



پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری

دوره ۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صص ۵۶-۲۸

نوع مقاله: پژوهشی

طراحی مدل تاب‌آوری سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی با رویکرد شبیه‌سازی عامل‌بنیان

فهیمة نوروززاده قالهر^۱، میثم شهبازی^{۲*}، تورج کریمی^۳، عادل آذر^۴، سمیرا فرزنام^۵

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران
۲. استادیار، گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران
۳. دانشیار، گروه مدیریت صنعتی و تکنولوژی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی، دانشگاه تهران، قم، ایران
۴. استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۵. دکتری مهندسی شیمی، دانشکده علم و صنعت ایران، مدیریت تأمین و توزیع، شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۷

چکیده

سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی به‌عنوان آخرین بخش از زنجیره تأمین نفت و حلقه اتصال به بازار مصرف سوخت است. اهمیت تاب‌آور بودن آن به دلیل گسترده بودن این زنجیره، عدم قطعیت بازار، ماهیت خطر آفرینی و اشتعال‌زایی و نقش حیاتی آن در جریان جابجایی بار و مسافر در سطح کشور می‌باشد. در این پژوهش مدل‌سازی تاب‌آوری با نرم‌افزار شیء‌گرایی لاجیک و ترکیب شبیه‌سازی عامل‌بنیان و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) صورت گرفته و ۴ عامل جایگاه سوخت، انبار اصلی، انبار جایگزین و ناوگان حمل‌ونقل تعریف شد. شناخت فرایند توزیع و جمع‌آوری داده‌های واقعی در شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران در منطقه قم صورت گرفت. با مرور ادبیات و استفاده از نظرات متخصصین صنعت نفت، شاخص‌های سنجش تاب‌آوری تدوین شد؛ الگوی تقاضا و جریان ورود به انبار توسط تابع چگالی احتمالی مثلثی مدل‌سازی شده و روابط و رفتار بین عامل‌ها با زبان برنامه‌نویسی جاوا تعریف شده است. سه سناریو کاهش تعداد ناوگان حمل‌ونقل، کاهش ظرفیت انبار اصلی و زمان دریافت سفارش جهت سنجش اثر اختلال بر تاب‌آوری سیستم، تعریف و نتایج آن با شرایط واقعی مقایسه شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد با کاهش ۴ برابری زمان سفارش نسبت به میزان موجودی جایگاه‌های سوخت، میزان فروش از دست رفته بیش از ۹ برابر افزایش یافته است. در حقیقت سناریوی سوم بسیار چشمگیرتر از دو سناریوی دیگر در اثرگذاری بر تاب‌آوری بوده و اهمیت زمان دریافت سفارش نسبت به میزان موجودی جایگاه سوخت، در افزایش تاب‌آوری سیستم توزیع را نشان می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری، سیستم توزیع، فرآورده‌های نفتی، شبیه‌سازی چند عاملی، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)



۱- مقدمه و بیان مسئله

زنجیره تأمین به‌عنوان یک سیستم پویا و پیچیده در محیط رقابتی دنیای امروز شناخته می‌شود. علاوه بر پیچیدگی، میزان آسیب‌پذیری زنجیره تأمین نسبت به وقوع اختلالات نیز از جمله مباحث جدیدی است که امروزه مطرح شده است. کار کردن در بازار جهانی و تغییرات مستمری که به دلیل نوآوری‌های تکنولوژیک، نیازهای مشتریان و افزایش تغییرپذیری تقاضا روی می‌دهد؛ اختلالات بالقوه همانند عوامل طبیعی و غیر قابل انتظار، بلایای ساخته دست بشر مثل زلزله، آتش سوزی، خرابی تجهیزات، اعتصابات کارگری، بحران اقتصادی و یا حمله‌های تروریستی که اثر تخریبی زیادی بر زنجیره تأمین داشته و دلیل رخداد اختلال در زنجیره تأمین است. این قبیل حوادث احتمال وقوع کمی دارند؛ اما در صورت وقوع، اثرات مالی بسیار زیادی دارند. زنجیره تأمین باید به بهبود توانائی پاسخ‌گوئی سریع و مؤثر به‌منظور پیشگیری از هزینه‌های ناشی از تغییرات پیش بینی نشده بیاورد. بدین منظور تصمیم‌سازان، مفهوم تاب‌آوری را در هنگام طراحی و برنامه‌ریزی زنجیره تأمین برای غلبه بر اختلالات و پیچیدگی‌ها مطرح نمودند [۷؛ ۳۰؛ ۱۸].

زنجیره تأمین نفت نوع خاصی از زنجیره تأمین است و منحصر به‌فرد بودن آن به دلیل اندازه، پیچیدگی، اهمیت اقتصادی و اجتماعی این صنعت است. زنجیره تأمین نفت زمینه ناپایداری دارد که تحت تأثیر آشفتگی وابسته به جغرافیای سیاسی^۱، رقابت جهانی و نوسانات قیمت است [۳۴]. فعالیت‌ها از اکتشاف تا تبدیل در پالایشگاه‌ها و توزیع فرآورده با شبکه‌های لجستیک بزرگ پوشش داده شده و شامل تولید، حمل‌ونقل، تبدیل به چندین محصول پالایشی و توزیع در بازار بین‌المللی می‌شود [۳۲؛ ۳۴]. با توجه به ماهیت زنجیره تأمین نفت وجود اختلال در هر سطح زنجیره آثار غیرقابل جبران و شدیدی به‌همراه دارد و طراحی مدل تاب‌آوری سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی به‌منظور ایجاد یک زنجیره تأمین یکپارچه و تاب‌آور در صنعت نفت با هدف افزایش حاشیه سود و کاهش هزینه‌ها، کاهش موجودی و بهبود فرایند تصمیم‌گیری ضروری به‌نظر می‌رسد.

بررسی ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین نفت از اکتشاف گرفته تا استخراج، پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی، مستلزم بررسی عملیاتی پیچیده و پویا است که به‌علت گستردگی جغرافیائی و عملیاتی، چندمحصولی بودن زنجیره، حجم بالای داده‌های مورد نیاز و جمع‌آوری آن، مستلزم صرف زمان و هزینه‌های تحقیقاتی است. با بررسی تحقیقات پیشین، به‌ندرت تحقیقی یافت شد که در حوزه تاب‌آوری^۲ زنجیره تأمین نفت منتشر شده باشد [۴؛ ۳۰]. در اکثر شرکت‌های نفتی همانند صنعت نفت ایران و شل^۲، کل فرایند زنجیره تأمین نفت از استخراج فرآورده تا تحویل فرآورده به مشتری (سه بخش بالادستی، میان‌دستی و پائین‌دستی) توسط خود شرکت انجام می‌شود. به‌همین دلیل طراحی زنجیره تأمین برای شرکت‌های نفتی هنوز به‌عنوان یک چالش بزرگ مطرح است [۴۱]. در بخش

^۱ Geopolitics

^۲ Shell Oil Company

^۳ Resilience



پائین‌دستی زنجیره تأمین نفت، احتمال وقوع ریسک، به دلیل ماهیت پیوسته جریان فرآورده های نفتی در فرایندهای مختلف سیستم توزیع بالا بوده؛ می‌تواند ناشی از تصمیمات پالایشگاه در خصوص زمان و اندازه ناوگان، میزان ذخیره‌سازی فرآورده، مقدار و زمان انتقال به مجاری عرضه و مشتریان نهایی باشد. بنابراین ارائه مدل تاب‌آوری مناسبی برای سیستم توزیع و سناریوسازی ریسک عملیاتی و اختلال‌هایی که ممکن است اتفاق بیفتد و تعریف شاخص‌های تاب‌آوری متناسب با آن، ضروری به‌نظر می‌رسد.

در این مقاله در بخش ادبیات تحقیق مروری بر مباحث مدیریت زنجیره تأمین نفت، مدیریت ریسک، اختلال و تاب‌آوری در زنجیره تأمین و تشریح روش عامل‌بنیان داشته و سپس با بیان روش تحقیق و انتخاب شاخص‌های تاب‌آوری سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی و شناسایی رفتار و قوانین این سیستم، به طراحی مدل شبیه‌سازی برای تاب‌آوری سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی با استفاده از مدل‌سازی عامل بنیان پرداخته است. در این تحقیق از نرم افزار انی لاجیک برای مدل‌سازی استفاده و پس از اعتبارسنجی مدل، سه سناریو به‌منظور بررسی اثر اختلال بر تاب‌آوری سیستم توزیع طراحی و هر سناریو با سه حالت بررسی و نتایج آن تحلیل شده است.

۲- مروری بر ادبیات و مبانی نظری تحقیق

۱-۲- مدیریت زنجیره تأمین نفت

زنجیره تأمین نفت از سه بخش بالادستی، میان‌دستی و پائین‌دستی تشکیل شده است. بخش بالادستی شامل اکتشاف، حفاری، استخراج و عملیات نفت خام و انتقال به مخازن ذخیره‌سازی؛ بخش میان‌دستی شامل حمل‌ونقل نفت خام از طریق خطوط ریلی، دریائی، خطوط لوله و تانکرهای نفت‌کش به پالایشگاه‌ها و انجام عملیات پالایش و تولید انواع مختلف فرآورده و ذخیره‌سازی در مخازن پالایشگاه‌ها و تحویل آن به بخش پائین‌دستی و توزیع و پخش محصولات فرآوری شده نفت خام مثل بنزین به جایگاه‌های سوخت و... در پائین‌دست زنجیره است [۳۴؛ ۳۲]. گستردگی کانال‌های توزیع و تحویل فرآورده به مشتری نهائی؛ ماهیت پیوستگی، سیال بودن و خطرآفرین بودن آن؛ داشتن تجهیزات گران قیمت، خدمات لجستیک ویژه با نگهداری خاص و عملیات با کارکنان ماهر؛ تأثیرپذیری از فاکتورهای سیاسی، کنترل دولت‌های محلی و اثرگذاری بر وضعیت مالی کشورها، اعتبار عمومی و حفظ تأمین به اندازه کافی، از جمله ویژگی‌هایی است که ریسک در بخش پائین‌دستی زنجیره تأمین را بالا می‌برد [۳۸]. این قبیل ویژگی‌ها، نیاز به کاهش ریسک و اقدامات ویژه برای جلوگیری از وقوع حوادث و اختلال را در این بخش می‌طلبد.

۲-۲- مدیریت ریسک، اختلال و تاب‌آوری در زنجیره تأمین

برای مفهوم ریسک پژوهشگران تعاریف و دسته‌بندی‌های مختلف ارائه و به بیان انواع مختلف ریسک، متدولوژی‌ها، ابزارها و استراتژی‌های مختلف کاهش و مدیریت آن پرداخته‌اند. برخی محققان اعتقاد



دارند اجماعی در مورد تعریف ریسک و مدیریت ریسک زنجیره تأمین وجود ندارد [۲۵]. به نقل از ایزو/آی ای سی^۱ (۲۰۰۲) راهنمای ۷۳، ریسک ترکیب احتمال یک حادثه و پیامدهای آن است. در این دیدگاه ریسکی که توسط محصول مشخص می‌شود "احتمال ضرب در اثر هست". گورس^۲ (۲۰۰۶) ریسک را شامل خطر، حالت سیستم و پیامدها (نتایج) و دارای مفهومی پویا و چند وجهی می‌داند. آسیب‌پذیری^۳ و اختلال بخشی از فرایند وقوع ریسک هستند و اختلال، نتیجه‌ی حادثه خطرآفرین^۴ و آسیب‌پذیری سیستم بوده و پیامدهایی^۵ در سیستم به‌دنبال دارد [۱۴]. [۵۱] ریسک زنجیره تأمین را به دو دسته ریسک‌های عملیاتی و ریسک‌های اختلال تقسیم کرده است. ریسک عملیاتی از هماهنگی ضعیف بین موجودیت‌های زنجیره تأمین ناشی می‌شود. این‌ها ریسک‌های کم تأثیر ولی پر تکرار هستند. ریسک اختلال حادثی است که از محیط اطراف سیستم ناشی و منجر به اختلال در فعالیت‌های زنجیره تأمین می‌شود. این ریسک‌ها شامل بلایای محیطی، حوادث غیرمترقبه عملیاتی، بی‌ثباتی سیاسی، بحران اقتصادی، اعتصابات کارگری، ورشکستگی تأمین کننده، شکست اطلاعاتی، حملات دزدی دریایی، جنگ و تروریسم می‌شود. این دسته ریسک، پیامدهای اقتصادی و اجتماعی و دوره‌های بهبودی طولانی مدت داشته و دارای تأثیر زیاد بوده ولی کم تکرار هستند [۴۲؛ ۱۱؛ ۲۵؛ ۱].

مهمترین ضعف مدیریت ریسک، در پیش‌بینی حوادث با احتمال وقوع کم و پیامدهای بالاست^۶. چرا که مدیریت ریسک نمی‌تواند با حوادث غیر قابل پیش‌بینی برخورد کند. تاب‌آوری که مفهومی در حال تکامل و متفاوت از مدیریت ریسک سنتی است، این شکاف به‌وجود آمده را پر کرده و اختلالات پیش‌بینی نشده و دارای عدم قطعیت را کنترل می‌کند. بنابراین باید با انجام اقدامات پیشگیرانه و استراتژی‌های مدیریت ریسک و ابزارهای مناسب، نقاط آسیب‌پذیر در زنجیره تأمین را شناسایی کرده و با مدیریت آن، زنجیره تأمین را تاب‌آور ساخته و با تبدیل فرایندها به فرایندهای استوار^۷، به افزایش توانمندی برای حفظ سطحی از عملکرد و رسیدن مجدد به پایداری در مواجهه با حوادث و آشفتگی‌های احتمالی پرداخت [۴۵؛ ۱۰؛ ۱۴؛ ۵].

