نشریه علمی علوم و فنون نوین هوانوردی
سال ۲، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴

الگوی تاب‌آوری لجستیک سوخت‌رسان دفاعی با تأکید بر مخازن سوخت هوایی مایع

شاهین فرهمندپی[1*]، هادی باغبانی[2]، محمدرضا شکاری[3]

۱-دانشگاه شیراز
۲-دانشگاه شهید ستاری
۳-دانشگاه شیراز

(دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۰۵)

چکیده:

تأمین سوخت یکی از ارکان اساسی لجستیک دفاعی محسوب می‌شود که نقشی حیاتی در حفظ آمادگی و چابکی نیروهای نظامی ایفا می‌کند. با توجه به ماهیت تهدیدات نوین و تغییرات سریع محیطی، تاب‌آوری زنجیره تأمین سوخت دفاعی، به‌عنوان عاملی بنیادین در مدیریت بحران، به‌ویژه در شرایط درگیری‌های نظامی، شناخته می‌شود. پژوهش حاضر با تمرکز بر مخازن سوخت هوایی مایع، اهمیت راهبردی و جایگاه آن‌ها را در تقویت توان دفاعی موردبررسی قرار می‌دهد. این پژوهش با بهره‌گیری از روش‌های کمی و کیفی انجام‌شده است. در این راستا، علاوه بر مرور اسناد کتاب‌خانه‌ای، از نظرات خبرگان این حوزه نیز استفاده شده‌است. پرسش‌نامه‌ای ساختارمند در میان متخصصان توزیع گردیده و داده‌های حاصل، به‌منظور کاهش عدم قطعیت و دستیابی به اجماع خبرگان، در دو مرحله با استفاده از روش دلفی فازی، طی دو رفت و برگشت تحلیل شده‌اند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که مخازن سوخت در سطوح راهبردی، عملیاتی و تاکتیکی نقشی اساسی در حفظ پایداری و استمرار زنجیره تأمین سوخت ایفا می‌کنند. بر این اساس، الگوهای ارائه‌شده نظیر آموزش و توانمندسازی کارکنان، افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی و مراکز توزیع، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم، تنوع‌بخشی در تأمین‌کنندگان و تدوین دستورالعمل‌های مدیریت بحران، می‌تواند به بهبود عملکرد لجستیک سوخت‌رسانی منجر شود. اجرای این راهبردها، در نهایت، نقش بسزایی در افزایش امنیت و تاب‌آوری دفاعی در مواجهه با شرایط بحرانی خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: تاب‌آوری زنجیره تأمین دفاعی، لجستیک سوخت‌رسانی دفاعی، مخازن سوخت هوایی مایع.

* ایمیل نویسنده مسئول: shaahin.farahmand@gmail.com

مقدمه

در دهه‌های اخیر تحولات قابل‌توجهی در نحوه تعاملات بین‌المللی صورت گرفته است که به‌طور فزاینده‌ای به تقابل چندجانبه در تمامی ابعاد زندگی جهانی تبدیل‌شده است (باغبانی، ۱۴۰۰). این تغییرات، اهمیت استفاده از رویکردهای جامع‌تری همچون تاب‌آوری و پدافند غیرعامل را در تأمین امنیت ملی و مدیریت بحران‌ها افزایش داده‌اند (قوچانی[۱] و همکاران، ۲۰۲۳). از این منظر، لجستیک و مدیریت زنجیره تأمین به‌عنوان ستون فقرات عملیات نظامی، نقش بی‌بدیلی در حفظ ثبات و امنیت کشورها ایفا می‌کنند (پورشاسب و نظری نژاد، ۱۳۹۹). لجستیک[۲] به‌عنوان فرآیند مدیریت راهبردی تهیه، جابجایی و ذخیره‌سازی مواد، قطعات و محصولات نهایی به همراه جریان‌های اطلاعاتی مرتبط، تلاش می‌کند تا کارایی و بهره‌وری را در تمامی مراحل زنجیره تأمین به حداکثر برساند (کریستوفر[۳]، ۲۰۱۱). بااین‌حال، در دنیای پر از ناپایداری و نوسان امروز، این زنجیره‌ها بیش‌ازپیش در معرض بحران‌ها و شوک‌های غیرمنتظره قرار دارند و به‌طور فزاینده‌ای آسیب‌پذیر شده‌اند (لیئو[۴] و همکاران، ۲۰۲۳). ازاین‌رو، تاب‌آوری به‌عنوان توانایی زنجیره تأمین برای مقابله با اختلالات غیرمنتظره، یک ویژگی ضروری برای زنجیره‌های تأمین مدرن، به‌خصوص لجستیک دفاعی، به شمار می‌آید (وایت[۵] و همکاران، ۲۰۱۵).

