به پایداری زنجیره	روش حل	جنبه	محصول	پوشش عدم اطمینان در مدل	ارائه مدل پیش‌بین
		نفت و گاز عربستان								
ژو و همکاران[۲] (۲۰۰۰)	بهینه‌سازی زنجیره‌های دارای فرایند پیوسته	صنعت نفت	کل زنجیره	سود، تابع تجمیعی زیست‌محیطی و تابع تجمیعی اجتماعی	اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی	برنامه‌ریزی آرمانی و AHP	تاکتیکی	نفت	×	×
زرین‌پور و امیدواری (۱۳۹۹)	ارائه یک مدل بهینه‌سازی استوار برای طراحی استراتژیک و عملیاتی زنجیره تأمین نفت	صنعت نفت	کل زنجیره	سود	اقتصادی و زیست‌محیطی	بهینه‌سازی استوار	استراتژیک و تاکتیکی	نفت	✓	×
بابازاده و پاشازاده (۱۳۹۶)	ارائه مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی و توسعه شبکه زنجیره تأمین بنزین کشور	تنها ارائه مدل بدون بررسی در مورد مطالعاتی	میان دستی و پایین‌دستی	هزینه کل	×	×	استراتژیک و تاکتیکی	بنزین	×	×
بشیری و همکاران (۱۳۹۳)	ارائه یک مدل جهت طراحی شبکه زنجیره تأمین بنزین با در نظر گرفتن هزینه‌های استهلاک مخازن استخراج، پالایشگاه‌ها و مراکز توزیع	تنها ارائه مدل بدون بررسی در مورد مطالعاتی	کل زنجیره	هزینه شبکه و کیفیت تولید بنزین	×	×	استراتژیک و تاکتیکی	بنزین موتور	×	×
پژوهش حاضر	مدل‌سازی ریاضی زنجیره تأمین بنزین کشور	زنجیره بنزین ایران	کل زنجیره	سود، تابع تجمیعی زیست‌محیطی و تابع تجمیعی اجتماعی و سایر اهداف احصا شده	اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی	متناسب با شرایط نهایی مدل سفارش شده، استفاده از پرکاربردترین و اثربخش‌ترین روش	استراتژیک و تاکتیکی	بنزین موتور	✓	✓

۱. Ghaithan et al.
۲. Zhou et al.

۲-۲. مبانی نظری

۱-۲-۲. زنجیره تأمین بنزین

برای مفهوم «زنجیره تأمین» تعاریف مختلفی ارائه شده است که در ادامه به برخی از مهم‌ترین آن‌ها اشاره شده است. «لادن» و همکاران[۱](۲۰۰۴) اشاره می‌نمایند زنجیره تأمین، تمامی فعالیت‌های مرتبط با جریان مواد و تبدیل کالاها از مرحله ماده خام تا تحویل به مصرف‌کنندگان نهایی و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آن‌ها را شامل می‌شود. «استدلر»[۲](۲۰۰۵)، زنجیره تأمین را شکل خاصی از یک سازمان شبکه‌ای معرفی نمود. این زنجیره شامل پیوند نه‌چندان محکمی از نقش‌های مستقل است و ساختار سازمانی آن به‌صورت پویا با اهداف سازمان شبکه‌ای به‌طور یکجا و با وظایفی که باید انجام گیرد، تطبیق می‌یابد.

«منتزر» و همکاران[۳](۲۰۰۱)، مدیریت زنجیره تأمین را هماهنگی سیستماتیک و استراتژیک کسب‌وکارهای سنتی درون زنجیره تأمین با هدف بهبود عملکرد بلندمدت هر یک از شرکت‌ها و نیز زنجیره تأمین به‌عنوان یک کل تعریف نمودند. «سیمچی» و همکاران[۴](۲۰۰۸)، مجموعه‌ای از روش‌ها که برای یکپارچه‌سازی مؤثر تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و فروشگاه‌ها بکار می‌رود تا محصولات مورد نیاز به مقدار مشخص و در زمان و مکان معین تولید و به مشتریان عرضه گردد تا هزینه‌های کل زنجیره تأمین به حداقل رسیده و نیاز مشتریان با سطح خدمت‌رسانی بالایی برآورده شود را به‌عنوان تعریفی از مفهوم مدیریت زنجیره تأمین مطرح نمودند.

از نظر «استوک و بویر»[۵](۲۰۰۹)، مدیریت زنجیره تأمین نیز مدیریت شبکه‌ای از روابط در یک شرکت و بین سازمان‌های مستقل و واحدهای کسب‌وکاری است که تأمین‌کنندگان مواد، خرید، تسهیلات تولیدی، لجستیک، بازاریابی و سیستم‌های مرتبطی که جریانات روبه‌جلو و معکوس مواد، خدمات، مالی و اطلاعات را از تولیدکننده اصلی تا مشتری نهایی را شامل می‌شود و مزایای ایجاد ارزش، حداکثر کردن سودآوری از طریق کارایی و تحقق رضایت مشتری را به همراه دارد.

زنجیره تأمین بنزین دارای پنج بخش اصلی است:

(۱) استخراج و یا واردات نفت خام،

(۲) واردات بنزین،

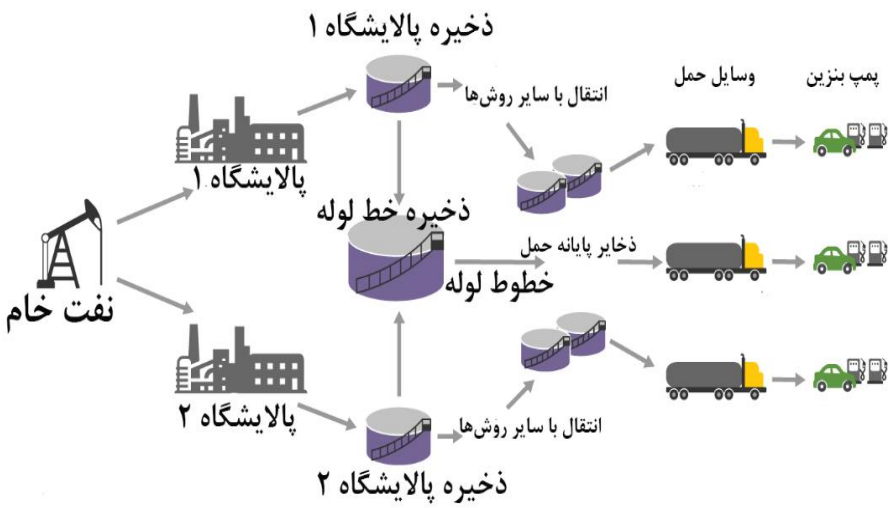
---

۱. Laudon et al.
۲. Stadtler
۳. Mentzer et al.
۴. Simchi et al.
۵. Stock & Boyer

(۳) پالایش نفت خام به بنزین،

(۴) حمل بنزین به پایانه‌های توزیع،

(۵) فروش بنزین در پمپ‌های خرده‌فروشی بنزین (شکل شماره ۱).