۲-۲-۱- تاب‌آوری زنجیره تأمین

تاب‌آوری مفهومی گسترده و بین رشته‌ای است که در بسیاری از رشته‌ها مثل مهندسی، علوم محیطی و تحقیقات سازمانی به‌کاربرده می‌شود. نمونه‌ای از مجموعه تعاریف تاب‌آوری در علوم مختلف در جدول (۱) ارائه شده است. تاب‌آوری در زنجیره تأمین مفهومی نسبتاً جدید بوده و به‌همین دلیل محققان و متخصصان به‌طور فزاینده‌ای این مفهوم را در زمینه زنجیره تأمین مورد کاوش و بررسی قرار داده تا به یک چارچوب مفهومی برای آن دست یابند [۴۵؛ ۴۲]. در بیشتر تعاریف تاب‌آوری به‌عنوان توانایی

^۱ ISO/IEC

^۲ Gource

^۳ Vulnerability

^۴ Hazard events

^۵ Consequence

^۶ low-probability, high-consequence (LP/HC)

^۷ Robust



یک سیستم برای بازگشت به حالت اولیه یا شرایط جدید و مطلوب‌تر، یا ادامه کار و بهبود عملکرد پس از ایجاد اختلال تعریف می‌شود [۱۰؛ ۴۴، ۵۱؛ ۵۵]. این محققان تهدیدات را فاکتورهای غیرمنتظره، ناخواسته، پنهان و نامطلوبی می‌دانند که در یک حادثه تصادفی (اختلال) خود را نشان می‌دهند. تاب‌آوری باید با غلبه بر تهدیدات به وضعیت پایداری برسد. رویکردهای تاب‌آوری دو هدف دارد. غلبه بر حالت‌های نامطلوب سیستم آشفته در یک دوره زمانی و با یک هزینه قابل قبول؛ کاهش اثر آشفتگی با تغییر سطح اثربخشی تهدید بالقوه که این دو با توسعه توانمندی پاسخگوئی از طریق افزونگی و انعطاف‌پذیری تحقق می‌یابد [۸].

تاب‌آوری یک نتیجه است و یک سیستم مدیریت یا فرایند، استراتژی یا سنجش قابل پیش‌بینی و معادل مدیریت اورژانسی یا مستمر^۱ کسب‌وکار نیست. بسته به زمینه تغییر می‌کند و با سنج‌ها و امتیازهای ثابت قابل اندازه‌گیری نیست. مفهومی پویا بوده که با توجه به تغییرپذیری محیط خارجی و توانمندی‌های سازمانی در طی زمان تغییر و عوامل زیادی در آن نقش داشته که با تغییر شرایط و اهمیت هر کدام تاب‌آوری نیز تغییر می‌کند [۱۹]. به‌طور خلاصه می‌توان تاب‌آوری زنجیره تأمین را پاسخی در برابر ریسک‌هایی که در زنجیره تأمین اتفاق می‌افتد، دانست. به‌ویژه اقدامی اساسی درباره ریسک‌های اختلال با پیامدهای بسیار منفی است [۱۴]. بیشتر محققین براین باورند که تاب‌آوری بر غلبه و بازگشت از حوادث مختل‌کننده^۲ تأکید داشته و نه فقط بر مقاومت، کاهش و کنترل آن حوادث [۱۰؛ ۱۲؛ ۴۲].

جدول ۱. تعاریف تاب‌آوری از دیدگاه‌ها و منابع مختلف (منبع: نویسندگان)

ردیف	زمینه تعریف	تعریف تاب‌آوری	منابع
۱	تکنولوژی و مهندسی	قابلیت ارتجاعي: توانایی یک ماده برای بازگشت به حالت اولیه خود پس از تغییر شکل	[۳۹]
۲			
۳	سیستم‌های زیست‌محیطی	معیار ماندگاری یک سیستم و توانایی آن در جذب تغییرات و آشفتگی‌ها با حفظ روابط بین جمعیت یا متغیرهای حالت	[۲۶]
۴	سیستم‌های اجتماعی	ظرفیت یک سیستم، اجتماع یا جامعه به‌طور بالقوه برای انطباق و عملکرد در برابر ریسک محیطی جدید	[۴۲]
۵	سیستم	توانایی سیستم برای ادامه کار و بازگشت به وضعیت پایدار جدید بعد از یک حادثه تصادفی و یا یک اختلال بزرگ و بهبود عملکرد پس از آن اختلال	[۵۱] [۵۵]
۶		توانایی یک سیستم چند منظوره برای حفظ ارزش متغیرهای حالت آن در یک دامنه‌ای از جذب آشفتگی‌ها	[۱۷]
۷		توانایی درونی یک سیستم برای تنظیم عملیاتش قبل، در طی و همراه با تغییرات و آشفتگی‌ها و حفظ عملیات در هر دو وضعیت قابل انتظار و غیر قابل انتظار	[۲۷]
۸		ظرفیت شرکت یا مجموعه‌ای از موجودیت‌های کسب و کار برای زنده ماندن، تطبیق و رشد در برابر آشفتگی و عدم قطعیت	[۲۳]

^۱ continuity or emergency management

^۲ Disruptive



منابع	تعریف تاب‌آوری	زمینه تعریف	ردیف
[۴۲]	ظرفیت تنظیم و حفظ عملکردهای مطلوب تحت شرایط چالش برانگیز و قابلیت تحول سریع بدون اثرات نامطلوب بر سازمان	سازمان	۹
[۴۴]	توانایی یک سیستم برای بازگشت به حالت اولیه یا شرایط جدید و مطلوب‌تر، پس از ایجاد اختلال		۱۰
[۱۲]	پاسخی در برابر ریسک‌هایی است که در زنجیره تأمین اتفاق می‌افتد.	سیستم‌های زیست‌محیطی، زنجیره تأمین	۱۱
[۴۷]	شناسایی منابع بالقوه ریسک و اجرای استراتژی‌های مناسب به یک روش هماهنگ شده بین اعضای زنجیره تأمین به منظور کاهش آسیب پذیری	زنجیره تأمین	۱۲

۲-۳- مدل‌سازی عامل بنیان

شبیه‌سازی عامل بنیان به رشته‌های زیادی از جمله علم پیچیدگی، علم سیستم‌ها، پویایی سیستم، علم کامپیوتر و علم مدیریت و مدل‌سازی و شبیه‌سازی ارتباط دارد. بعد از دو شاخه معروف شبیه‌سازی یعنی شبیه‌سازی گسسته پیش‌آمد (فرآیندگرا) و شبیه‌سازی پویایی سیستم‌ها (SD) که از عمر آن‌ها حدود ۵۰ سال می‌گذرد، در اوایل دهه ۲۰۰۰، نسل سومی از مدل‌های شبیه‌سازی به نام "شبیه‌سازی عامل بنیان" معرفی شدند. این روش به این دلیل استفاده می‌شود که می‌توانند به صراحت پیچیدگی ناشی از رفتارها و تعاملات فردی را که در دنیای واقعی وجود دارد، دربرگیرند [۳۶:۶]. بنابراین برای تبیین مدل از روش شبیه‌سازی عامل بنیان استفاده شد تا عدم قطعیت و پیچیدگی‌های بازار توزیع را با توجه به ویژگی‌های این روش و توجه به رفتار بین عامل‌های مدل، در آن به تصویر کشید.

مدل‌سازی عامل بنیان روشی است که آزمایشات شبیه‌سازی اطراف یک مجموعه "عامل‌های" مستقل ساخته شده است. این عامل‌ها با یکدیگر و محیط‌شان تعامل داشته؛ اثرپذیر و اثرگذارند؛ تصمیم‌گیرنده هستند یا می‌توانند نباشند و سناریوهای جهان واقعی را تقلید می‌کنند. اهداف مشخصی داشته که رفتارشان را هدایت می‌کند. توانایی یادگیری و تطبیق رفتار دارد و برای پیچیدگی‌های دنیای امروز مناسب است و رفتارشان می‌تواند حین شبیه‌سازی تغییر کند [۳۶:۳۷]. هدف شبیه‌سازی چند عاملی دنبال کردن تعاملات عامل‌ها در محیط مصنوعی‌شان و فهم فرایندها از طریق الگوهایی است که در کل محیط ظاهر شده‌اند. هر عامل به‌طور جداگانه وضعیت خود را ارزیابی کرده و بر اساس یک مجموعه از قوانین تصمیم می‌گیرد و دارای ویژگی‌های مختلفی است [۳۲:۳۷]. با این روش می‌توان ریسک‌های زنجیره تأمین را در رفتار عامل‌ها به‌صورت طبیعی مدل‌سازی کرده و در یک محیط شبیه‌سازی و تحلیلی گسترده با راه‌اندازی محدودیت‌ها و راه‌حل‌های جایگزین ریسک‌های مختلف را کنترل نمود [۹]. به‌طور معمول برای بررسی عدم قطعیت تقاضا در مدل‌های تحلیلی و ریاضی، بسته به عدم قطعیت تصادفی^۱ یا شناختی و سطح شناخت و پیچیدگی مسئله و میزان دسترسی به داده‌های تاریخی یکی از

^۱ Stochastic or random



روش‌های محاسبه عدم قطعیت که عبارت‌اند از روش استواری^۱، احتمالی و نظریه امکان یا اعداد فازی و یا خاکستری استفاده می‌شود [۵۳؛ ۴۹؛ ۳۱]. معروف‌ترین مدل‌ها که در اکثر تحقیقات زنجیره تأمین و زنجیره تأمین نفت از آن‌ها استفاده شده است مدل‌های تحلیلی و برنامه‌ریزی ریاضی هستند. در تحقیقات مشابه، از ریاضیات فازی برای عدم قطعیت موجود در داده‌ها استفاده شده است [۲۱؛ ۱۳؛ ۵۴؛ ۳]. اما محققان بر این باورند که مدل‌های شبیه‌سازی زمانی که پارامترها قابل مدیریت نبوده و زیاد هستند، اثرات غیرخطی و غیرقابل مشاهده‌اند و وابستگی‌های زمانی و علی زیادی وجود داشته و رفتارها و عدم قطعیت (در سیستم‌های تصادفی) وجود دارد پاسخ مناسب‌تری برای حل این مسائل خواهد بود [۲۲؛ ۳۶]. بنابراین در این تحقیق برای مدل‌سازی سیستم توزیع بنزین از شبیه‌سازی استفاده شد. از طرفی مدل‌سازی زنجیره تأمین در دسته‌بندی [۲۲]، از نظر سطح خلاصه‌سازی در سطح متوسط قرار دارد. جزئیات در این سطح متوسط بوده و سطح میانی و تاکتیکی را در بر می‌گیرد. در بین روش‌های شبیه‌سازی یعنی پویایی‌شناسی سیستمی، مدل‌سازی گسسته-پیشامد و عامل‌بنیان، پویایی‌شناسی سطح خلاصه‌سازی بسیار بالایی داشته، گسسته-پیشامد در سطح خلاصه‌سازی متوسط رو به پایین قرار داشته و در این بین مدل‌سازی عامل‌بنیان در میانه این تقسیم‌بندی قرار دارد. بنابراین این روش انتخاب خوبی برای شبیه‌سازی زنجیره تأمین به‌نظر می‌رسد [۲۲].