تجربه جنگ روسیه و اوکراین نشان می‌دهد که تأمین مداوم قطعات یدکی، سوخت و سایر تجهیزات برای نیروهای نظامی، به‌ویژه در شرایط بحرانی، نقشی حیاتی در موفقیت نهایی آن‌ها ایفا می‌کند. کمبود قطعات یدکی و سوخت، چالش‌های عمده‌ای در نگهداری و پشتیبانی تجهیزات نظامی ایجاد کرده و بر زمان‌بندی تحویل تجهیزات پیشرفته تأثیر می‌گذارد (داود[۶] و همکاران، ۲۰۲۳). تأمین سوخت و اقلام روغنی یکی از دسته‌های آماد و پشتیبانی دفاعی است که آمادگی و چابکی نیروهای در نبرد را تأمین می‌کند (اکبر[۷] و همکاران، ۲۰۲۴). «لجستیک سوخت می‌تواند جنگ را متوقف کند؛ نیروها تنها تا زمانی می‌توانند حرکت و حمله کنند که وسایل نقلیه و سیستم‌های تسلیحاتی‌شان سوخت، روغن و روان‌کننده‌ها دریافت کنند. موفقیت نهایی ممکن است به داشتن مقدار کافی سوخت برای پشتیبانی از نیازهای تحرک سیستم‌های تسلیحاتی هوایی و زمینی بستگی داشته باش» (ستاد فرماندهی ارتش ایالات‌متحده آمریکا[۸]، ۱۹۹۳).

مخازن مایع یکی از تجهیزات اساسی در مراحل ابتدایی تا نهایی لجستیک سوخت‌رسانی و انرژی به شمار می‌روند. این مخازن به دلیل حجم بالای سوخت نگهداری‌شده و استفاده از مصالح فلزی با ضخامت کم، به دلیل ملاحظات اقتصادی در مهندسی، هدفی مهم و آسیب‌پذیر برای مختل کردن توان و چابکی لجستیک دفاعی کشورهای درگیر محسوب می‌شوند. ازاین‌رو، تاب‌آوری مخازن در راستای پیش‌بینی و جلوگیری از تهدیدات انفجاری، مقابله با این تهدیدات، سازگاری با تهدیدات بالقوه دیگر و بازیابی پس از اختلال، اهمیت زیادی دارد (موهانتی[۹] و همکاران، ۲۰۲۴). برای دستیابی به این مهم، لازم است جایگاه این مخازن سوخت هوایی در لجستیک سوخت‌رسانی دفاعی شناخته و تبیین شود تا مدیران و فرماندهان بتوانند اقدامات و تدابیر مدیریتی خود را برای کاهش آسیب‌پذیری‌ها، پس از شناسایی آسیب‌پذیرترین بخش‌های لجستیک سوخت‌رسانی دفاعی، به دقت تنظیم و بهینه کنند. ازاین‌رو، در این تحقیق تلاش شده است تا الگوی تاب‌آوری لجستیک سوخت‌رسانی دفاعی با تأکید بر مخازن سوخت هوایی مایع تبیین شود. این

---

[1] . Ghouchani

[۲] . با استناد به فرهنگ هزار واژه نظامی مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی در سال ۱۳۹۲، لجستیک معادل عبارت روبه‌رو معنا می‌شود:«علم طرح‌ریزی و جابه‌جایی و نگهداری نیروها عمدتاً کامل طراحی و توسعه و فراهم‌سازی و انبارش و انتقال و توزیع مواد و اقلام؛ جابه‌جایی و تخلیه و بستری کردن نیروها در صورت لزوم؛ فراهم‌سازی و ساخت و نگهداری و جابه‌جایی تجهیزات و ارائه خدمات»

[3] . Christopher
[4] . Liu
[5] . White
[6] . Dowd
[7] . Akbar
[8] . U.S. Headquarters Department of the Army
[9] . Mohanty

پژوهش با اسـتفاده از روش‌های کمی و کیفی، مبتنی بر مطالعات کتابخانه‌ای و تحلیل پرسـش‌نامه با بهره‌گیری از روش دلفی فازی، به طراحی الگوی تاب‌آوری پرداخته است.