شکل شماره ۱. نمایی کلی از زنجیره تأمین سه سطحی بنزین (تلخیص: الفقیری و همکاران[۱] ۲۰۱۹)

بر این اساس اهم فعالیت‌های این صنعت شامل اکتشاف، تولید و توزیع است؛ بدین‌صورت که هنگامی که نفت خام استخراج یا وارد شد، به پالایشگاهی منتقل می‌شود که از نفت خام بنزین تولید می‌کند. این فاز به‌عنوان زنجیره تأمین بالادستی بنزین نامیده می‌شود که نفت خام از طریق راه‌آهن و خط لوله از مناطق تولید به پایانه‌های ذخیره‌سازی نفت خام منتقل می‌شود و در آنجا نگهداری می‌شود تا زمانی که بتوان آن را به بنزین تبدیل کرد. پس از آن، فاز بعدی است که به‌عنوان جریان میان دستی زنجیره شناخته می‌شود و حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی و فروش کلی فرآورده‌های نفتی است. خطوط لوله و زیرساخت‌های حمل‌ونقل همگی در این مرحله در نظر گرفته می‌شوند. در نهایت، آخرین مرحله جریان پایین‌دستی زنجیره است که بنزین پالایش شده مجدداً توسط خط لوله، یا سایر وسایل حمل به مراکز توزیع منتقل می‌شود که در آنجا بنزین با اتانول ترکیب شده و برای تحویل نهایی به پمپ بنزین آماده می‌شود (اداره اطلاعات انرژی آمریکا[۲] ۲۰۱۳). این فعالیت‌ها به یکدیگر مرتبط هستند و یک سیستم زنجیره تأمین گسترده و

۱. Alfaqiri & et.al.
۲. Energy Information Administration (EIA)

پیچیده را تشکیل می‌دهند. برای دستیابی به نتیجه مطلوب، مدیریت اثربخش و کارای چنین سیستمی در مقیاس بزرگ یک کشور ضروری است (کوسوما و همکاران[1]، ۲۰۱۳: ۸۶).

۲-۲-۲. پایداری در زنجیره تأمین بنزین

افزایش گسترده جمعیت در عصر حاضر، فشار قابل‌ملاحظه‌ای بر منابع موجود وارد می‌کند و تغییرات آب‌وهوایی را به میزان قابل‌توجهی تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، صنعت نفت، گاز و پتروشیمی یکی از آلاینده‌ترین صنایع در دنیا است. ازاین‌رو در این سال‌ها اجرای مؤثر شیوه‌های پایدار در زنجیره‌های تأمین این صنعت به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های مواجهه با این چالش‌های زیست‌محیطی موردتوجه پژوهشگران و فعالین این حوزه قرار گرفته است (گارداس و همکاران، ۲۰۱۹: ۳).

مدیریت زنجیره تأمین پایدار این امکان را برای سازمان‌ها ایجاد می‌کند تا به کارایی بالاتر در عملکرد لجستیک و به‌کارگیری منابع برسند درحالی‌که اهداف هر سه بعد پایداری (اقتصادی، اجتماعی و محیطی) را دنبال می‌کنند. به‌طورکلی، مدیریت زنجیره تأمین پایدار را می‌توان مدیریت جریان مواد و اطلاعات به‌علاوه همکاری میان بازیگران در سراسر زنجیره تأمین برای تحقق اهداف هر سه بعد پایداری (اقتصادی، محیطی و اجتماعی) که ناشی از الزامات و نیازمندی‌های مشتری و ذی‌نفعان است، تعریف نمود. شکل (۲) ابعاد پایداری زنجیره تأمین را نشان می‌دهد. مزایای آن عبارتند از:

(۱) مزایای اقتصادی؛

- حداکثرسازی درآمد،
- حداکثرسازی سود،
- حداقل‌سازی هزینه.

(۲) مزایای زیست‌محیطی؛

- حداقل‌سازی آلاینده‌های زیست‌محیطی و هزینه‌ها و جرائم آن،
- حداقل‌سازی مصرف انرژی،
- حداقل‌سازی ضایعات.

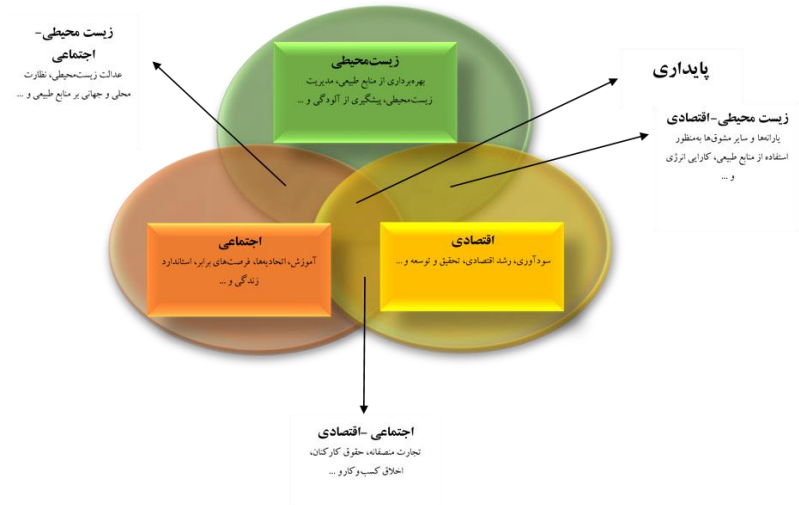
(۳) مزایای اجتماعی؛

---

۱. Kusumah & et.al.

- نرخ اشتغال و فرصت‌های شغلی،
- آموزش کارکنان،
- عدالت جنسیتی نیروی کار (جانیجو و جایاسری[1] ۲۰۲۰: ۱۰۰۲۱)

اگرچه زنجیره تأمین پایدار در حال حاضر مورد توجه بسیاری از محققان است، اما در زنجیره تأمین صنعت نفت، گاز و پتروشیمی به پایداری توجه زیادی نشده است (مرادی‌نسب و همکاران[2] ۲۰۱۸: ۸۱۸) ایران نیز دور از این وضع نبوده و توجه کمی به مفهوم پایداری در بهینه‌سازی ریاضی زنجیره‌های تأمین این صنعت شده است. همین امر موجب بقای مشکلات زیست‌محیطی و آلودگی و مصرف غیربهینه انرژی در کشور و به‌خصوص در کلان‌شهرها به همراه مسائل اجتماعی همچون نرخ بیکاری شده است.



شکل شماره ۲. ابعاد پایداری زنجیره تأمین (تلخیص: کارتر و راجرز[3] ۲۰۰۸)

۳-۲-۲. بهینه‌سازی زنجیره تأمین بنزین

مسائل بهینه‌سازی زنجیره تأمین به‌طورکلی در پی بهینه‌سازی تمامی اجزا اشاره شده در تعاریف بالا هستند که منجر به افزایش اثربخش و کارایی کل زنجیره و در نهایت افزایش سودآوری و خلق

۱. Janijo & Jayasree
۲. Moradinasab & et.al.
۳. Carter & Rogers

ارزش کل زنجیره می‌شوند. مسائل بهینه‌سازی زنجیره تأمین صنعت نفت، گاز و پتروشیمی به چندین دسته طبقه‌بندی می‌شوند.

(۱) محدوده زنجیره تأمین؛

(۲) ساختار زنجیره تأمین؛

(۳) در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی و پایداری؛

(۴) نوع مدل بهینه‌سازی؛

(۵) نوع تابع هدف؛

(۶) متغیرهای تصمیم؛

(۷) جنبه‌های زنجیره تأمین (الیا و فلوداس، ۲۰۱۴: ۱۴۹).

محدوده مسائل زنجیره تأمین را می‌توان در مواردی که زنجیره تأمین بالادستی، پایین‌دستی یا کل زنجیره را بررسی می‌کنند، دسته‌بندی کرد:

الف. سطح بالادستی به‌عنوان ساختار زنجیره تأمین تعریف می‌شود که از فرایندها و توزیع لجستیکی قبل از تبدیل مواد اولیه به محصولات انرژی پشتیبانی می‌کند:

ب. فرایندهای پایین‌دستی شامل توزیع محصولات انرژی از نیروگاه‌ها به مراکز توزیع، تأسیسات ذخیره‌سازی، پایانه‌های سوخت یا مشتریان نهایی است.

ساختار مسائل زنجیره تأمین می‌تواند همگرا، واگرا یا چند گره‌ای باشد:

الف. ساختار زنجیره تأمین همگرا بدین معناست که گره‌های متعدد مبدأ، مانند منابع، مواد را به یک تأسیسات واحد می‌رسانند.

ب. ساختار زنجیره تأمین واگرا با یک گره شروع می‌شود و مواد را به مقاصد مختلف می‌رساند. به‌عنوان‌مثال، در تخصیص پایین‌دست سوخت از یک پالایشگاه به پایانه‌های سوخت متعدد.