۳- پیشینه تجربی تحقیق

با بررسی تحقیقات پیشین، شاخص‌های زیادی برای سنجش تاب‌آوری شناسایی و دسته‌بندی شد. این شاخص‌ها در زنجیره تأمین‌های مختلف متفاوت بوده و محققانی چون [۳۰؛ ۳] به ارزیابی و رتبه‌بندی آن پرداخته‌اند. در جدول (۲) این شاخص‌ها در سطوح مختلف زنجیره تأمین ارائه شده است. جدول ۲. شاخص‌های تاب‌آوری در سطوح مختلف زنجیره تأمین (منبع: نویسندگان)

سطوح زنجیره تأمین	شاخص‌های تاب‌آوری	منابع
تقاضا	به‌تعویق انداختن	[۷، ۵۲]
	مدیریت مبتنی بر تقاضا	[۸، ۲۸، ۵۲]
	کنترل تقاضای محصول	[۵۲]
	در معرض تماس بودن با مشتری	[۵۲]
	سطح سرویس‌دهی به مشتری	[۵۴، ۷]
تأمین	تحویل به‌موقع و موجودی پائین	[۳۹، ۴۴]
	استراتژی مبتنی بر تأمین	[۴۴]
	انعطاف‌پذیری در تأمین	[۳۹، ۱۴، ۲۸، ۵۲]
لجستیک	سرمایه‌گذاری ذخایر استراتژیک	[۲۸، ۵۲]
	انعطاف‌پذیری در حمل‌ونقل	[۷، ۵۲، ۸]

^۱ Robust



منابع	شاخص‌های تاب‌آوری	سطوح زنجیره تأمین
[۸]	حفظ ناوگان حمل‌ونقل اختصاصی	کل زنجیره تأمین
[۷]	جریان حمل‌ونقل داخلی و بیرونی	
[۱۹، ۱۴]	مقاومت- استواری	
[۱۹]	قابلیت اطمینان	
[۱۹، ۷، ۴۲]	افزونگی	
[۱۹، ۳۹، ۴۲]	انعطاف‌پذیری	
[۴۲، ۱۰، ۴۴]	مهندسی مجدد زنجیره تأمین	
[۴۲، ۴۴، ۱۰]	همکاری	
[۱۰]	چابکی	
[۱۰، ۴۴، ۲۸، ۴۲]	پدیداری (رؤیت‌پذیری)	
[۴۴، ۱۰]	سرعت	
[۴۲، ۳۹، ۴۴، ۱۰]	ایجاد فرهنگ مدیریت ریسک	
[۷، ۵۴]	ارزش خالص فعلی مورد انتظار و سرمایه‌گذاری	
[۵۴]	کیفیت کل خدمات	
[۳۹]	اقدامات شش سیگما	
[۳۹]	تولید ناب	
[۱۴]	بازیابی	

عدم کمبود موجودی^۱ و داشتن منابع انعطاف‌پذیر یکی از مهمترین شاخص‌های داشتن سیستم توزیع تاب‌آور است که محققان زیادی همانند [۴۴:۵۲؛ ۲۸:۱۹؛ ۳۹:۱۴؛ ۵۴] به آن اشاره داشتند. یکی دیگر از عوامل و شاخص‌های مهم در بخش پائین دستی زنجیره تأمین داشتن حمل‌ونقل انعطاف‌پذیر است [۵۲:۸؛ ۷] که با مواردی از جمله تصمیمات ذخیره‌سازی و حمل‌ونقل با تعداد دفعات حمل، اندازه ناوگان حمل‌ونقل و حجم هر واحد حمل و زمان مورد پذیرش توقف قابل ارزیابی بوده و از عوامل اثرگذار بر شاخص‌های کمی سنجش تاب‌آوری سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی است. عامل مهم دیگر در حفظ تاب‌آوری در بخش پائین دستی زنجیره تأمین، بالا بردن سطح سرویس‌دهی به مشتری می‌باشد [۷:۵۴]. پدیداری موجودی نهائی و شرایط تقاضا و عدم قطعیت تقاضا به گفته محققانی چون [۴۴:۵۲؛ ۲۸:۸؛ ۳۹:۴۲] به عنوان ریسک عملیاتی سیستم شناخته شده و از جمله عواملی است که می‌تواند باعث داشتن یک سیستم غیرتاب‌آور در توزیع فرآورده‌های نفتی شود. استراتژی مدیریت مبتنی بر تقاضا برای کنترل ریسک استفاده شده و در طراحی زنجیره تأمین تاب‌آور مورد توجه قرار می‌گیرد. عواملی که باعث ایجاد پیچیدگی و عدم قطعیت در زنجیره تأمین نفت می‌شوند به دو دسته عوامل ذاتی و محیطی تقسیم می‌شوند؛ مواردی مثل ماهیت فرآورده، اشتعال‌پذیری، اعتصابات کارگری و اجتماعی

^۱ Stock out



و جریانات لجستیک خاص انتقال فرآورده باعث ایجاد پیچیدگی شده و عوامل عملیاتی نظیر اندازه موجودی، ظرفیت ذخیره‌سازی، تغییرات تقاضا، پراکندگی توزیع، تصمیمات حمل‌ونقل و مقدار و زمان عرضه که باعث ایجاد عدم قطعیت می‌شوند [۵۱؛ ۳۸؛ ۱۲؛ ۳۲]. این دو دسته عوامل به‌ترتیب در بروز ریسک‌های اختلال و عملیاتی در بخش پائین دستی نفت مؤثر هستند. با مدل‌سازی تاب‌آوری سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی، هدف آن است که از وقوع اختلالات پیشگیری شده و یا در صورت وقوع اختلال حداقل آسیب‌پذیری در سیستم حادث شود و سیستم توزیع حداکثرسازی تاب‌آوری را داشته باشد.

بررسی تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که در بیشتر تحقیقات مدل‌سازی زنجیره تأمین نفت به‌طور همزمان به بررسی هر سه بخش زنجیره تأمین نفت و یا فقط بخش بالادستی و یا دو بخش میان‌دستی و پائین‌دستی نفت پرداخته‌اند و تحقیقاتی که به بررسی زنجیره تأمین بخش پائین‌دستی نفت پرداخته محدود است. در ایران به‌ندرت تحقیقی در زنجیره تأمین نفت انجام شده است. با بررسی ادبیات تحقیق سه پژوهش در این حوزه یافت شد. اما پژوهشی که به مدل‌سازی سیستم تاب‌آوری توزیع فرآورده‌های نفتی و بخش پائین‌دستی صنعت نفت پرداخته باشد، در ادبیات خارجی و داخلی یافت نشد. بیشتر تحقیقات موجود در زنجیره تأمین نفت به بررسی پایداری آن کفایت نموده و در حوزه تاب‌آوری که مفهومی بسیار متفاوت و گسترده‌تر از آن است، وارد نشده‌اند.

علی‌رغم افزایش علاقه به موضوع تاب‌آوری، تاب‌آوری زنجیره تأمین یک حوزه تحقیقی بزرگ، کشف نشده و جدیدی است. بیشتر مقالات بینش کیفی به مسائل داشته و معیارهای کمی بسیار کمی ارائه شده است. در ایران دو تحقیق در حوزه مدل‌سازی زنجیره تأمین تاب‌آور صورت گرفته و یک تحقیق به ارائه مدل مفهومی آن پرداخته است. همچنین با جستجوهای گسترده در پایگاه داده‌های معتبر تاکنون تحقیقی که در صنعت نفت تاب‌آوری زنجیره تأمین را با استفاده از مدل‌سازی عامل‌بنیان بررسی کند یافت نشد. بدین منظور روش مدل‌سازی عامل‌بنیان استفاده خواهد شد تا با بررسی رفتار عامل‌ها که همان اعضای سیستم توزیع (انبارها، مجاری عرضه، شرکت‌های حمل‌ونقل و ...) هستند، به بررسی سیستم توزیع و اخذ تصمیمات بهینه در هر حلقه و در کل سیستم پرداخته و مدل تاب‌آوری مناسبی در شرایط عدم قطعیت و متغیر این صنعت ارائه داد. به‌ویژه در تحقیقات داخلی نیز تاکنون این موضوع مورد بررسی قرار نگرفته و موضوع جدیدی بوده و مجال تحقیق برای آن فراهم است. تحقیق پیش‌رو در نظر دارد که با وارد کردن شاخص‌های تاب‌آوری به مدل توزیع فرآورده‌های نفتی در این بخش از زنجیره از ابتدا تا انتهای آن، به‌طور کمی تاب‌آوری را سنجیده و از نتایج حاصل از شبیه‌سازی، بصورت عملی در شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران به‌عنوانی سطحی از زنجیره تأمین صنعت نفت در بخش پائین‌دستی استفاده گردد. جدول (۳) شکاف پژوهش و نوآوری آن را در مقایسه با تحقیقات پیشین تاب‌آوری و صنعت نفت و با روش‌های پژوهش متفاوت و در بخش‌های مختلف صنعت نشان داده شده است.



جدول ۳. خلاصه تحقیقات و ادبیات پیشین، مقایسه با تحقیق حاضر-شکاف تحقیق (منبع: نویسندگان)

مطالعه موردی	شبیه سازی		برنامه ریزی ریاضی			تاب‌آوری	زنجیره تأمین نفت			شکاف تحقیقات محققان
	مونت کارلو	عامل بنیان	Robust- Stochastic	هیوریستیک	MILP		پائین دستی	میان دستی	بالادستی	
					✓		✓			میرحسینی ^۱ (۲۰۰۸)
✓				✓			✓			گیل ^۲ (۲۰۱۱)
✓					✓		✓	✓		فرناندس و همکاران ^۳ (۲۰۱۳)
✓					✓		✓	✓		کاظمی و اسمورسکی (۲۰۱۵)
✓					✓		✓	✓	✓	مرادی نسب و ناصری (۲۰۱۶)
		✓					✓	✓	✓	سینها، ادیتیا، تیواری و چن ^۴ (۲۰۱۱)
		✓			✓		✓	✓	✓	مارسلینو و سیچمن ^۵ (۲۰۱۰)
					✓	✓	✓			الآتھمن و همکاران (۲۰۰۸)
					✓	✓				قمی اوپلی و همکاران (۱۳۹۵)
✓						✓			✓	باقرزاده و جعفرنژاد (۱۳۹۶)
		✓		✓					✓	دجناس، بنبوزیان و دجناس ^۶ (۲۰۱۲)
✓	✓		✓			✓		✓		جبارزاده و همکاران (۲۰۱۶)
✓		✓			✓	✓	✓			تحقیق حاضر

۴- روش‌شناسی پژوهش

بر اساس پیاز پژوهش [۴۸] جهت‌گیری پژوهش کاربردی و فلسفه پژوهش اثبات‌گرایی و رویکرد پژوهش استقرائی است. استراتژی پژوهش مذکور مطالعه موردی^۷ انتخاب می‌شود. در این استراتژی می‌توان روش‌ها و شیوه‌های متعددی به کار گرفت که می‌تواند کمی، کیفی و یا هر دو باشند، که با توجه به سئوالات تحقیق، روش و متدولوژی این تحقیق کمی است که با استفاده از شبیه‌سازی عامل‌بنیان

^۱ Mirhasani

^۲ Gill

^۳ Fernandes & Etal

^۴ Sinha, Aditya, Tiwari & Chan

^۵ Marcellino & Sichman

^۶ Djennas & Benbouziane & Djennas

^۷ case study



انجام می‌شود. اهداف پژوهش اکتشافی است و در افق زمانی تک‌مقطعی بررسی می‌شود. شیوه گردآوری داده‌ها از طریق مصاحبه و مشاهده و بررسی اسناد و مدارک می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی و مدل‌سازی تاب‌آوری سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی در سناریوهای مختلفی است که منجر به بروز اختلال در زنجیره و سیستم توزیع می‌شود. بدین منظور شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران و سوخت‌رسانی به جایگاه‌های سوخت در محدوده استان قم، برای این پژوهش انتخاب شد. در ابتدا شناخت فرآیند سیستم توزیع با تحقیقات میدانی و مصاحبه با متخصصین تأمین و توزیع صنعت نفت انجام شده تا با نحوه کار و رفتار بین عامل‌های مختلف سیستم آشنا شده و شاخص‌های مرتبط با سیستم توزیع از بین شاخص‌های موجود در ادبیات پیشین، شناسائی و انتخاب گردد. فرآورده بنزین (معمولی، یورو) که بیشترین میزان تقاضا و بالاترین اهمیت استراتژیک را در بین چهار فرآورده اصلی بنزین، نفت‌گاز، نفت سفید و نفت کوره داراست، برای تحقیق انتخاب و از داده‌های سال ۱۳۹۸ برای تبیین مدل استفاده شد. این مدل تحت شرایط عدم قطعیت بازار اجرا^۱ می‌شود. پس از طراحی مدل، خروجی‌های مدل شبیه‌سازی با داده‌های واقعی مقایسه و اعتبار سنجی می‌شود. سپس سه سناریو در سه حالت ریسک و اختلال مختلف در سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی برای مطالعه اثرات اختلال بر تاب‌آوری سیستم مذکور به‌کار گرفته شده و نتایج آن ارائه می‌گردد.

اهداف تاب‌آوری در این تحقیق، عبارت‌اند از:

- ۱- کمترین میزان فروش از دست رفته (کمبود موجودی)
 - ۲- بهبود زمان تحویل (کمترین میزان وقفه و انقطاع در جریان توزیع)
 - ۳- کاهش تعداد ارسالی‌ها و دفعات حمل‌ونقل (به‌منظور کاهش هزینه حمل‌ونقل)
 - ۴- تعیین زمان ارسال سفارش و دریافت آن بر حسب موجودی مخازن جایگاه‌های سوخت به‌منظور دستیابی به موجودی تاب‌آور در جایگاه‌های سوخت
- سه سناریو تعریف شده در این پژوهش عبارتند از: ۱- کاهش ظرفیت عرضه در انبار اصلی؛ ۲- کاهش تعداد ناوگان حمل‌ونقل (تعداد نفت‌کش‌ها و ارسالی‌ها)؛ ۳- تغییر زمان دریافت سفارش در جایگاه سوخت. دو سناریوی اول از نوع اختلال و سناریوی سوم ترکیبی از اختلال و ریسک عملیاتی است.

۴-۱- شاخص‌های تاب‌آوری و مفروضات مدل

با توجه به مصاحبه‌های صورت گرفته با متخصصین عملیات و تأمین و توزیع فرآورده‌های نفتی و مشاهدات میدانی و حضور در شرکت پخش فرآورده‌های نفتی و ادبیات موجود در تاب‌آوری و زنجیره تأمین صنعت نفت و با توجه به موضوع و مطالعه موردی برای پژوهش پیشرو انتخاب و نحوه محاسبه هر یک از شاخص‌ها برای سنجش تاب‌آوری در قالب شناسنامه شاخص‌های تاب‌آوری با ذکر منبع، فرمول و نحوه محاسبه در جدول (۴) ارائه شده است.

^۱ Run



جدول ۴. شاخص‌های تاب‌آوری سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی (منبع: نویسندگان)

ردیف	شاخص‌های تاب‌آوری	معیارهای سنجش	منابع
۱	مدیریت مبتنی بر تقاضا	از طریق شبیه‌سازی عامل بنیان‌الگوی تقاضا مشخص می‌شود.	[۸: ۵۲]
۲	سطح سرویس‌دهی به مشتری	میزان فروش از دست رفته	[۵۴: ۷]
۳	تحویل به موقع و موجودی پائین	زمان مورد پذیرش توقف و کاهش متوسط زمان تحویل	[۳۹: ۴۴]
۴	انعطاف‌پذیری در تأمین	سنجش میزان عرضه متفاوت و ورودی جریان عرضه	[۱۴: ۳۹: ۵۲]
۵	انعطاف‌پذیری در حمل‌ونقل	۱- تعداد دفعات حمل (ارسال بنزین به جایگاه)؛ ۲- اندازه ناوگان حمل‌ونقل و حجم هر واحد حمل	[۷۸: ۵۲]
۶	انعطاف‌پذیری	میزان نگهداری موجودی در جایگاه	[۴۲: ۳۹: ۱۹]

در این پژوهش، مدل در تاب‌آورترین حالت ممکن تعریف شد و به دنبال بررسی سناریوهایی بوده که بیشترین اثر را در به هم زدن تاب‌آوری مدل ایجاد می‌کند تا توجه بیشتری به آن در تصمیم‌سازی‌های مدیریتی گردد. شاخص‌های ارائه شده در جدول (۴)، در تعریف رفتارهای درون و بین عامل‌ها استفاده و به منظور بررسی میزان تاب‌آوری در خروجی‌های مدل ارائه شده است. فرضیات و شاخص‌های تاب‌آوری اساسی در تعریف مدل تاب‌آوری عبارت‌اند از:

۱- زمان سفارش‌گذاری و دریافت آن توسط جایگاه در ۴۰٪ میزان ظرفیت مخازن تعریف شد که بر اساس نظر متخصصین، میزان کافی برای تاب‌آور بودن سیستم و عدم مواجه شدن با کمبود موجودی است.

۲- برای بررسی سطح سرویس‌دهی به مشتری از شاخص فروش از دست رفته در مدل‌سازی استفاده شد که در هر زمان از مدل‌سازی قابل محاسبه و دریافت اطلاعات و خروجی است.

۳- متوسط زمان تحویل کل به جایگاه‌های سوخت در رفتار بین عامل ناوگان، جایگاه و انبارهای اصلی و فرعی محاسبه شد.

۴- تعداد ارسالی از هر نوع ناوگان و از انبار اصلی یا فرعی مشخص شد تا با بررسی میزان ارسالی توسط هر نوع ناوگان و هر انبار میزان انعطاف ناوگان حمل‌ونقل بررسی گردد و اثرات تغییر آن بر تاب‌آوری تحلیل و بررسی گردد.

۵- میزان تقاضای هر جایگاه و نرخ ورودی به انبار اصلی بر اساس تابع چگالی احتمال مثلثی^۱ در نرم‌افزار Any Logic و بر اساس داده‌های واقعی موجود در سه عدد مینیمم، متوسط و ماکسیمم میزان روزانه و ماهانه، الگوی تقاضا و نرخ ورود به انبار اصلی در قالب نمودار ترسیم شده است.

^۱ triangular



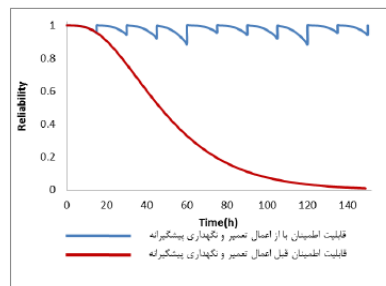
۴-۲- مدل‌سازی تاب‌آوری با رویکرد شبیه‌سازی عامل بنیان

به‌منظور مدل‌سازی سیستم توزیع جریان پیوسته فرآورده‌های نفتی با استفاده از شبیه‌سازی عامل بنیان (چندعاملی) از نرم‌افزار انی لاجیک نسخه ۸.۵.۱ استفاده شد. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: میزان تقاضای روزانه فرآورده به تفکیک هر جایگاه سوخت؛ موجودی فرآورده و نرخ ورود روزانه به انبار اصلی (لیتراژ)؛ تعداد نفتکش ارسالی؛ میزان فرآورده ارسالی از انبار جایگزین و تعداد نفتکش آن؛ میزان ظرفیت مخزن انبار اصلی؛ ظرفیت مخازن هر جایگاه به تفکیک و تعداد ناوگان حمل‌ونقل در سال ۱۳۹۸؛ موقعیت جغرافیایی جایگاه‌ها و انبار اصلی و فرعی و نحوه سفارش‌دهی و شروع و پایان عملیات در سیستم توزیع. در جدول (۵) اطلاعات انواع ناوگان نفتکش بنزین (معمولی و یورو ۴) آورده شده است. تفاوت نفتکش‌ها در حجم ارسالی فرآورده است که با توجه به سفارش جایگاه از نفتکش متناسب با میزان لیتراژ سفارش استفاده می‌شود. بروز اختلال در ناوگان حمل‌ونقل به دلایل مختلفی نظیر خرابی ناوگان حمل‌ونقل، اقدامات خرابکارانه، اعتصابات رانندگان حمل‌ونقل، نارضایتی از وضعیت و نرخ کرایه حمل پرداختی و قوانین موجود، تصادف، بدی آب و هوا و احتمال اتفاق دارد.

جدول ۵. اطلاعات ناوگان حمل‌ونقل سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی در مطالعه موردی (منبع: [۴۳])

نوع ناوگان	ظرفیت حمل	ظرفیت حمل	تعداد ناوگان
	(لیتر)	(تن)	
نوع یک	۱۴۰۰۰ لیتری	۱۰	۱۳
نوع دو	۱۸۰۰۰ لیتری	۱۳	۳۰
نوع سه	۲۰۴۰۰ لیتری	۲۲	۴۰
نوع چهار	۲۲۵۰۰ لیتری	۲۴	۶۰
تعداد کل			۱۴۳

در این پژوهش کاهش تعداد ناوگان حمل‌ونقل به دلیل بروز دو اختلال خرابی ناوگان با وجود تعمیرات پیشگیرانه و یا نارضایتی از قوانین پرداخت کرایه حمل و ریزش تعداد ناوگان با توجه به اطلاعات موجود تعریف می‌شود. تابع توزیع قابلیت اطمینان کامیون‌های نفتکش از تحقیق [۲۴] اقتباس و برای تعیین بهترین تابع چگالی احتمال خرابی از روش کلموگروف اسمیرنوف استفاده و تابع قابلیت اطمینان و تابع نرخ خرابی هر زیر سیستم به‌دست آمده است. شکل (۱) نمودار قابلیت اطمینان ناوگان حمل‌ونقل با اعمال تعمیرات پیشگیرانه ۸۹٪ برای ناوگان حمل‌ونقل را نشان می‌دهد که قابل تعمیم به سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی با ناوگان حمل‌ونقل مشابه است.



شکل ۱. نمودار قابلیت اطمینان ناوگان حمل‌ونقل با اعمال تعمیرات پیشگیرانه (منبع: [۲۴])

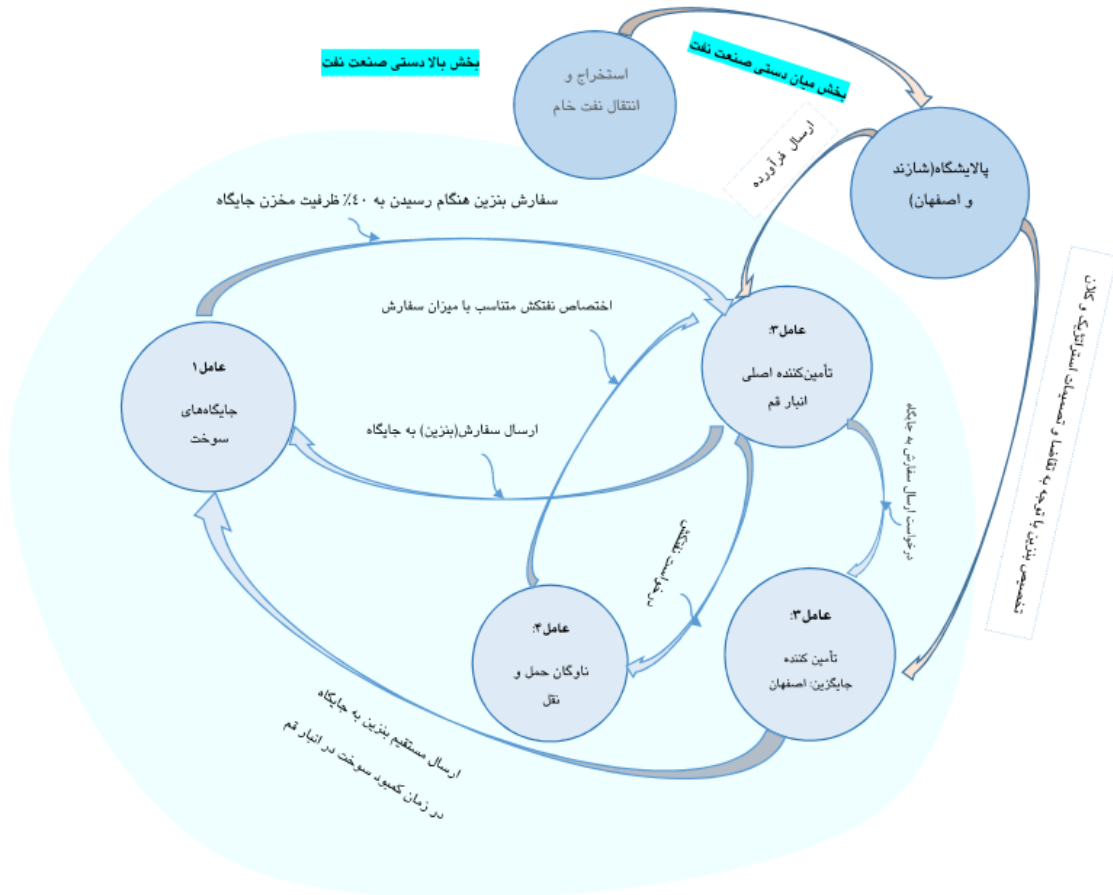


در این پژوهش با توجه مدل مفهومی در شکل (۳) فرایند توزیع تشریح شده است؛ در جریان توزیع فرآورده‌های نفتی یک ظرفیت و زیرساخت ذخیره‌سازی ثابت و از پیش تعیین شده^۱ وجود داشته (مخازن ذخیره‌سازی انبار اصلی) و ثابت فرض می‌شود. فرآورده از طریق کانال‌های توزیع (ناوگان حمل‌ونقل) در سیستم جریان پیدا می‌کند. در یک سمت، تقاضا (جایگاه سوخت) است، که دارای عدم قطعیت است و در سمت دیگر، عرضه وجود دارد (موجودی انبار اصلی) که چنانچه با مازاد تقاضا روبرو شود از ظرفیت مشخص ذخیره‌سازی از ذخایر استراتژیک انبارهای جایگزین قابل تأمین است. بنابراین چهار عامل در مدل تعریف شد: ۱- جایگاه سوخت^۲ ۲- تأمین کننده اصلی^۳ (انبار نفت قم)؛ ۳- تأمین کننده جایگزین^۴ (انبار اصفهان) و ۴- ناوگان حمل^۵ و نقل. ناوگان حمل و عامل جایگاه سوخت، چند عاملی^۶ بوده و عامل انبار جایگزین (اصفهان) و انبار اصلی (قم) تک عاملی هستند. با استفاده از شبیه‌سازی تعداد نفت‌کش‌های ارسال شده از هر نوع، میزان ارسال فرآورده به جایگاه‌های سوخت از انبار قم و میزان دریافت فرآورده از انبار اصفهان به انبار قم و نمودار عرضه و تقاضا بدست می‌آید. مدل‌سازی بر اساس روابط بین ۴ عامل که در شکل (۴) دیده می‌شود، با استفاده از خاصیت شیء‌گرایی نرم افزار Any logic، انجام شده است. تمامی رفتارهای موجود در سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی که در مدل مفهومی آمده است در مدل شبیه‌سازی با کد نویسی و برقراری ارتباطات درونی و بیرونی بین ۴ عامل طراحی شد. همچنین از نمودارهای حالت^۷ (شکل ۳) برای شبیه‌سازی رفتار عامل ناوگان حمل‌ونقل (truck) استفاده شد. فرایند ثبت و ارسال سفارش به ترتیب زیر با زبان برنامه‌نویسی جاوا در اتمی لاجیک کد نویسی شده و خروجی‌های مدل در قالب نمودارهای مشخصی در مدل شبیه‌سازی تعریف و در مدت زمان یک سال یعنی ۸۷۶۰ ساعت اجرا می‌گردد.