پ. زنجیره تأمین چند گره‌ای، مکان‌های متعددی را برای هر گره در زنجیره تأمین در نظر می‌گیرد. یک گره به‌عنوان فرایندی تعریف می‌شود که نیاز به موقعیت جغرافیایی دارد؛ خواه ثابت باشد (به‌عنوان‌مثال، مکان منابع)، یا باید تعیین شود (به‌عنوان‌مثال، محل پالایشگاه که بعد از حل مدل بهینه‌سازی تعیین می‌شود).

مدل‌سازی چند گره‌ای عمومی‌ترین نوع مدل‌سازی مسائل این حوزه است و ساختار اکثر مسائل بهینه‌سازی زنجیره تأمین را در خودپوشش می‌دهد. مسائل زنجیره تأمین ممکن است علاوه

بر ملاحظات اقتصادی شامل ملاحظات زیست‌محیطی مانند محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و/یا آلاینده‌ها باشد.

بخش بزرگی از مسائل بهینه‌سازی زنجیره تأمین به‌عنوان مدل‌های بهینه‌سازی خطی عدد صحیح مختلط (MILP) فرموله شده است. متغیرهای صفر و یک یا عدد صحیح برای تصمیمات گسسته مانند وجود و انتخاب یک پالایشگاه یا تأسیسات پیش‌پردازش، ارتباط حمل‌ونقل بین دو مکان و تعداد واحدهای حمل‌ونقل مورد نیاز در یک یال مشخص استفاده می‌شود. متغیرهای پیوسته معمولاً نرخ جریان مواد و ارقام هزینه را نشان می‌دهند. در چند پژوهش نیز مدل‌های بهینه‌سازی خطی (LP) و همچنین غیرخطی (NLP) نیز بهره‌گیری شده است. هدف از مدل‌های بهینه‌سازی، پیکربندی بهینه زنجیره تأمین است که بالاترین عملکرد را چه از نظر اقتصادی، چه از نظر زیست‌محیطی و چه از نظر اجتماعی داشته باشد.

تابع هدف مدل بهینه‌سازی ممکن است اقتصادی، محیطی، اجتماعی یا ترکیبی از عوامل فوق‌الذکر باشد. یک تابع هدف اقتصادی ممکن است به حداقل رساندن هزینه کل، حداکثر کردن سود یا حداکثر کردن ارزش خالص فعلی (NPV) زنجیره تأمین باشد. در خصوص جنبه زیست‌محیطی ممکن است هزینه انتشار آلاینده‌ها در تابع هدف گنجانده شود.

جنبه‌های زنجیره تأمین عبارت‌اند از: جنبه استراتژیک، تاکتیکی یا عملیاتی، که بستگی به مقیاس زمانی تصمیم دارد؛

الف. تصمیمات استراتژیک شامل تصمیمات بلندمدت نظیر سرمایه‌گذاری در ساخت تأسیسات یا افزایش ظرفیت است.

ب. تصمیمات تاکتیکی مانند تخصیص بهینه مواد اولیه و محصولات یا زمان ذخیره‌سازی را در نظر می‌گیرد و مقیاس زمانی ممکن است ماهانه یا سالانه باشد.

پ. تصمیمات عملیاتی شامل مقیاس‌های زمانی کوچک‌تر، مانند روزها یا هفته‌ها می‌شود و با عملیات دقیق یک تأسیسات معین سروکار دارد.

۳. روش‌شناسی تحقیق

«ساندرز» و همکاران[۱](۲۰۰۹) انواع جهت‌گیری‌های پژوهش را به سه دسته کاربردی، بنیادی و توسعه‌ای تقسیم نمودند. از طرفی، پژوهش حاضر درصدد ارائه چارچوبی جهت تدوین مدل

۱. Saunders & et.al.

پیشنهادی زنجیره تأمین پایدار بنزین کشور است. لذا از این حیث، پژوهشی کاربردی محسوب می‌شود. پژوهش‌های کاربردی دارای جنبه عملی و مستقیماً متوجه حل مشکلات جامعه و بشریت می‌باشند. علاوه بر این، پژوهش‌ها ازنظر ماهیت و کیفیت به سه دسته توصیفی، تبیینی و اکتشافی تقسیم‌بندی می‌شوند. پژوهش، حاضر پژوهشی توصیفی است؛ چراکه هدف آن توصیف کردن شرایط یا پدیده‌های مورد بررسی است و می‌تواند شناخت بیشتر شرایط موجود و یاری رساندن به فرآیند تصمیم‌گیری را به ارمغان بیاورد.

بر اساس اهداف؛ پژوهش حاضر طبق پژوهش ساندرز، از نظر فلسفه پژوهش اثبات‌گرا است، چراکه در این پژوهش اعتقاد بر این است که پدیده‌ها را می‌توان به‌صورت کمی مورد بررسی و سنجش و بهینه‌سازی قرار داد.

از نظر رویکرد، استقرایی است؛ چراکه به‌طور استقرایی از مطالعه پژوهش‌های دیگر، سفارشی‌سازی بر اساس الزامات کشور و همچنین جمع‌آوری داده‌ها به جمع‌بندی و تدوین مدل جامع پیشنهادی می‌رسد.

از نظر استراتژی پژوهش، از نوع مطالعه موردی است؛ چراکه برای دستیابی به اهداف مدنظر محقق، بایستی زنجیره تأمین بنزین را به‌عنوان مورد مطالعاتی مورد ارزیابی و تحلیل منظم، دقیق و همه‌جانبه قرار دهد.

از نظر گزینه‌های پژوهش نیز پژوهش ترکیبی است؛ چراکه از روش‌های کیفی و کمی به فراخور مراحل اجرایی کار بهره‌برداری می‌شود. اما تمرکز بیشتر روی بخش کمی این پژوهش است که چارچوب پیشنهادی بدان می‌پردازد.

از نظر افق زمانی، پژوهش نیز طولی محسوب می‌شود؛ چراکه اهداف پژوهش بر اساس بررسی داده‌ها (پژوهش‌های) صورت گرفته در طول زمان (روند) محقق می‌شوند.

روش و ابزار گردآوری داده‌ها نیز در اجرای چارچوب پیشنهادی این پژوهش عبارت از؛ مطالعه کتابخانه‌ای (مقالات، کتب، اسناد و ...)، مصاحبه و پرسش‌نامه می‌باشد.

۱-۳. چارچوب پیشنهادی پژوهش

به‌منظور دستیابی به اهداف مدنظر این پژوهش، گام‌های ارائه شده در شکل (۳) باید انجام شوند. این گام‌ها همان چارچوب مدنظر این پژوهش است. بدین منظور، در ابتدا نیز اهداف مدنظر پژوهش تشریح شده و سپس به تبیین چارچوب پیشنهادی پرداخته می‌شود.