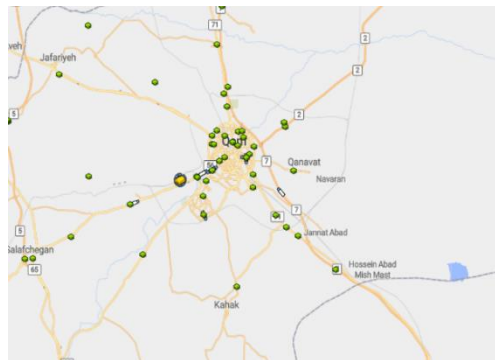
موقعیت قرارگیری، فواصل و نوع مسیر جایگاه‌های سوخت، انبارها و مسیرهای سوخت‌رسانی در محاسبه زمان تحویل و توزیع فرآورده‌های نفتی (در این پژوهش بنزین معمولی و یورو۴) اثرگذار است. در این پژوهش سیستم اطلاعات جغرافیایی^۸ (GIS) و مدل شبیه‌سازی Any logic با یکدیگر ترکیب شد تا مسافت، مسیر و سرعت ناوگان حمل‌ونقل به‌طور دقیق مشخص و در مدل شبیه‌سازی استفاده شده است. بدین صورت هریک از عامل‌های جایگاه سوخت (۵۵ جایگاه سوخت) و انبارها، طول و عرض جغرافیایی را از GIS فراخوانده و در موقعیت خود در مدل قرار گرفته و توزیع فرآورده‌های نفتی صورت پذیرد. شکل (۲) ترکیب شبیه‌سازی عامل بنیان و سیستم اطلاعات جغرافیایی و مسیر حرکت کامیون‌ها، سرعت آن، نقاط جغرافیایی قرار گرفتن انبار و جایگاه‌های سوخت و انبار جایگزین در مدل‌سازی را نشان می‌دهد.

^۱ Predetermined
^۲ Station agent
^۳ Main storage
^۴ Alternative storage

^۵ Truck
^۶ Multi agents
^۷ State chart
^۸ Geographical Information System



شکل ۲. زنجیره تأمین نفت (بخش پالایش صنعتی نفت - سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی فرآورده بنزین در یک منطقه)

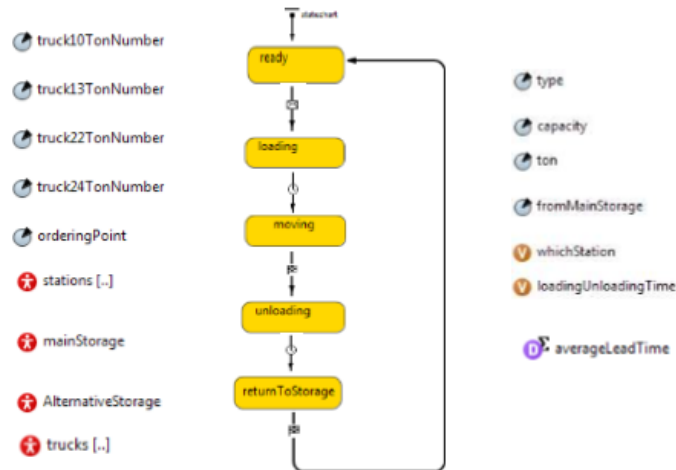


شکل ۳. موقعیت قرارگیری عامل‌ها در نرم افزار انی لاجیک و GIS در مدل شبیه‌سازی پژوهش



ابتدا سفارش توسط عامل جایگاه (station) ثبت می‌شود. سفارش توسط عامل انبار اصلی پردازش می‌شود. با توجه به اندازه سفارش، نوع و ظرفیت حمل‌ناوگان متناسب با آن، با اولویت بزرگترین اندازه ناوگان انتخاب می‌شود. در زمان پردازش سفارشات توسط عامل انبار اصلی (main storage) پیامی به عامل ناوگان (truck) ارسال و بسته به میزان سفارش و بیکار بودن ناوگان حمل، کامیون متناسب با آن، از انبار اصلی به سمت عامل جایگاه سوخت حرکت می‌کند (moving). اگر فرآورده در انبار اصلی موجود باشد، ناوگان و یا ناوگان‌های متناسب با تقاضا انتخاب و سفارش در طی مدت زمان یک ساعت بارگیری شده (loading) و به سمت جایگاه مورد نظر که سفارش را ثبت کرده، حرکت و بعد از رسیدن به جایگاه طی زمان یک ساعت، سوخت تخلیه شده (unloading) و ناوگان به انبار اصلی بر می‌گردد. در صورت عدم وجود فرآورده در انبار اصلی، سفارش به عامل انبار جایگزین (alternative storage) ارسال و از آنجا به جایگاه سوخت متقاضی ارسال می‌گردد و با توجه به مفروضات مدل، ناوگان انبار جایگزین به مجموعه ناوگان‌های مدل اضافه نمی‌شود.

در نرم افزار با استفاده از ماتریسی آرایه‌های مختص هر جایگاه و سفارشات آن‌ها و نوع ناوگان ارسالی به صورت ستونی مشخص می‌شود و در آخر مقدار ارسالی از موجودی فعلی کسر شده و موجودی جدید انبار اصلی محاسبه می‌گردد و ناوگان ارسالی از مجموع ناوگان‌های بیکار^۱ خارج می‌شود. رفتار مربوط به هر یک از عامل‌ها، در خود عامل برنامه‌نویسی شده و ارتباط بین عامل‌ها نیز مشخص شده است. هر عامل موجودیتی مستقل داشته و دارای حافظه مختص خود است و در عین حال با هم در ارتباط هستند.



شکل ۴. عامل‌ها، نمودار حالت و پارامترها و متغیرهای نحوه ارسال سفارش توسط ناوگان حمل‌ونقل در مدل شبیه‌سازی

^۱ Idle



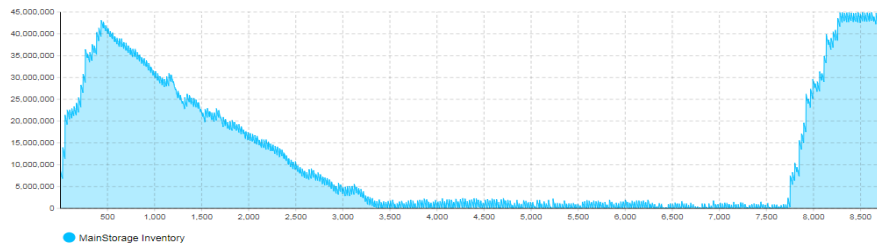
۴-۴- اجرای مدل و یافته‌های شبیه‌سازی

در این پژوهش، خروجی‌های مورد انتظار مدل بر اساس شاخص‌های تاب‌آوری مورد پذیرش تعریف شده است. تابع الگوی تقاضا، میزان لیتراژ ارسالی از انبار اصلی و جایگزین و میزان فروش از دست رفته و تعداد هر نوع ناوگان حمل‌ونقل، در هر نقطه از شبیه‌سازی از مهمترین خروجی‌های این پژوهش بوده که مطابق با شاخص‌های تاب‌آوری در مدل تعریف شده است و با تغییر داده‌های ورودی اولیه و مفروض و تعریف سناریوهای مختلف رفتار سیستم تغییر می‌کند. مدل شبیه‌سازی شده، برای هر داده در سال‌های دیگری نیز قابل استفاده است. جدول (۶) یافته‌های پژوهش را در ۸۷۶۰ ساعت نشان می‌دهد.

جدول ۶. یافته‌های پژوهش در ۸۷۶۰ ساعت شبیه‌سازی

شرح	خروجی مدل شبیه‌سازی	شرح	خروجی مدل شبیه‌سازی
تعداد نفتکش نوع ۱ انبار اصلی	۸۱۸	فروش از دست رفته	۱,۷۶۳,۰۰۰
تعداد نفتکش نوع ۲ انبار اصلی	۱۴,۴۷۶	متوسط زمان تحویل	۳.۳۴۵
تعداد نفتکش نوع ۳ انبار اصلی	۱,۰۹۴	تعداد نفتکش ارسالی از انبار جایگزین	۵,۵۹۹
تعداد نفتکش نوع ۴ انبار اصلی	۱۰,۶۹۹	تعداد نفتکش انبار اصلی	۲۷,۰۸۷

میزان جریان ورود فرآورده به مخزن انبار اصلی نیز در قالب نمودار زیر مدل‌سازی شد. شکل (۵) این نمودار را در یک سال شبیه‌سازی نشان داده شده است. در نقاطی که شیب نمودار بسیار کم شده و کمتر از ۵ میلیون است، احتمال کمبود موجودی بالا رفته و برای جبران این کاهش، سفارش‌ها از انبار جایگزین تأمین می‌گردد. این نواحی از نقاط آسیب‌پذیر بوده که توجه به آن در بهبود تاب‌آوری سیستم نقش بسزایی خواهد داشت.

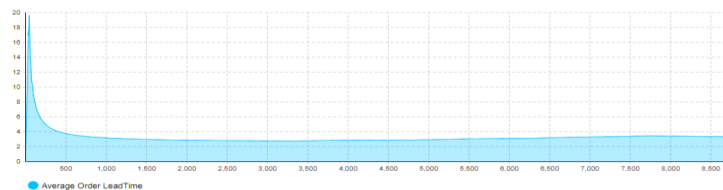


شکل ۵. شبیه‌سازی جریان ورودی به مخازن انبار اصلی در مدل شبیه‌سازی

متوسط زمان تحویل از زمان ارسال یک تقاضا توسط جایگاه تا دریافت فرآورده از انبار اصلی یا فرعی و تخلیه در جایگاه را دربر می‌گیرد. متوسط زمان تحویل توسط توابع آماری موجود در نرم‌افزار انی لاجیک محاسبه می‌شود. این نمودار در شکل (۶) ارائه شده است. در ابتدا به دلیل ارسال همزمان سفارش



تمامی جایگاه‌ها زمان تحویل بالا بوده و از ۲۰ ساعت شروع می‌شود که با رسیدن اولین سفارشات تمامی جایگاه‌ها و گرم شدن مدل^۱ و شروع سفارش‌گذاری بر اساس میزان موجودی زمان تحویل به متوسط ۲.۳۴۵ می‌رسد.

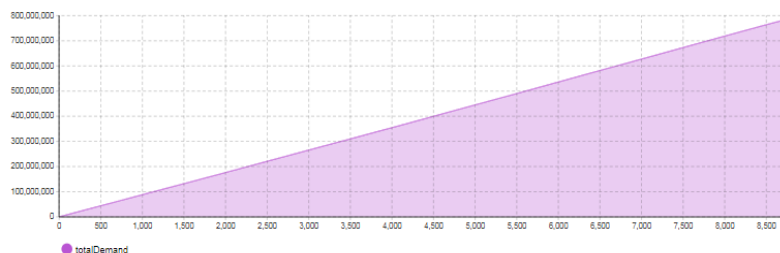


شکل ۶. نمودار متوسط زمان تحویل در مدل شبیه‌سازی

میزان موجودی فعلی، ظرفیت مخزن ذخیره‌سازی و میزان فروش از دست رفته برای هر جایگاه به عنوان متغیر تعریف شده و در صورتی که تقاضایی وجود داشته باشد و موجودی فعلی نتواند آن را برآورده کند به فروش از دست رفته اضافه می‌شود. میزان فروش از دست رفته فرآورده در یک ساعت بدین صورت محاسبه می‌شود:

(موجودی فعلی جایگاه - تقاضای کل جایگاه) :میزان فروش از دست‌رفته

در رویدادی در مدل شبیه‌سازی به نام سفارش مشتری^۲، تابع توزیع تقاضا بر اساس تابع توزیع مثلثی (Triangular(min, mod, max)) که یکی از توابع موجود در نرم افزار شبیه‌سازی عامل بنیان انی‌لاجیک است، برای برآورد میزان تقاضای فرآورده بر اساس تقاضای مشتری در یک ساعت محاسبه می‌گردد. الگوی تقاضا ممکن است از زمان شروع فعالیت زیر نظر شرکت‌های صاحب نشان تغییر نماید، به همین دلیل به منظور برآورد دقیق تابع تقاضا، زمان (ماه) شروع فعالیت زیر نظر برند در محاسبه الگوی تقاضا در نظر گرفته شد و تابع الگوی تقاضا قبل و بعد از شروع فعالیت شرکت صاحب نشان در تابع توزیع مثلثی با محاسبه مینیمم و ماکزیمم موجودی و متوسط تقاضای هر جایگاه در سال ۱۳۹۸، در مدل تعریف و محاسبه گردید. شکل (۷) نمودار تجمعی تقاضای کل جایگاه‌ها را نشان می‌دهد.



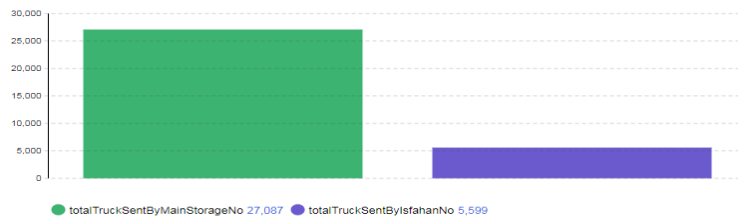
شکل ۷. نمودار تابع چگالی احتمال مثلثی تقاضای کل جایگاه‌های سوخت در مدل شبیه‌سازی سفارش

^۱ Model warming

^۲ Customer Order



دریافتی از جایگاه (FIFO) و بسته به میزان موجودی انبار اصلی از انبارهای اصلی یا جایگزین به تفکیک هر انبار محاسبه می‌شود. خروجی این داده‌ها در مدل شبیه‌سازی در شکل (۸) به تصویر کشیده است.



شکل ۸. نمودارهای تعداد ناوگان ارسالی توسط انبار اصلی و جایگزین

۵- اعتبارسنجی مدل

در این پژوهش اعتبار مدل با روش تجربی بررسی گردیده است. بدین ترتیب که خروجی‌های مدل شبیه‌سازی: نرخ ورودی انبار، میزان تقاضا و تعداد ناوگان ارسالی با اعداد و داده‌های واقعی در سال ۱۳۹۸ مقایسه شده است. بر اساس نتایج این مطالعه، مدل طراحی شده در نرم‌افزار انی‌لاچیک در برآورد زمان درخواست از انبار جایگزین و میزان ارسال از دو انبار اصلی و جایگزین و برآورد میزان جریان ورودی به انبار اصلی (شکل ۹ و ۱۰)، میزان تقاضا و ارسال به جایگاه‌ها (شکل ۱۱) و تعداد ناوگان حمل‌ونقل (جدول ۷)، عملکرد خوبی در مدل‌سازی وضعیت واقعی دارد.

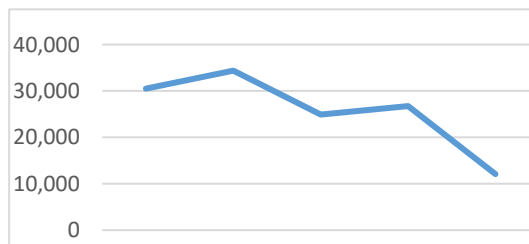
جدول ۷. مقایسه تعداد ناوگان حمل‌ونقل در دنیای واقعی و مدل شبیه‌سازی بر اساس داده‌های سال ۱۳۹۸

شرح	دنیای واقعی ۱۳۹۸	مدل شبیه‌سازی	درصد عملکرد مدل
تعداد کل ناوگان حمل‌ونقل انبار اصلی	۲۲۲۶۳	۲۶۲۶۹	۸۴.۷۵٪
تعداد کل ناوگان حمل‌ونقل در سیستم	۴۱۳۶۵	۳۳۳۰۷	۸۰.۵٪

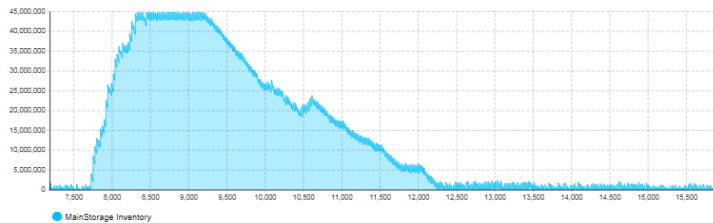
شکل (۱۲)، مدل‌سازی میزان مصرف را در ساعت ۷۷۰۰ به بعد شبیه‌سازی را نشان می‌دهد. چرا که با اختلال ایجاد شده در سیستم توزیع و کاهش مصرف به دلیل اختلال بیماری همه‌گیر کووید ۱۹، افزایش موجودی انبار در ماه‌های پایانی سال در وضعیت واقعی اتفاق افتاده است که با خروجی‌های مدل شبیه‌سازی مطابقت داشته و مدل این موضوع را به‌درستی تأیید نموده است. در بهمن ماه ۱۳۹۸ معادل با ساعت ۷۷۰۰ مدل شبیه‌سازی، موجودی انبار اصلی زیاد شده است و در ساعت ۸۳۰۰ به اوج خود رسید و به حداکثر ظرفیت انبار رسید. دلیل افزایش نرخ ورود به انبار قم در دنیای واقعی، به دلیل اعلام رسمی مشاهده ویروس کووید ۱۹ در بهمن ماه و وضع مقررات منع مسافرت و رفت و آمد، کاهش تقاضا و مصرف فرآورده در سطح کشور اتفاق افتاد که به ناچار اقدام به ذخیره‌سازی در انبارهای سطح کشور، از جمله انبار قم به دلیل مرکزی بودن موقعیت قرارگیری انبار و در دسترس بودن به شمال و شرق کشور، صورت گرفت. روند کاهشی شدیدتری نسبت به هر سال اتفاق افتاد. این اختلال در



نمودار نرخ ورود به انبار (شکل ۹)، به خوبی مشخص است. نمودار از ساعات ۷۷۰۰ رو به افزایش بوده و از ساعت ۸۳۰۰ تا ۹۳۰۰ (بیشتر از یک ماه) موجودی ثابت و نمودار یکنواخت شده است. خروج از انبار و تقاضا تقریباً صفر شده است که معادل با آن، مقررات منع رفت و آمد در این بازه زمانی در استان قم اتفاق افتاد و مصرف به صفر رسید. افزایش نرخ ورود به انبار نفت قم و کاهش مصرف جایگاه‌ها همزمان و میزان موجودی انبار به ماکسیم ظرفیت ذخیره سازی نزدیک شد. وضعیت واقعی سیستم توزیع در شرایط کاهش شدید مصرف فرآورده، در بهمن ۱۳۹۸ تا خرداد ۱۳۹۹ در شکل (۱۰) نشان داده شده است.

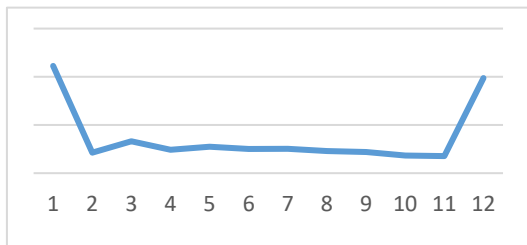


شکل ۹. نمودار جریان ورودی انبار اصلی در بهمن ۱۳۹۸ تا خرداد ۱۳۹۹ در مدل شبیه‌سازی (بر حسب ساعت)

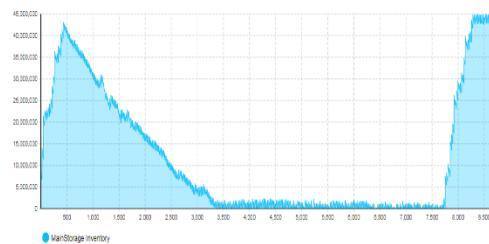


شکل ۱۰. نمودار جریان ورودی انبار اصلی در بهمن ۱۳۹۸ تا خرداد ۱۳۹۹ در دنیای واقعی (بر حسب ماه)

نتایج مقایسه دو توزیع جریان ورودی انبار اصلی در سال ۱۳۹۸ و جریان ورودی در مدل شبیه‌سازی شده در ۱۲ ماه، با استفاده از آزمون t مقایسه دو جامعه مستقل با واریانس‌های مختلف (جدول ۸) نشان می‌دهد که تفاوت معناداری بین میانگین دو توزیع مشاهده نشده است و مدل در شبیه‌سازی جریان ورودی به انبار، برآورد خوبی از دنیای واقعی دارد. در شکل (۱۱) این موضوع به خوبی مشخص است.



دنیای واقعی



مدل شبیه‌سازی

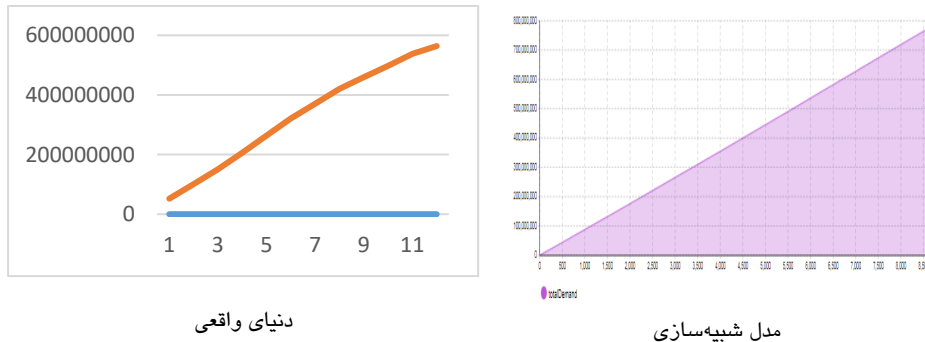
شکل ۱۱. مقایسه نمودار جریان ورودی به انبار در مدل‌سازی و دنیای واقعی در سال ۱۳۹۸



جدول ۸. آزمون t مقایسه میانگین توزیع جریان ورودی به انبار در دنیای واقعی و مدل شبیه‌سازی

Variance	۱۰۲۴۰۴۷۵,۱۱	۲۵۱۸۲۰۸۸۷,۳
<i>t-test</i>		
Observations	۱۲	
Hypothesized Mean Difference	۰	
Df	۱۲	
t Stat	-۲,۰۸۳۸۱۳۷۳۴	
P(T<=t) one-tail	۰,۰۲۹۶۱۰۶۶۴	
t Critical one-tail	۱,۷۸۲۲۸۷۵۵۶	
P(T<=t) two-tail	۰,۰۵۹۲۲۱۳۲۹	
t Critical two-tail	۲,۱۷۸۸۱۲۸۳	

مقایسه دو نمودار جریان ورودی به انبار اصلی در شکل‌های (۱۲) و (۱۳) و همچنین میزان تقاضای کل در دو نمودار دنیای واقعی و شبیه‌سازی در شکل (۱۵)، نشان می‌دهد که شیب این نمودارها مشابه بوده و مدل شبیه‌سازی، عملکرد و اعتبار خوبی دارد.



شکل ۱۵. مقایسه نمودار تقاضای کل جایگاه‌های سوخت در مدل‌سازی و دنیای واقعی در سال ۱۳۹۸

۵-۱- بررسی رخدادهای ریسک عملیاتی و اختلال‌های سیستم توزیع

پس از تدوین مدل و وضعیت موجود، سه حالت اقتضایی که در اثر بروز اختلال در ظرفیت عرضه انبار نفت، اندازه ناوگان حمل‌ونقل و احتمال رخداد ریسک عملیاتی در زمان دریافت سفارش جایگاه اتفاق می‌افتد را در مدل شبیه‌سازی مورد بحث و بررسی قرار داده و اثر آن را بر رفتار سیستم توزیع و عامل‌ها تحلیل نمود. دو سناریوی اختلال و یک سناریوی مرکب از ریسک عملیاتی و اختلال در این بخش مورد بررسی و اثرات آن بر زمان تحویل، میزان فروش از دست رفته و میزان ارسالی از انبار جایگزین و انبار اصلی در سیستم توزیع تشریح می‌گردد.



۵-۱-۱- کاهش ظرفیت عرضه در انبار

در اثر رخداد اختلال در انبار (ناشی از هرگونه اختلالی اعم از خرابی تجهیزات بارگیری، ناوگان حمل‌ونقل، آتش‌سوزی در یکی از مخازن انبار نفت و یا هرگونه اختلال دیگر) میزان ورودی انبار اصلی (قم) کاهش پیدا کرده و در نتیجه میزان عرضه فرآورده کاهش پیدا کند. کاهش عرضه فرآورده انبار نفت قم در سه سناریو بررسی می‌شود. بدین‌صورت که اگر میزان ورودی ظرفیت انبار $X\%$ کاهش پیدا کند چه اثراتی بر مدل و میزان فروش از دست رفته می‌گذارد. در جدول (۹) نسبت افزایش یا کاهش شاخص‌های تاب‌آوری در سناریوهای مختلف با مدل شبیه‌سازی شده ارائه شده است.

جدول(۹): مقایسه شاخص‌های تاب‌آوری سناریوی کاهش عرضه با مدل شبیه‌سازی

کاهش ۱۰٪ عرضه	کاهش ۲۰٪ عرضه	کاهش ۳۰٪ عرضه	مقایسه با مدل شبیه‌سازی شده
۱.۰۳	۱.۰۹	۱.۱۲	فروش از دست رفته سیستم
۱.۰۰۸	۱.۰۱۷	۱.۲۶	زمان تحویل سیستم
۱.۳۸	۱.۸۵	۲.۲۶	تعداد تراک انبار جایگزین
۰.۹۲	۰.۸۲	۰.۷۴	تعداد تراک انبار اصلی
۰.۹۲	۰.۸۲	۰.۷۴	لیتراژ انبار اصلی
۱.۳۹	۱.۸۶	۲.۲۶	لیتراژ ارسالی انبار جایگزین

۵-۱-۲- کاهش تعداد ناوگان حمل‌ونقل

با توجه به تابع قابلیت اطمینان و نرخ خرابی کامیون‌ها و روند کاهشی مشاهده شده در تعداد ناوگان حمل‌ونقل (به‌طور متوسط ۳۰٪ نفت‌کش‌ها در سال‌های قبل و بعد داده‌های جمع‌آوری شده (۱۳۹۸) ریزش داشته است و یا دچار خرابی شده است)، که در بخش مدل‌سازی به آن اشاره شد، سه سطح اختلال و آثار ناشی از آن بر تاب‌آوری سیستم توزیع و کاهش میزان توزیع سوخت در قالب سه سناریوی کاهش تعداد ناوگان حمل‌ونقل (اندازه ناوگان) تعریف شده است که نتایج حاصل از اجرای این سناریوها در مقایسه با شاخص‌های تاب‌آوری در مدل شبیه‌سازی سال ۱۳۹۸، مطابق جدول (۱۰) می‌باشد.