هدف اصلی پژوهش، ارائه یک چارچوب جهت تدوین مدل بهینه‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار برای بنزین کشور (بنزین موتور) است. در این راستا اهداف فرعی در جهت دستیابی به هدف اصلی پژوهش نیز عبارت‌اند از ارائه چارچوبی جهت؛

الف. شناسایی ابعاد مختلف مسئله ارائه مدل پایدار زنجیره تأمین صنعت نفت و پتروشیمی با تمرکز بر محصول بنزین حاصل از بررسی نظام‌مند مبانی نظری (SLR) همچون: توابع هدف، محدودیت‌ها، پارامترها، متغیرها و شرایط متغیرهای مدل‌های بهینه‌سازی بکار گرفته شده در ادبیات این حوزه، فراوانی مقالات منتشرشده در طی تاریخ، نقشه ارتباطات محققین، کشورها، مؤسسات، مجلات و کلیدواژه‌های اصلی این حوزه در دنیا مطابق با آخرین و به‌روزترین نرم‌افزارهای تحلیل محتوای دیتابیس‌های علمی، برترین محققان این حوزه در طی تاریخ، برترین و پر استنادترین مقالات این حوزه در طی تاریخ، زیر حوزه‌های هدف بکار گرفته‌شده در این مسئله در طی تاریخ و... با بهره‌گیری از دیتابیس‌های اسکوپوس (کلیه مقالات معتبر بین‌المللی منتشر شده در این حوزه) مبتنی بر آخرین رویکردهای SLR روز دنیا؛

ب. بومی‌سازی و سفارشی‌سازی مدل بهینه‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار بنزین حاصل از SLR بر اساس الزامات، زیرساخت‌ها، توانمندی‌ها و محدودیت‌های حاکم بر کشور مبتنی بر به‌روزترین و سیستماتیک‌ترین رویکردهای غربالگری و سفارشی‌سازی مدل همچون دلفی فازی و با در نظر گرفتن ابعاد کانسپت‌های پایداری (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی)، در راستای تعیین میزان اندازه بهینه تولید، انتقال، ذخیره‌سازی بنزین در سراسر زنجیره در راستای برآورد تقاضای مشتریان و با در نظر گرفتن اهداف مدنظر ازجمله حداقل‌سازی هزینه، حداقل‌سازی نرخ بیکاری، حداکثرسازی صادرات به‌خصوص به کشورهای محور مقاومت، حداقل‌سازی مصرف انرژی، حداکثرسازی تولید ناخالص داخلی و ...؛

پ. وزن‌دهی/تعیین اهمیت نسبی اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و زیر مؤلفه‌های این اهداف در مدل سفارشی‌سازی بهینه‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار بنزین؛

ت. تعیین میزان بهینه متغیرهای تصمیم مدل نهایی بهینه‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار بنزین بر پایه داده‌های محقق شده (تست مدل)؛

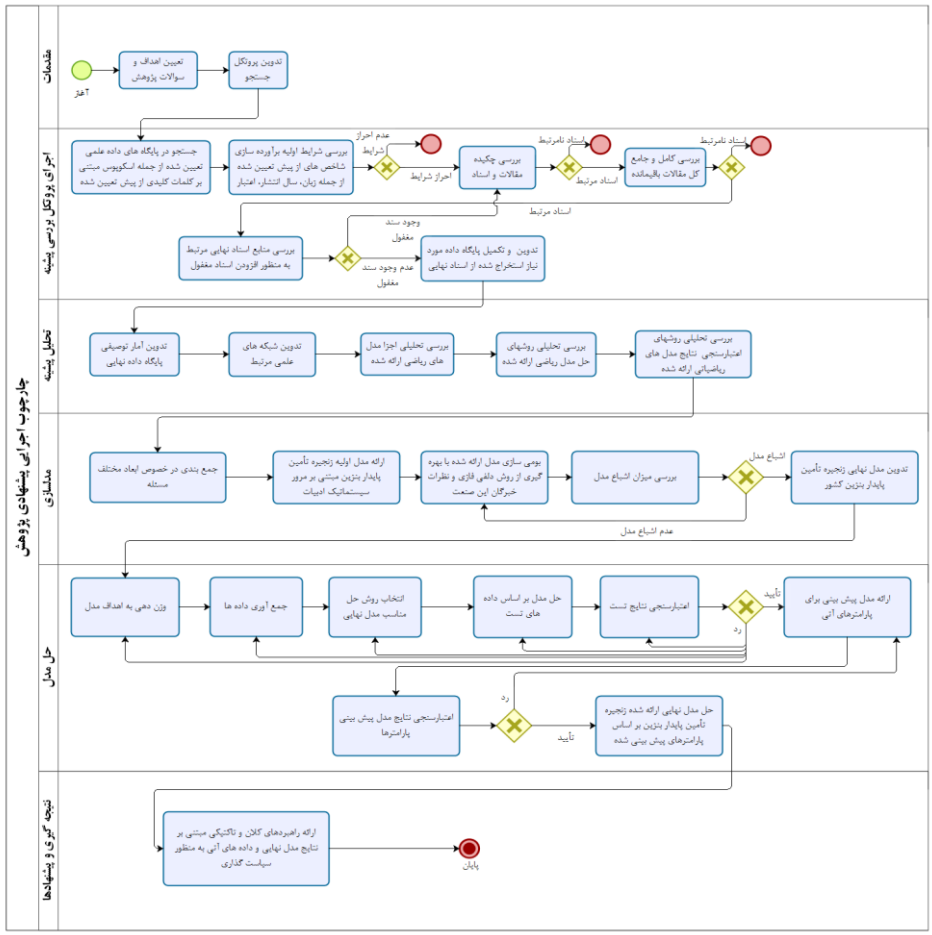
ث. اعتبارسنجی نتایج مقادیر بهینه تست مدل در راستای تبیین اثربخشی و کارایی محاسباتی مدل ارائه شده؛

ج. ارائه یک مدل پیش‌بینی پارامترهای مدل نهایی بهینه‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار بنزین برای دوره‌های آتی؛

چ. تعیین میزان بهینه آتی متغیرهای تصمیم مدل نهایی بهینه‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار بنزین بر پایه داده‌های محقق شده (مدل پیش‌بین)؛

ح. اعتبارسنجی نتایج مقادیر بهینه آتی مدل پیش‌بین بهینه‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار بنزین در راستای تبیین اثربخشی و کارایی محاسباتی این مدل؛

خ. ارائه پیشنهادهای راهبردی و تاکتیکی اجرایی و همچنین پیشنهادهای پژوهشی مبتنی بر نتایج.



شکل شماره ۳. چارچوب اجرایی پیشنهادی پژوهش

بر اساس مراحل کلی انجام پژوهش ذکر شده در شکل (۳)، جدول (۲) مراحل کلی انجام این پژوهش به همراه روش، ابزار گردآوری داده‌ها، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و همچنین مرحله/مراحل پیش‌نیاز هر مرحله از پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۲. جزئیات فرایند انجام چارچوب اجرایی پیشنهادی پژوهش

شماره مرحله	عنوان مرحله	روش و ابزار گردآوری داده و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها	پیش‌نیاز
۱	بررسی سیستماتیک پیشینه مدل‌سازی ریاضی زنجیره تأمین پایدار در صنعت نفت، گاز، پتروشیمی (تمرکز بر بنزین)؛ (آمار توصیفی، شبکه علمی، اجزا مدل، روش‌های حل مدل، روش‌های اعتبارسنجی، روش‌های مواجهه با پارامترهای دارای عدم اطمینان)	مطالعه مروری سیستماتیک ادبیات پژوهش، بهره‌گیری از پایگاه داده اسکوپوس، تحلیل با نرم‌افزارهای تحلیل سیستماتیک پیشینه همچون VOS viewer	---
۲	احصاء مدل اولیه زنجیره تأمین پایدار بنزین (اهداف، پارامترها، متغیرها، اندیس‌ها، محدودیت‌ها و شرایط متغیرها)	مطالعه مروری سیستماتیک ادبیات پژوهش	۱
۳	بومی‌سازی مدل زنجیره تأمین پایدار بنزین مبتنی بر الزامات، زیرساخت‌ها، توانمندی‌ها و محدودیت‌های کشور	بهره‌گیری از روش FDELPHI و پرسش‌نامه اختصاصی این روش و به کار گرفتن نظرات خبرگان مجرب این صنعت	۲
۴	تدوین مدل نهایی زنجیره تأمین پایدار کشور	بر اساس نتایج مدل بومی‌سازی شده خروجی روش دلفی فازی اشباع شده	۳
۵	وزن‌دهی به اهداف و سایر موارد موردنیاز	با استفاده از روش گروهی BWM و پرسش‌نامه اختصاصی این روش و به کار گرفتن نظرات خبرگان مجرب این صنعت	۴
۶	جمع‌آوری داده‌ها	بهره‌گیری از داده‌های ارائه شده توسط شرکت ملی نفت ایران و شرکت پالایش و پخش در ارتباط با پارامترها و محدودیت‌های مدل نهایی بومی شده	۴
۷	انتخاب روش حل مناسب مدل نهایی بومی‌شده	روش‌های متداول حل مسائل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه همچون برنامه‌ریزی چندهدفه فازی، برنامه‌ریزی آرمانی چندانتخابی، اپسیلون محدودیت تقویت شده و همچنین روش‌های فراابتکاری چند هدفه همچون NSGAII، MOPSO و... متناسب	۶