جدول(۱۰): مقایسه شاخص‌های تاب‌آوری سناریوی کاهش تعداد ناوگان حمل‌ونقل با مدل شبیه‌سازی

کاهش ناوگان ۱۰٪	کاهش ناوگان ۲۰٪	کاهش ناوگان ۳۰٪	مقایسه با مدل شبیه‌سازی شده
۱.۱۶	۱.۱۸	۱.۴۳	فروش از دست رفته سیستم
۱.۰۱۴	۱.۰۱۹	۱.۰۶	زمان تحویل سیستم
۰.۹۹۱	۱.۰۱۳	۱.۰۱۰	تعداد تراک انبار جایگزین
۱.۰۰۱	۰.۹۹۶	۰.۹۹۶	لیتراژ انبار اصلی
۰.۹۹۵	۱.۰۱۷	۱.۰۱۷	لیتراژ ارسالی انبار جایگزین



۵-۱-۳- تغییر زمان دریافت سفارش در جایگاه

در این تحقیق فرض شد که تمامی جایگاه‌ها به محض رسیدن موجودی جایگاه به ۴۰٪ ظرفیت کل مخازن خود اقدام به ثبت سفارش نمایند. این سطح بسیار بالائی را در سرویس‌دهی به مشتری ایجاد نموده و با توجه به زمان تحویل سفارش (دو ساعت) جایگاه بسیار کم و نزدیک به صفر درصد با کمبود مواجه می‌شود. البته ثبت و ارسال سفارش، در دنیای واقعی، به طور ثابت و همیشگی در این میزان موجودی اتفاق نمی‌افتد. به دلایلی نظیر هماهنگی ضعیف بین عامل‌های سیستم توزیع (جایگاه، انبار اصلی و فرعی و ناوگان حمل‌ونقل) و سایر عوامل بروز ریسک عملیاتی یا اختلال‌های غیر قابل پیش‌بینی در هر یک از چهار عامل، ممکن است سفارش در نقطه‌ای پائین‌تر از ۴۰٪ موجودی مخزن جایگاه سوخت تحویل داده شود. یعنی با وجود سفارش‌گذاری در نقطه ۴۰٪ میزان موجودی جایگاه، به دلایل رخداد اختلال در عامل انبار اصلی، فرعی و یا ناوگان حمل‌ونقل، سفارش با تأخیر بسیار زیادتری و در زمان کاهش موجودی مخازن به ۳۰٪، ۲۰٪ و یا ۱۰٪ به جایگاه برسد. این مسئله، در قالب سه سناریو با تغییر زمان رسیدن سفارش برحسب میزان درصد حجم ظرفیت مخازن جایگاه در جدول (۱۱) بررسی می‌شود.

جدول (۱۱): مقایسه شاخص‌های تاب‌آوری سناریوی تغییر زمان دریافت سفارش با مدل شبیه‌سازی

مقایسه با مدل شبیه‌سازی شده	زمان سفارش ۳۰٪	زمان سفارش ۲۰٪	زمان سفارش ۱۰٪
فروش از دست رفته سیستم	۱.۱۸	۴.۳۷	۹.۷۲
زمان تحویل سیستم	۱.۳۱	۱.۴۹	۱.۳۱
تعداد تراک انبار جایگزین	۰.۷۶	۰.۷۳	۰.۷۴
تعداد تراک انبار اصلی	۰.۷۶	۰.۷۹	۰.۸۴
لیتراژ انبار اصلی	۱.۰۰	۱.۰۰	۱.۰۰
لیتراژ ارسالی انبار جایگزین	۱.۰۰	۰.۹۵	۰.۹۰

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

همان‌طور که اعداد جدول سناریوی کاهش میزان عرضه انبار اصلی در مدل نشان داده می‌شود، کاهش ۳۰٪ میزان عرضه و جریان ورودی به انبار، تاب‌آوری سیستم توزیع را کاهش داده است. چرا که میزان فروش از دست رفته به اندازه ۱۲٪ افزایش یافته، میزان ارسالی از انبار جایگزین را ۲.۲۶ برابر نموده است که در پی آن، زمان تحویل ۲۶٪ افزایش یافته و تعداد ناوگان حمل‌ونقل اصلی ۲۴٪ کاهش و در انبار جایگزین ۲.۲۶ برابر شده است. انبار جایگزین در بهبود تاب‌آوری سیستم، نقش مهمی را ایفا می‌کند. با افزایش بیش از دو برابری ارسال از انبار جایگزین، سیستم توزیع میزان فروش از دست رفته کمتری نسبت به دو سناریوی دیگر داشته است و اختلال کاهش عرضه انبار اصلی را جبران کرده است. اگرچه این موضوع باعث افزایش هزینه‌های حمل و افزایش مخاطرات حین حمل‌ونقل (تصادفات، خرابی ناوگان و ...) شده و از طرفی با افزایش زمان تحویل، سیستم را با تأخیر و وقفه بیشتری روبرو می‌کند. با



وجود نقش انبار جایگزین در جبران کاهش عرضه انبار اصلی، افزایش فروش از دست رفته و متوسط زمان تحویل سیستم حادث شده، نشان دهنده کاهش تاب‌آوری سیستم در این سناریو، نسبت به حالت عادی آن است.

به منظور بهبود تاب‌آوری در سیستم توزیع باید علاوه بر حفظ جریان فعلی ورودی به انبار، حتی‌الامکان نرخ ورود به انبار اصلی در ساعات ۳۳۰۰ تا ۷۷۰۰ شبیه‌سازی معادل با تیر تا دی ماه در دنیای واقعی نیز افزایش یافته و با استفاده از الگوی تقاضای شبیه‌سازی شده، میزان ورودی انبار اصلی تخمین زده شده و در صورت امکان تا سطح تقاضا افزایش یابد. تا با توجه به وجود زیر ساخت مناسب برای ذخیره‌سازی با همان میزان صرف هزینه، میزان دریافت مستقیم از انبار جایگزین با توجه به مخاطرات حمل مستقیم در زمان سفارش به جایگاه و فوریت آن، کاهش یافته و از راهکارهای ایمن‌تر و کم هزینه‌تر برای افزایش تاب‌آوری سیستم استفاده کرد.

در سناریوی تعداد ناوگان حمل‌ونقل با کاهش ۳۰٪ تعداد ناوگان، میزان فروش از دست رفته ۴۳٪ و متوسط زمان تحویل ۶٪ افزایش یافته است و میزان دریافتی از انبار اصفهان و تعداد ناوگان آن به‌منظور جبران میزان کاهش تعداد ناوگان حمل‌ونقل انبار اصلی ۱٪ افزایش داشته است. کاهش تعداد ناوگان حمل باعث افزایش زمان تحویل شده است و ممکن است در زمان سفارش یک جایگاه، ناوگان بیکاری برای تحویل سفارش وجود نداشته باشد و منتظر مهیا شدن یک ناوگان متناسب با اندازه سفارش باشد. در این سناریو، دریافت فرآورده از انبار جایگزین افزایش یک درصدی داشته که میزان قابل توجهی نیست. به این علت که مسئله کمبود موجودی در انبار اصلی نیست، با انتظار برای ناوگان حمل و افزایش زمان تحویل، بخشی از کاهش ناوگان حمل‌ونقل جبران می‌شود و بنابراین موجودی از انبار اصلی تأمین می‌شود. تأثیر کاهش ۳۰٪ تعداد ناوگان حمل‌ونقل بر افزایش نزدیک به نیم برابری فروش از دست رفته را نباید نادیده گرفت و در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل در سیستم توزیع به این مسئله توجه داشته و خرابی‌های ممکن یا کاهش‌های احتمالی ناوگان را تا ۳۰٪ در آن لحاظ نمود و با اتخاذ راهکار مناسب و راه‌حلهای جایگزین نظیر هماهنگی برای استفاده از ناوگان موجود و بیکار در سایر انبارهای نزدیک به انبار اصلی و ... تاب‌آوری سیستم را حفظ نمود. در کل تأخیر ایجاد شده در تأمین تقاضای جایگاه‌ها بدلیل کاهش تعداد ناوگان و در پی آن افزایش زمان تحویل و فروش از دست رفته منتج به کاهش تاب‌آوری در سیستم توزیع به نسبت بیشتری از سناریوی اول شده است که نقش مهم ناوگان حمل‌ونقل در حفظ تاب‌آوری سیستم توزیع را نشان می‌دهد.

با تغییر زمان دریافت سفارش به نقطه ۱۰٪ ظرفیت مخازن جایگاه سوخت، زمان تحویل ۳۱٪ افزایش یافته و میزان فروش از دست رفته سیستم ۹۰۷۲ برابر می‌شود. به دلیل وقفه در زمان دریافت سفارش توسط جایگاه‌های سوخت بخش زیادی از تقاضا از دست رفته و در نتیجه میزان لیتراژ ارسالی از انبار اصلی نسبت به حالت عادی ثابت مانده و دریافت فرآورده از انبار جایگزین ۱۰٪ کاهش یافته است. تعداد ناوگان حمل‌ونقل در دو انبار اصلی و جایگزین نیز تا ۷۶٪ کاهش یافته است. بنابراین با تغییر زمان



دریافت سفارش و عدم ارسال به موقع آن، کمبود موجودی زیادی در جایگاه‌ها روی داده است و با وجود موجودی در سمت عرضه، بخشی از سفارش سیستم توزیع از دست رفته و در نتیجه تاب‌آوری به میزان بسیار چشمگیری کاهش پیدا کرده است. این موضوع آثار اجتماعی زیادی نیز به همراه دارد. چرا که بخشی از شریان حمل‌ونقل در کشور با مشکل سوخت‌گیری مواجه شده است و تبعات زیادی به همراه خواهد داشت.

از بین سه سناریوی بررسی شده نقش سناریوی سوم مهم‌تر بوده و عدم توجه به آن اثرات بسیار هنگفتی بر تاب‌آوری سیستم توزیع تحمیل خواهد نمود. لذا توجه به هماهنگی‌های بین ۴ عامل سیستم توزیع، شناسایی اختلال‌های ممکن در این فرایند و ارسال درخواست سفارش و تأمین به موقع آن در نقطه ۴۰٪ موجودی جایگاه‌ها از مهمترین نکات در حفظ تاب‌آوری سیستم توزیع است که باید در اولویت سیاست‌های تصمیم‌گیری قرار گیرد. نتایج حاصل از سناریوی دوم نیز با توجه به افزایش ۱۲٪ فروش از دست رفته، حائز اهمیت بوده و باید در تصمیمات برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، تعداد و نوع ناوگان و شناسایی دلایل نرخ کاهش و اختلال‌های آن و ارائه راهکار مناسب برای آن در سیستم توزیع مورد توجه قرار گیرد. سناریوی اول با توجه به وجود انبار جایگزین به عنوان سوپاپ اطمینان و افزایش دهنده تاب‌آوری سیستم توزیع نسبت به دو سناریوی دیگر آثار مخرب کمتری بر تاب‌آوری سیستم توزیع به همراه دارد ولی نقش آن در افزایش ۱۲٪ فروش از دست رفته با توجه به اهمیت اجتماعی و ژئوپلیتیک این سیستم قابل اغماض نیست و نباید مورد غفلت واقع شود. نتایج حاصل از این سه سناریو در راستای ادبیات تحقیق پیشین بوده است. توجه به این نتایج برای حفظ تاب‌آوری سیستم توزیع و بهبود آن لازم است، از آن جهت که سیستم توزیع، متحمل هزینه‌های بالای پس از رخداد اختلال برای بهبود تاب‌آوری نشود.

در این تحقیق هزینه‌های حمل‌ونقل، نگهداری موجودی و ارسال سفارش در مقابل هزینه‌های ناشی از عدم تاب‌آور بودن سیستم نظیر هزینه فروش از دست رفته و کمبود موجودی ناشی از وقفه در ارسال سفارش، مورد بررسی قرار نگرفته است. لزوم حفظ تاب‌آوری سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی با توجه به نقش استراتژیکی که در جابجائی مسافر و بار در کشور دارد، اصولاً در اولویت قرار داشته و با هر شرایط و هزینه‌ای محقق شده است. لذا به تاب‌آور نمودن این سیستم با بهینه‌ترین حالت ممکن و کمترین هزینه توجهی نشده است. عدم توجه به این نکته به‌ویژه در زمان بروز اختلال، هزینه‌های بسیار هنگفتی بر سیستم توزیع تحمیل خواهد نمود. این موضوع مهم را می‌توان در تحقیقات آتی مورد بررسی قرار داده و از نتایج حاصل از آن در ارائه یک مدل مناسب تاب‌آور و بهینه در سیستم توزیع فرآورده‌های نفتی استفاده نمود. این تحقیق در یکی از مناطق ۳۷گانه شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران انجام شده است. با توجه به مشابهت عملیاتی مناطق نتایج حاصل از آن از اعتبار برای سایر مناطق برخوردار بوده است ولی می‌توان تحقیقات آتی را در مناطقی که از نظر عملیاتی دارای تفاوت با منطقه قم می‌باشد نظیر مناطق بندری و دارای بانکرینگ نیز انجام داده و نتایج حاصل از آن را با این تحقیق مقایسه نمود.



۷- تشکر و قدردانی

در پایان از مدیریت و کارکنان گرامی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران به‌ویژه کارکنان محترم بخش پژوهش و فناوری این شرکت و کارکنان محترم بخش تأمین توزیع ستاد و منطقه قم که در این تحقیق یاری‌رسان و حامی انجام این پژوهش بوده و در جمع‌آوری داده و تعریف شاخص‌ها از نظرات تخصصی خود دریغ نداشتند، تشکر و قدردانی می‌شود.