جدول شماره ۲. جزئیات فرایند انجام چارچوب اجرایی پیشنهادی پژوهش			
شماره مرحله	عنوان مرحله	روش و ابزار گردآوری داده و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها	پیش‌نیاز
		با مدل نهایی بومی شده و همچنین جنس و شرایط متغیرها، پارامترها و محدودیت‌های مدل نهایی و داده‌های جمع‌آوری شده	
۸	حل مدل بر اساس داده‌های تست (داده‌های محقق شده)	بر اساس روش انتخاب شده مرحله قبل	۷
۹	اعتبارسنجی نتایج تست	بر اساس روش‌های اعتبارسنجی متداول داده تست همچون مقایسه با وضع موجود و تحلیل شکاف و تبیین مزایای مدل و همچنین انجام تحلیل حساسیت در نتایج	۸
۱۰	ارائه مدل پیش‌بینی پارامترهای آتی مسئله	با استفاده از روش‌هایی همچون تحلیل سناریو، روش‌های متداول پیش‌بینی پارامتر همچون انواع روش‌های رگرسیون چندمتغیره فازی و خاکستری و همچنین روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی همچون شبکه عصبی مصنوعی متناسب با سناریوهای تدوین شده و جنس پارامترهای آتی دارای عدم اطمینان، تعداد و پیچیدگی فاکتورهای مؤثر بر پیش‌بینی آن‌ها و سری‌های زمانی داده‌های گذشته در دسترس و میزان قابلیت تسری به آینده داده‌های گذشته	۹
۱۱	اعتبارسنجی نتایج مدل پیش‌بینی پارامترها	بر اساس شاخص‌های متداول اعتبارسنجی مدل پیش‌بینی همچون MSE، MAPD، SE و ...	۱۰
۱۲	حل مدل نهایی ارائه شده زنجیره تأمین پایدار بنزین بر اساس پارامترهای پیش‌بینی شده	داده‌های پیش‌بینی شده در مرحله قبل و روش انتخابی حل در گام ۷	۱۱
۱۳	جمع‌بندی و ارائه راهبردهای کلان و تاکتیکی	بر اساس نتایج گام ۱۲ و همچنین نظرات پژوهشگر	۱۲

در راستای تحقق اهداف ذکر شده و همچنین انجام گام‌های اجرایی تشریح شده در شکل (۴) و جدول (۲)، در ابتدا باید از یکی از معتبرترین و پرکاربردترین رویکردهای SLR بهره‌گیری شود. همان‌طور که در این شکل پیداست، در ابتدا و در فاز مقدمات نیز به تدوین سؤالات و اهداف پژوهش پرداخته می‌شود. سپس بر اساس این اهداف تدوین شده، اقدام به طراحی و تدوین

پروتکل جستجوی سیستماتیک می‌گردد. پروتکل شامل برخی موارد ازجمله پایگاه‌های علمی موردنظر برای جستجو (مانند اسکوپوس[۱] وب‌آف‌ساینس[۲] گوگل اسکولار[۳] و...)، کلیدواژه‌های مورد جستجو (با رعایت قواعد منطقی جستجوی بهینه)، کیفیت اسناد منتشر شده (IF و H-index مقالات و یا اعتبار مؤسسه مجری پروژه یا ناشر کتاب)، محدوده زمانی انتشار اسناد، زبان اسناد و سایر موارد مشابه است. سپس در فاز دوم که اجرای پروتکل است، اقدام به جستجو در پایگاه‌های داده علمی مبتنی کلیدواژه‌های از پیش تعیین شده می‌شود.

سپس اقدام به بررسی وجود شرایط جامع تبیین شده در پروتکل می‌شود و بر این اساس اسنادی که شرایط پروتکل را ندارند از ادامه فرایند این پژوهش کنار گذاشته می‌شوند. اما در خصوص سایر اسناد باقی‌مانده واجد شرایط پروتکل باید به بررسی چکیده کلیه اسناد پرداخته شود. در ادامه اسنادی که با موضوع این پژوهش مرتبط هستند برای ادامه فرایند باقی می‌مانند، اما سایر اسناد نامرتبط از بررسی کنار گذاشته می‌شوند. پس از آن اقدام به بررسی کامل و جامع کلیه اسناد مرتبط باقی‌مانده به‌منظور دستیابی به دو هدف می‌شود؛

هدف اول اطمینان از اینکه در منابع این اسناد سند دیگری معرفی نشده باشد که در بین اسناد نهایی مورد بررسی این پژوهش نباشد (در صورت وجود چنین اسنادی باید اسناد جدید دریافت و مورد بررسی قرار گیرند).

هدف دوم در خصوص تدوین و تکمیل پایگاه داده مورد نیاز جهت دستیابی به اهداف پژوهش که به ارزیابی همه‌جانبه کلیه اسناد مورد بررسی از ابعاد و وجوه مختلف می‌پردازد (اعم از اطلاعات ناشر، نویسنده، مؤسسه و کشور منتشرکننده تا اطلاعات فنی مسئله اعم از اهداف، پارامترها، متغیرها، محدودیت‌ها، محصول مورد بررسی، نحوه مدل‌سازی، جنس و ماهیت مدل، روش حل مدل، روش تعیین اعتبار نتایج و...) است.

در ادامه بر اساس این پایگاه داده اقدام به ارائه آمار توصیفی، تدوین شبکه‌های علمی بر اساس نتایج نرم‌افزارهای اختصاصی این حوزه نظیر VOSviewer، بررسی تحلیلی اجزا مدل‌های ریاضی ارائه شده، روش‌های حل مدل ریاضی ارائه شده و روش‌های حل این مدل‌ها پرداخته می‌شود. در فاز بعدی این پژوهش که با نام مدل‌سازی و ارائه مدل جامع نام‌گذاری شده است، به جمع‌بندی در خصوص ابعاد مختلف مسئله، معرفی روندهای آتی و نوین این حوزه، چالش‌های این حوزه،

۱. Scopus
۲. Web of Science
۳. Google Scholar

ارائه مدل پیشنهادی بهینه‌سازی ریاضی جامع زنجیره تأمین پایدار بنزین کشور مبتنی بر این مرور سیستماتیک پرداخته می‌شود.

در ادامه باید این مدل به‌منظور تطابق و سازگاری هرچه بیشتر با الزامات، زیرساخت‌ها، توانمندی‌ها و محدودیت‌های داخل کشور سفارشی‌سازی یا بومی‌سازی شود. بدین منظور، یکی از پرکاربردترین روش‌های بومی‌سازی عوامل به نام روش دلفی فازی (FDELPHI) و استفاده از نظرات خبرگان این صنعت به‌صورت سیستماتیک مورد بهره‌گیری قرار می‌گیرد. در صورت اشباع و همگرایی نظرات خبرگان مدل نهایی زنجیره تأمین پایدار بنزین کشور شامل (اهداف، متغیرها، پارامترها، محدودیت‌ها، شرایط متغیرهای تصمیم) ارائه می‌گردد. مدل نهایی این زنجیره با توجه به در نظر گرفتن مفهوم پایداری و نظر به اینکه این مفهوم در زنجیره‌های تأمین به‌صورت توأمان به ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی زنجیره می‌پردازد، یک مسئله بهینه‌سازی ریاضی چندهدفه خواهد بود.

مسائل بهینه‌سازی از نظر تعداد توابع هدف و معیارهای بهینه‌سازی، به دو نوع تقسیم‌پذیر هستند:

الف. مسائل بهینه‌سازی تک‌هدفه،

ب. مسائل بهینه‌سازی چندهدفه.

در مسائل بهینه‌سازی تک‌هدفه، هدف از حل مسئله بهبود یک هدف یکتا است که مقدار کمینه یا بیشینه آن، کیفیت پاسخ به‌دست‌آمده را به‌طور کامل منعکس می‌کند. در دنیای واقعی به علت وجود بی‌شمار عامل اثرگذار نمی‌توان صرفاً با اتکا به یک هدف، یک پاسخ بهینه برای مسئله بهینه‌سازی را محاسبه نمود. در این نوع مسائل، باید به‌منظور حداکثر قابلیت شبیه‌سازی دنیای واقعی چندین تابع هدف را تعریف نمود و به‌طور همزمان، مقدار همه آن‌ها را بهینه کرد. در این مورد ازآنجایی‌که بیش از یک تابع هدف باید مورد بررسی قرار بگیرد، نیاز است تا مسئله با به‌کارگیری روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه مورد بررسی قرار بگیرد.

فرم عمومی این مدل‌ها به شرح ذیل است؛ به‌طوری‌که مدل دارای m تابع هدف ($m=1,2,\ldots,M$) از نوع حداکثرسازی یا حداقل‌سازی یا ترکیبی از این دو نوع است، دارای j محدودیت نامساوی ($j=1,2,\ldots,J$)، k محدودیت مساوی ($k=1,2,\ldots,K$) و n متغیر تصمیم ($i=1,2,\ldots,n$) است که در نهایت بر اساس توابع هدف و محدودیت‌ها می‌خواهیم مقادیر بهینه این متغیرهای تصمیم را محاسبه نماییم.

$$\min/\max \ f_m(\boldsymbol{x}), \qquad m=1,2,\cdots,M$$
$$\text{subject to } g_j(\boldsymbol{x})\geq 0, \quad j=1,2,\cdots,J$$
$$h_k(\boldsymbol{x})=0, \quad k=1,2,\cdots,K$$
$$\underset{\text{lower bound}}{x_i^{(L)}} \leq x_i \leq \underset{\text{upper bound}}{x_i^{(U)}}, \quad i=1,2,\cdots,n$$

پس از ارائه مدل نهایی سفارشی‌شده زنجیره تأمین پایدار بنزین کشور، نوبت به وزن‌دهی به اهداف مدل بر اساس روش‌های وزن‌دهی و تعیین اهمیت نسبی گروهی با استفاده از نظرات خبرگان این حوزه به‌صورت سیستماتیک همچون روش بهترین-بدترین بیزین (Bayesian BWM) و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی گروهی فازی (FGAHP) است. سپس نوبت به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای مدل نهایی ارائه شده مسئله از مراجع مرتبط (شرکت ملی پالایش و پخش و همچنین شرکت ملی نفت ایران) است. این داده‌ها، داده‌های محقق شده گذشته تا به امروز هستند و برای مصارفی از جمله تست و اعتبارسنجی مدل بهینه‌سازی سفارشی‌سازی شده مسئله و همچنین تست و اعتبارسنجی مدل پیش‌بینی پارامترهای آتی مسئله کاربرد دارد.

در ادامه پس از مشاهده مدل نهایی بومی شده و همچنین جنس و شرایط متغیرها، پارامترها و محدودیت‌های مدل نهایی و داده‌های جمع‌آوری شده و همچنین تطابق این شرایط با خروجی مرحله SLR در خصوص روش‌های حل مسائل زنجیره تأمین این صنعت، اقدام به انتخاب مناسب‌ترین روش حل برای مسئله این پژوهش می‌شود. به‌طورکلی عمده روش‌های حل این مسئله شامل روش‌های زیر است:

(۱) برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه فازی،

(۲) برنامه‌ریزی آرمانی چندانتخابی،

(۳) اپسیلون محدودیت تقویت شده،

(۴) روش‌های فراابتکاری چندهدفه همچون NSGAII، MOPSO و ... .

در ادامه به حل مدل نهایی مسئله بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده و همچنین روش حل انتخاب شده در مرحله قبل می‌شود. سپس نوبت به اعتبارسنجی نتایج حل مدل برای داده‌های محقق شده می‌رسد. این کار بر پایه روش‌های اعتبارسنجی متداول داده تست همچون مقایسه با وضع موجود و تحلیل شکاف و تبیین مزایای مدل و همچنین انجام تحلیل حساسیت در نتایج صورت می‌گیرد.

در ادامه باید به ارائه یک مدل پیش‌بینی پارامترهای آتی مسئله پرداخت. این کار با استفاده از روش‌هایی همچون تحلیل سناریو، روش‌های متداول پیش‌بینی پارامتر همچون انواع روش‌های رگرسیون چندمتغیره فازی و خاکستری و همچنین روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی همچون شبکه عصبی مصنوعی متناسب با سناریوهای تدوین شده و جنس پارامترهای آتی دارای عدم اطمینان، تعداد و پیچیدگی فاکتورهای مؤثر بر پیش‌بینی آن‌ها و سری‌های زمانی داده‌های گذشته در دسترس و میزان قابلیت تسری به آینده داده‌های گذشته صورت می‌گیرد. در ادامه باید به اعتبارسنجی نتایج مدل پیش‌بینی‌کننده پارامترهای آتی مسئله بر اساس شاخص‌های متداول اعتبارسنجی مدل پیش‌بینی همچون MSE، MAPD، SE و ... پرداخت.

سپس در گام آخر و یکی از مهم‌ترین گام‌ها که پایه‌گذار گام نهایی یعنی ارائه راهبردهای کلان و تاکتیکی به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران این حوزه است، باید به حل مدل نهایی ارائه شده زنجیره تأمین پایدار بنزین بر اساس پارامترهای پیش‌بینی شده مسئله پرداخت. در انتها نیز همان‌طور که گفته شد بر اساس نتایج حل این مدل پیش‌بین به ارائه پیشنهادهای راهبردی و تاکتیکی اجرایی و همچنین پیشنهادهای پژوهشی آتی پرداخته می‌شود.

بر اساس پیشنهادهای راهبردی و تاکتیکی اجرایی سیاست‌گذاران این حوزه می‌توانند مقادیر بهینه آتی متغیرهایی همچون وجود یا عدم وجود مراکز توزیع خاص در دوره زمانی خاص، مقدار نفت خام خریداری شده برای تولید بنزین در پالایشگاه در دوره زمانی خاص، مقدار تولید بنزین در پالایشگاه خاص و در دوره خاص، مقدار افزودنی‌های لازم برای خرید در پالایشگاه خاص و دوره خاص، سطوح موجودی نفت خام در پالایشگاه خاص و در دوره زمانی خاص، مقدار بنزین که از مرکز توزیع خاص به مشتری خاص در دوره خاص باید منتقل شود و ازاین‌دست تصمیمات به‌منظور حداکثرسازی اهداف پایداری همچون افزایش نرخ اشتغال، کاهش نرخ آلاینده‌ها و مصرف انرژی و کاهش هزینه‌ها و در نهایت افزایش ارزش‌افزوده زنجیره مشخص می‌شود.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱. جمع‌بندی

به‌طورکلی زنجیره تأمین بنزین شامل عناصر پیچیده‌ای است که از اکتشاف نفت تا جایگاه‌های سوخت را در برمی‌گیرد. این زنجیره تأمین دارای سه جریان بالادستی، میانی و پایین‌دستی است. جریان بالادست شامل اکتشاف و تولید است، درحالی‌که جریان میانی یک سیستم توزیع است که شامل خطوط لوله و نفت‌کش برای حمل نفت خام به کارخانه‌های پالایشگاهی است. جریان

پایین‌دستی نیز آخرین مرحله است که شامل بازاریابی، عمده‌فروشی و خرده‌فروشی است (گارداس و همکاران، ۲۰۱۹: ۲).