۸- منابع

- [۱] Alfaqiri, A., Hossain, N.U.I., Jaradat, R., Abutabenjeh, S., Keating, C.B., Khasawneh, M.T. and Pinto, C.A. 'A systemic approach for disruption risk assessment in oil and gas supply chains', *Int. J. Critical Infrastructures*, . (۲۰۱۹), Vol. ۱۵, No. ۳, pp. ۲۳۰-۲۵۹.
- [۲] Al-Othman, W. B. E., & Lababidi, H. M. S. Alatiqi, I.M & Al-Shayji, Kh. "Supply chain optimization of petroleum organization under uncertainty in market demands and prices", (۲۰۰۸). *IS9*, ۸۲۲-۸۴۰. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.06.081>.
- [۳] Azar, A., Shahbazi, M., Yazdani, H. & Mahmoodian, O., "Assessing the supply chain resilience of the electricity industry in Iran: a fuzzy approach", *Quarterly Journal of Energy Policy and Planning Research*, Fifth Year, (۲۰۱۹). No. pp. ۷-۲۸.
- [۴] Baqerzadeh A., M., Jafarnejad, A. "Designing a Conceptual Model of Supply Chain Resilience of the National Iranian Oil Company", PhD Thesis in Industrial Management, University of Tehran, Faculty of Management, (۲۰۱۷).
- [۵] Blos M. F. & Miyagi P. E. "Modeling the supply Chain Disruptions : A Study based on the Supply Chain Interdependencies", (۲۰۱۵). <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.391>.
- [۶] Borshev A. "Introduction of agent-based simulation models", translated by Azimi, p. Pouroziri, H., Ghanbari, M.R., Sahraei, J & Mohammadian, M. (۲۰۱۸). Islamic Azad University Printing and Publishing Organization. (۲۰۱۳). Second Edition.
- [۷] Cardoso, S. R., Barbosa-póvoa, A. P., Relvas, S., & Novais, A. Q. "Resilience metrics in the assessment of complex supply-chains performance operating under demand uncertainty", *Omega*, . (۲۰۱۵). ۵۶, ۵۳-۷۳. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.03.008>
- [۸] Carvalho, H. Azevedo, S. G. and Cruz Machado, V. "Agile and resilient approaches to supply chain management: Influence on performance and competitiveness", *Logistics Research*, (۲۰۱۲). ۴, pp. ۴۹-۶۲. [۵۱].
- [۹] Chen, X., & Ong, Y. S. "Agent-Based Modeling and Simulation for Supply Chain Risk Management - A Survey of the State-of" (۲۰۱۳). (May ۲۰۱۴). <https://doi.org/10.1109/SMC.2013.224>.
- [۱۰] Christopher, M & Peck H. "Building the Resilient Supply Chain", *International Journal of Logistics Management*, .(۲۰۰۴). Vol. ۱۵, No. ۲, pp ۱-۱۳, <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>.
- [۱۱] Chopra, S. and Meindl, P. "Supply Chain Management - Strategy, Planning, and Operation" third Ed. Prentice Hall, (۲۰۰۷), Upper Saddle River, NJ, USA
- [۱۲] Datta Partha Priya, Christopher Martin & Allen Peter , "Agent-based modelling of complex production/distribution systems to improve resilience" *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, (۲۰۰۷). ۱۰:۳, ۱۸۷-۲۰۳. <http://dx.doi.org/10.1080/13675067.014671444>.



- [۱۳] Djennas. M and Benbouziane M & Djennas M. "Agent-Based Modeling in Supply Chain Management: A Genetic Algorithm and Fuzzy Logic Approach", International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAA), (۲۰۱۲), Vol.۳, No.۵.
- [14] Elleuch, H. Dafaoui E. Elmhamedi. A Chabchoub. H.. "Resilience and Vulnerability in Supply Chain: Literature review. IFAC-PapersOnLine, (2016). 49(12), 1448-1453. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.775>.
- [15] Emenike, S. N., & Falcone, G. "A review on energy supply chain resilience through optimization". Renewable and Sustainable Energy Reviews, (۲۰۲۰). ۱۳۴ (September), ۱۱۰۰۸۸. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110088>.
- [۱۶] Fernandes José, L., Relvas, S., & Barbosa-póvoa, A. P. "Strategic network design of downstream petroleum supply chains: Single versus multi-entity participation" Chemical Engineering Research and Design, (۲۰۱۳), ۹۱(۸), ۱۵۵۷-۱۵۸۷. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2013.05.028>.
- [۱۷] Gallopin, G.C. "Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity" Global Environmental Change (۲۰۰۶) ۱۶, ۲۹۳-۳۰۲.
- [۱۸] Ghavamifar, A., Makui, A., & Taleizadeh Allah, A. "Designing a resilient competitive supply chain network under disruption risks: A real-world application". Transportation Research Part E, (۲۰۱۸). ۱۱۵ (April ۲۰۱۷), ۸۷-۱۰۹. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.04.014>.
- [۱۹] Gibson. C & Tarrant. A, "A 'conceptual models' approach to organizational resilience." The Australian Journal of Emergency Management, (۲۰۱۰). Volume ۲۵, No. ۰۲.
- [۲۰] Gill A. "A supply chain design approach to petroleum distribution". Int Bus Res Manag. (۲۰۱۱). ۲:(۱)-۳۳-۴۴.
- [۲۱] Ghatee, M., & Hashemi, S. M. "Optimal network design and storage management in petroleum distributions under uncertainty" Engineering Applications of Artificial Intelligence, (۲۰۰۹). ۲۲(۴-۵), ۷۹۶-۸۰۷. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2009.01.003>.
- [۲۲] Grigorjev I., "Introduction to modeling with anylogic * ^ simulation". Translated by Izadbakhsh, H., Shayani Mehr, P., Heshmati, M., Cheraghali, M. & Parvin, M. (۲۰۱۹). Tehran: Kharazmi University Press. (۲۰۱۵), first edition.
- [۲۳] Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Rahman, S. "Supply chain resilience: role of complexities and strategies", International Journal of Production Research, (۲۰۱۵). ۷۵۴۲, ۰. <https://doi.org/10.1080/00207179.2015.1093767>.
- [۲۴] Heidari Noghahi H., Ataei, M. and Khaloo Kakai, R. "Modeling and simulation of transportation system reliability (Case study: Zarmehr Torbat Heydariyeh gold mine)." Master Thesis. Mining Engineering Group. School of Mining Engineering, Geophysics and Petroleum. Shahroud University, (۲۰۱۵).
- [۲۵] Ho, W., Zheng, T., Yildiz, H., & Talluri, S. "Supply chain risk management: a literature review", International Journal of Production Research (۲۰۱۵), ۳۷-۴۱. <https://doi.org/10.1080/00207179.2015.1030477>.
- [۲۶] Holling, C.S. "Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics", (۱۹۷۳). ۴, ۱-۲۳.
- [۲۷] Hollnagel, E., Paries, J., Woods, D., Wreathall, J. "Resilience Engineering in Practice: A Guidebook. Prologue: the scope of resilience engineering", (۲۰۱۱), <https://books.google.com>.
- [۲۸] Iakovou, E., Vlachos, D. and Xanthopoulos, A. 'an analytical methodological framework for the optimal design of resilient supply chains'. (۲۰۰۷). Int. J. Logistics Economics and Globalisation, Vol. ۱, No. ۱, pp.۱-۲۰.



- [۲۹] Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., & Sheu, J. "Designing a supply chain resilient to major disruptions and supply / demand interruptions". *Transportation Research Part B*, (۲۰۱۶). ۹۴, ۱۲۱-۱۴۹. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.09.004>.
- [۳۰] Jafarnejad Chagoshi Ahmad, Alia Kazemi and Alireza Arab. "Identification and prioritization of customer resilience evaluation indicators based on the best-worst method". (۲۰۱۵) *Industrial Management Perspective*, No. ۲۲, pp. ۱۵۹-۱۸۶.
- [۳۱] Karimi, T., & Shahbazi, M. "Theory of gray systems and its applications", Negah Danesh Publications. (۲۰۱۸), first edition.
- [۳۲] Kazemi, Y., & Szmerekovsky, J. "Modeling downstream petroleum supply chain: The importance of multi-mode transportation to strategic planning. *Transportation Research*" (۲۰۱۵). Part E: Logistics and Transportation Review, ۸۳, ۱۱۱-۱۲۵. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.09.004>.
- [۳۳] Khanzadi, M., Nasirzadeh, F., Mir, M. and Nojedehi, P. "Prediction and improvement of labor productivity using hybrid system dynamics and agent-based modeling approach", *Construction Innovation*, (۲۰۱۹), Vol. ۱۸ No. ۱, pp. ۲-۱۹. <https://doi.org/10.1108/CI-06-2015-0034>.
- [۳۴] Lima, C., Relvas, S. & Barbosa-Póvoa, A. P. F. D. "Downstream oil supply chain management: A critical review and future directions", *Computers and Chemical Engineering*, (۲۰۱۶). ۹۲, ۷۸-۹۲. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.05.002>.
- [۳۵] Marcellino, F. J. M., & Sichman, J. S. "Oil Industry Supply Chain Management as a Holonic Agent Based Distributed Constraint Optimization Problem. (۲۰۱۰). <https://www.semanticscholar.org/paper>.
- [۳۶] Macal C.M & North M.J. "agent-based modeling & simulation", *Proceedings of the ۲۰۰۹ Winter Simulation Conference* M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin and R. G. Ingalls, (۲۰۰۹).eds. ۹۷۸-۱-۴۲۴۴-۵۷۷۱-۷/۰۹/\$۲۶,۰۰ ©۲۰۰۹ IEEE.
- [۳۷] Macal C.M. "Everything you need to know about agent-based modeling and simulation", *Journal of Simulation* (۲۰۱۶) ۱۰, ۱۴۴-۱۵۶ © ۲۰۱۶ Operational Research Society Ltd. All rights reserved. ۱۷۴۷-۷۷۷۸/۱۶.
- [۳۸] Menhat, Nur, M, S. "Performance measurement framework for the oil and gas supply chain"(۲۰۱۷). A thesis submitted in partial fulfilment for the requirements for the degree of Doctor of Philosophy at the University of Central Lancashire.
- [۳۹] Mensah, P., & Merkurjev, Y." Developing a resilient supply chain. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*",(۲۰۱۴). ۱۱۰, ۲۰۹-۲۱۹. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.875>.
- [۴۰] Mirhasani S. An operational planning models for petroleum products logistics under uncertainty. *Apple Math Comput.* (۲۰۰۸). ۱۹۶:۷۴۴-۵۱.
- [۴۱] Moradi Nasab, N., & Amin-Naseri, M. R. "Designing an integrated model for a multi-period, multi-echelon and multi-product petroleum supply chain" *Energy*, (۲۰۱۶). ۱۱۴, ۷۰۸-۷۲۳. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.140>.
- [۴۲] Namdar, J., Li, X., Sawhney, R., & Pradhan, N. Supply chain resilience for single and multiple sourcing in the presence of disruption risks. (۲۰۱۷). *International Journal of Production Research*, ۷۵:۴۳(September), ۱-۲۲. <https://doi.org/10.1080/00207179.2017.1370149>.
- [۴۳] National Iranian Oil Products Distribution Company. "Documentation of performance report of the National Iranian Oil Products Distribution Company", (۲۰۱۹).
- [۴۴] Peck, H. "Drivers of Supply Chain Vulnerability: An Integrated Framework." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* (۲۰۰۵). ۳۵ (۴): ۲۱۰-۲۳۲.
- [۴۵] Pettit, T.J., Fiksel, J. and Croxton, K.L." Ensuring supply chain resilience: Development of a conceptual framework". (۲۰۱۰). *Journal of Business Logistics*, ۳۱(۱), pp. ۰۱-۲۱.



- [٤٦] Qomi Oveili M., Jalali Naeini, S. GH. R, Tavakoli Moghaddam, R., Jabarzadeh, A. "Designing a closed-loop supply chain network under conditions of disruption and uncertainty, with product quality and resilience strategy", *Journal of Engineering and Quality Management*, (٢٠١٥). V.٦, No.٢.
- [٤٧] Ruiz-benitez, R., & Lopez, C., Real, J. C., "Environmental benefits of lean , green and resilient supply chain management", (٢٠١٧). The case of the aerospace sector, *Journal of Cleaner Production 167*, ٨٥٠-٨٦٢. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.201>.
- [٤٨] Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. "Research methods for business students". (٢٠٠٩). (٤th ed.). Essex: Person Education Limited.
- [٤٩] Sabouhi, F., Pishvae, M. S., & Jabalameli, M. S. "Computers & Industrial Engineering Resilient supply chain design under operational and disruption risks considering quantity discount : A case study of pharmaceutical supply chain". *Computers & Industrial Engineering*, (٢٠١٨). ١٢٦(June), ٦٥٧-٦٧٢. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.001>.
- [٥٠] Sinha, A. K., Aditya, H. K., Tiwari, M. K., & Chan, F. T. S. "Agent oriented petroleum supply chain coordination: Co-evolutionary Particle Swarm Optimization based approach", *Expert Systems with Applications*, (٢٠١١). ٣٨(٥), ٦١٣٢-٦١٤٥. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.11.004>.
- [٥١] Tang, C. S. Perspectives in Supply Chain Risk Management. *International Journal of Production Economics*. (٢٠٠٦), ١٠٣: ٤٥١-٤٨٨.
- [٥٢] Tang C S. "Robust strategies for mitigating supply chain disruptions", *International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management*, (٢٠٠٦). ٩:١, ٣٣-٤٥; <http://dx.doi.org/10.1080/13675060500405084>.
- [٥٣] Torabi, S. A., Baghersad, M., & Mansouri, S. A. Resilient supplier selection and order allocation under operational and disruption risks. *TRANSPORTATION RESEARCH (٢٠١٥). PART E*, ٧٩, ٢٢-٤٨. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.03.005>.
- [٥٤] Zahiri, B., Zhuang, J., & Mohammadi, M. (٢٠٢٠). Toward an integrated sustainable-resilient supply chain : a pharmaceutical casestudy. *Transportation Research Part E*, ١٠٢(٢٠١٧), ١٠٩-١٤٢. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.04.009>.
- [٥٥] Zsidisin, G.A. and Bob, R. Supply Chain Risk, *International Series in Operations Research & Management Science*, (٢٠٠٨). volume ١٢٤, New York: S