مدیریت زنجیره تأمین در این صنعت معمولاً یک فرایند پیچیده است و ارتباط متقابل بالایی بین این سه جریان دارد (ابدالسلام و همکاران، ۲۰۲۰: ۲) و سه سطح مهم تصمیم‌گیری را شامل می‌شود:

(۱) استراتژیک،

(۲) تاکتیکی،

(۳) عملیاتی.

تصمیمات استراتژیک به پیکره‌بندی بلندمدت زنجیره تأمین (انتخاب محل تسهیلات، تخصیص ظرفیت، انتخاب فناوری و سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت) مربوط می‌شود. تصمیمات تاکتیکی بر انتخاب کانال‌های توزیع و روش‌های حمل‌ونقل و جریان محصول از طریق شبکه و تخصیص منابع تمرکز دارد. در نهایت، تصمیمات عملیاتی نیز فعالیت‌های برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت مانند پیش‌بینی روزانه و هفتگی، نظارت بر تدارکات و حمل‌ونقل و حل خسارات و زیان‌های مرتبط با تأمین‌کنندگان و مشتریان را پوشش می‌دهد (الیا و فلوداس، ۲۰۱۴: ۱۵۱).

به‌منظور مقابله با پیچیدگی‌های موجود در زنجیره تأمین این صنعت، یکی از مهم‌ترین اقدامات نیز تلاش برای مدل‌سازی و در نهایت بهینه‌سازی این زنجیره‌ها است. این امر منجر به حداکثرسازی پوشش تقاضای مشتریان، حداقل‌سازی هزینه‌ها، حداقل‌سازی کمبود موجودی و حداکثرسازی صادرات و در نهایت بهبود عملکرد کل زنجیره می‌شود. حال با اضافه نمودن ابعاد دیگر پایداری یعنی بعد زیست‌محیطی و اجتماعی به بعد اقتصادی زنجیره‌های تأمین این صنعت، علی‌رغم افزایش بار پیچیدگی مدل‌سازی و محاسباتی بهینه‌سازی این زنجیره‌ها، عملکرد کلی زنجیره با در نظر گرفتن یک نگاه سیستمی و یکپارچه به‌تمامی ابعاد پایداری و خلق ارزش بلندمدت برای آحاد جامعه بهبود چشم‌گیری پیدا می‌کند و همچنین اهداف تشریح شده در سند راهبردی برنامه‌ریزی جامع انرژی کشور مبنی بر داشتن یک مدل جامع به‌منظور برنامه‌ریزی اثربخش و کارا در خصوص استفاده بهینه از منابع به‌منظور تأمین حداکثری تقاضای بنزین کشور با کمترین هزینه و به‌صورت پایدار با تمرکز بر توان و ظرفیت فعلی کشور کمک شایانی می‌نماید.

ازاین‌رو، هدف از پژوهش حاضر ارائه یک چارچوب جهت توسعه مدل زنجیره تأمین پایدار برای بنزین (بنزین موتور که بنا به آخرین آمار ارائه شده توسط شرکت ملی پالایش و پخش

فراورده‌های نفتی، بیشترین سهم مصرفی بنزین در کشور را از این محصول دارا است و در گزارش‌های این شرکت نیز تنها بدین مصرف پرداخته می‌شود) کشور است که در آن کلیه سطوح بالادستی، پایین‌دستی و میان دستی زنجیره (شکل شماره ۱) در مدل‌سازی مورد توجه قرار گرفته و همچنین ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی نیز در مدل مورد توجه قرار می‌گیرند. در این جهت، پس از ارائه چارچوب پیشنهادی، به تشریح دقیق هر یک از گام‌های اجرایی این چارچوب و روش گردآوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در هر یک از وظایف آن پرداخته شد.

از دیگر کاربردهای پژوهش حاضر می‌توان بدین مورد اشاره کرد که اگر فرض بر این گذاشته شود که در یکی از سناریوهای ممکن، هیچ‌گونه کسری بنزین وجود نداشته باشد، این به معنای بهینه‌بودن زنجیره تأمین این محصول در کشور نمی‌باشد و باید این موضوع مورد بررسی قرار گیرد و یکی از رسالت‌های پژوهش حاضر، بررسی این مورد است. علاوه‌براین، بهینگی‌بودن این زنجیره در غیاب اهداف و محدودیت‌های اجتماعی، زیست‌محیطی و در حضور آن‌ها نیز بایستی بررسی شود؛ چراکه می‌توان با بررسی شرایط بهینگی مقادیر تولید، ذخیره‌سازی، صادرات و... به میزان مختلفی به اهداف مدنظر اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی به‌طور توأمان دست یافت و این امر یکی دیگر از نقاط قوت این پژوهش است که به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان افق زمانی بلندمدت این زنجیره کمک می‌کند تا بتوانند در سناریوهای مختلف و با در نظر گرفتن اهداف متفاوت، اثربخش‌ترین و کاراترین تصمیم را تا حد ممکن اخذ نمایند.

در خوش‌بینانه‌ترین حالت این امکان وجود دارد که نتایج مدل ریاضیاتی این پژوهش حاکی از آن باشد که وضعیت فعلی این زنجیره بهینه است و نیاز به هیچ تغییری در ظرفیت تولید، ذخیره‌سازی، صادرات، برنامه زمانی و سیستم حمل‌ونقل و انتقال و... وجود ندارد که در این وضعیت از ارزش‌های این مدل کم نمی‌شود؛ بلکه خود رویه‌ای برای تأیید مسیر حرکتی تصمیم‌گیرندگان این حوزه است. اما در وضعیت‌های محتمل و بدبینانه این امکان وجود دارد که در متغیرهای تصمیم ذکر شده همچون تولید بنزین و همچنین میزان مقادیری از بنزین که باید از پالایشگاه‌های مورد نظر موجود به مراکز توزیع موجود در هر دوره ارسال شود، مقادیر بنزینی که از مراکز توزیع موجود به مراکز خرده‌فروشی موجود در هر دوره ارسال شود، مقادیری غیربهینگی وجود داشته باشد که اگر این میزان هرچند ناچیز باشد، به علت هزینه گزاف ناشی از فعالیت غیربهینه در این نوع زنجیره‌ها، میزان صرفه‌جویی اقتصادی و همچنین عواقب اجتماعی و زیست‌محیطی که نتایج پیشنهادی مدل ریاضیاتی این پژوهش ارائه می‌کند، در این شرایط جنگ

اقتصادی دارای ارزش فراوانی برای کشور بوده و منجر به بهبود وضعیت اقتصاد کشور و درنهایت بهبود سطح رفاه و معیشت خانوار می‌گردد و نقشی راهبردی ایفا می‌نماید. سناریو دیگر حالت‌های وجود کسری بنزین هستند که در راستای پوشش حداکثری تقاضای داخلی در بلندمدت اثربخشی خود را نشان می‌دهند.

این چارچوب پیشنهادی در مقایسه با سایر پژوهش‌های صورت گرفته در ادبیات این حوزه دارای نقاط متمایز متعددی است که اهم این موارد عبارت‌اند از:

(۱) پوشش همه ابعاد سه‌گانه پایدار (اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی) در مدل‌سازی ریاضی یعنی در توابع هدف، متغیرهای خروجی و محدودیت‌ها به‌صورت توأمان؛

(۲) در نظر گرفتن چند دوره زمانی، چند محصول و چند تابع هدف به‌منظور انعکاس هرچه بیشتر واقعیات موجود این زنجیره در کشور در مدل ریاضی پژوهش و به پیروی از آن دستیابی به نتایج اثربخش‌تر به‌منظور کمک به تصمیم‌گیری راهبردی و میان‌مدت مدیران این حوزه؛

(۳) مدل‌سازی و توجه به کل زنجیره به‌صورت هم‌زمان (جریان بالادستی، میان دستی و پایین‌دستی)؛

(۴) توجه به سه سطح تصمیم‌گیری استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی به‌صورت توأمان در مدل‌سازی ریاضی؛

(۵) توجه به بحث پیش‌بینی تقاضا در مدل‌سازی؛

(۶) توجه به پوشش حداکثری عدم اطمینان موجود در سایر پارامترها؛

(۷) توجه به اختلاف موجود در اهمیت اهداف سه‌گانه پایداری در مدل ریاضی؛

(۸) بومی‌سازی مدل بر اساس شرایط و زیرساخت‌ها و واقعیت حاکم بر جامعه،

(۹) توجه به بحث اعتبارسنجی نتایج مدل وضع موجود و همچنین مدل پیش‌بین.

۲-۵. پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود برای پژوهش‌های آتی، از چارچوب پیشنهادی این پژوهش جهت بهینه‌سازی زنجیره تأمین این محصول ارزشمند پرداخته شود. از نتایج قابل پیش‌بینی اجرای این چارچوب پیشنهادی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(۱) تحقق سیاست‌های کلی اقتصاد مقاومتی،

(۲) کاهش وابستگی به واردات بنزین مورد نیاز آتی کشور،

(۳) کمک به اخذ تصمیمات راهبردی بهینه آتی در این زنجیره و برآورده‌سازی آنچه که در سند راهبردی برنامه‌ریزی جامع انرژی کشور در خصوص برنامه‌ریزی انرژی کشور بدان اشاره شده است،

(۴) جلوگیری از بروز مشکلات حاد دفاع ملی درون‌مرزی کشور ناشی از عدم پوشش تقاضای آتی بنزین مورد نیاز جمعیت کشور و یا افزایش قیمت آتی بنزین مصرفی آن‌ها،

(۵) کاهش اثرات و عواقب زیست‌محیطی و همچنین اجتماعی،

(۶) در نهایت کاهش خروج ارز مرتبط با واردات بنزین به‌منظور پوشش تقاضای آتی مورد نیاز بنزین کشور.

همچنین برای افق زمانی بلندمدت نیز پیشنهاد می‌شود به سمت بررسی و امکان‌سنجی جایگزین‌سازی تدریجی سوخت‌های زیست‌محیطی، پایدار و تجدیدپذیر حرکت شود و چارچوب پیشنهادی پژوهش حاضر برای زنجیره تأمین سوخت‌های زیستی اجرا و پیاده‌سازی شود.

منابع

الف– فارسی

- شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران (۱۳۹۷). ***آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی‌زا***. تهران: شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران.
- بابازاده، رضا؛ پاشازاده، سیما (۱۳۹۶). «برنامه‌ریزی بهینه برای تولید، توزیع و ذخیره بنزین از پالایشگاه تا نقاط مصرف» (۱۰-۱)، ***در مجموعه مقالات سومین کنفرانس سالانه مدیریت و اقتصاد کسب‌وکار***. تهران: پژوهشکده مدیریت و توسعه پژوهشگاه فرهنگ و هنر.
- بشیری، مهدی؛ شیری، مهدیه؛ و خراسانی، هانیه (۱۳۹۳). «مسئله چندهدفه طراحی شبکه زنجیره تأمین بنزین پاک با در نظر گرفتن استهلاک مخازن، پالایشگاه‌ها و مراکز توزیع»، ***در مجموعه مقالات نخستین کنفرانس بین‌المللی پژوهش در عملیات برای تصمیم‌سازی بهینه در صنعت نفت، گاز، پتروشیمی و پالایش و پخش***. تهران.
- زرین‌پور، ناعمه؛ امیدواری، زهرا (۱۳۹۹)، «ارائه یک مدل بهینه‌سازی استوار برای طراحی استراتژیک و عملیاتی زنجیره تأمین نفت»، ***فصلنامه چشم‌انداز مدیریت صنعتی***، ۱۰ (۴۰)، ۱۹۱-۱۵۵.

ب– انگلیسی

- Abdussalam, O., Trochu, J., Fello, N., & Chaabane, A. (2020). "Supply Chain Planning in the Petroleum Industry: The Libyan Petroleum Sector Case Study". In: ***13th International Conference on MOdeling, Optimization and SIMulation: "New Advances and Challenges for Sustainable and Smart Industries***", (12-14), Nov, AGADIR, Maroc 1-9.
- Alfaqiri, A., Hossain, N. U. I., Jaradat, R., Abutabenjeh, S., Keating, C. B., Khasawneh, M. T., & Pinto, C. A. (2019). "A systemic approach for disruption risk assessment in oil and gas supply chains. International", ***Journal of Critical Infrastructures***, 15 (3), 230-259.
- Atmayudha, A., Syauqi, A., & Purwanto, W. W. (2021). "Green logistics of crude oil transportation: A multi-objective optimization approach", ***Cleaner Logistics and Supply Chain***, (1), 1-12.
- Attia, A. M. (2021). "A multi-objective robust optimization model for upstream hydrocarbon supply chain", ***Alexandria Engineering Journal***, 60 (6), 5115-5127.

- Attia, A. M., Ghaithan, A. M., & Duffuaa, S. O. (2019). "A multi-objective optimization model for tactical planning of upstream oil & gas supply chains", ***Computers & Chemical Engineering***, (128), 216-227.
- Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). "A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory,. ***International journal of physical distribution & logistics management***, 38 (5), 360-387.
- Energy Information Administration (EIA). (2013).
- Elia, J. A., & Floudas, C. A. (2014). "Energy supply chain optimization of hybrid feedstock processes: a review", ***Annual review of chemical and biomolecular engineering***, (5), 147-179.
- Gardas, B. B., Raut, R. D., & Narkhede, B. (2019). "Determinants of sustainable supply chain management: A case study from the oil and gas supply chain", ***Sustainable Production and Consumption***, (17), 241-253.
- Ghaithan, A. M., Attia, A., & Duffuaa, S. O. (2017). "Multi-objective optimization model for a downstream oil and gas supply chain", ***Applied Mathematical Modelling***, (52), 689-708.
- Janijo, K. J., & Jayasree, N. (2020). "Mathematical Modeling of Indian Petroleum Supply Chain", ***International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science***, 2 (7). 1002-1011.
- Kusumah, K. A., Ekawati, E., & Hadisupadmo, S. (2013). "Modeling and control strategy analysis of gasoline level dynamic in storage tank with nonsimultaneous product filling and withdrawal scenario". (pp. 86-91), In: ***2013 3rd International Conference on Instrumentation Control and Automation*** (ICA), IEEE.
- Laudon, K.C., & Laudon, J.P. (2004). ***Management information systems: managing the digital firm***. New Jersey.
- Lima, C., Relvas, S., & Barbosa-Póvoa, A. (2021). "A graph modeling framework to design and plan the downstream oil supply chain", ***International Transactions in Operational Research***, 29 (3), 1502-1519.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). "Defining supply chain management", ***Journal of Business logistics***, 22 (2), 1-25.
- Moradinasab, N., Amin-Naseri, M. R., Behbahani, T. J., & Jafarzadeh, H.

(2018). "Competition and cooperation between supply chains in multi-objective petroleum green supply chain: A game theoretic approach", ***Journal of cleaner production***, (170), 818-841.

- Saad, S. M., Elsaghier, E. H., & Ezaga, D. (2018). "Planning and optimising petroleum supply chain", ***Procedia Manufacturing***, (17), 803-810.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). ***Research methods for business students***. Pearson education, 5.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2008***). Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies***. New York, USA: McGraw-Hill/Irwin.
- Stadtler, H. (2005). "Supply chain management and advanced planning–basics, overview and challenges", ***European journal of operational research***, 163 (3), 575-588.
- Stock, J. R., & Boyer, S. L. (2009). "Developing a consensus definition of supply chain management: a qualitative study", ***International Journal of Physical Distribution & Logistics Management***, 39 (8), 690-711.
- Zhou, Z., Cheng, S., & Hua, B. (2000). "Supply chain optimization of continuous process industries with sustainability considerations", ***Computers & Chemical Engineering***, 24 (2-7), 1151-1158.