اصطلاحات

لجستیک دفاعی

آماد و پشتیبانی (لجستیک دفاعی) شاخه‌ای از زنجیره تأمین نیروهای مسلح است که اجرای خدمات و اطلاعات مرتبط با تولید، مصـرف و برآورده‌سازی نیازهای نیروهای مسـلح را برعهده دارد (صـراف جوشـقانی و همکاران، ۱۳۹۱). این شـاخه مسئول برآورده‌سازی نیازهای مختلفی همچون وسایل، ماشین‌آلات، تأسیسات، تجهیزات و قطعات است و شامل تمامی امور مربوط به فراهم کردن، تولید، ذخیره‌سـازی، نگهداری، حمل‌ونقل و توزیع براسـاس قواعد و دسـتورالعمل‌های تعریف‌شـده می‌باشـد (کاظمی، ۱۳۹۰). آماد و پشـتیبانی نیروهای مسـلح به ۱۰ گروه اصـلی دسـته‌بندی می‌شـود (باقری، ۱۳۸۷): ۱. جیره و علیق؛ ۲. اقلام غیرعمده، جداول سـازمانی و تجهیزات، جداول سـهمیه و توزیع؛ ۳. مواد نفتی، انواع سوخت مایع، گاز و جامد، انواع روغن‌ها و ...؛ ۴. مصالح ساختمانی و کلیه وسایل نصب‌شده در ساختمان و مصالح سد و موانع؛ ۵. انواع مهمات و مواد منفجره، چاشنی‌ها و سایر اقلام؛ ۶. وسایل مورداستفاده شخصی؛ ۷. اقلام عمده مانند خودرو نظامی، تانک، پرتابگرها و ...؛ ۸. اقلام بهداری و پزشـکی، دندانپزشـکی و قطعات یدکی بهداری؛ ۹. قطعات یدکی؛ ۱۰. وسایل مورداستفاده در پشتیبانی برنامه‌های غیرنظامی مانند وسایل کشاورزی و ... .

تاب‌آوری

تاب‌آوری زنجیره تأمین یک قابلیت چندوجهی، شـامل توانایی پیش‌بینی اختلالات، مقاومت در برابر آن‌ها، تطبیق با تغییرات و بازیابی از اختلالات پیش‌بینی‌نشده و غیرمنتظره می‌باشد (ویلار[1] و همکاران، ۲۰۲۳).

زنجیره تأمین

زنجیره تأمین شـبکه‌ای از افراد و شـرکت‌ها اسـت که در تولید و تحویل یک محصـول به مصـرف‌کننده نهایی مشـارکت دارند. این زنجیره از تأمین مواد اولیه آغاز و تا تحویل محصـول نهایی به کاربر ادامه می‌یابد. زنجیره تأمین شـامل مراحل جمع‌آوری مواد اولیه، تولید، حمل‌ونقل، انبارداری و توزیع اسـت که هر مرحله نیازمند هماهنگی و همکاری برای بهبود عملکرد و کیفیت محصولات است (کنکام[2] و همکاران، ۲۰۲۳).

حملات تروریستی

این حملات به عنوان عملیات‌های خشـونت‌آمیز عمدی تعریف می‌شـوند که توسـط افراد یا گروه‌ها با هدف ایجاد آسـیب، ترس یا اختلال در جامعه انجام می‌شـوند. این حملات معمولاً با اسـتفاده از مواد منفجره نظیر کیف‌های انتحاری یا خودروهای حامل مواد منفجره صورت می‌گیرند و علاوه بر تلفات جانی، می‌توانند به ساختمان‌ها و زیرساخت‌ها نیز آسیب برسانند (آژانس مدیریت اضطراری فدرال ایالات متحده آمریکا ۴۲۷[3]، ۲۰۰۳).

تهدیدات هوایی (حملات نظامی هواپایه)

[1] . Villar
[2] . Kankam
[3] . Federal Emergency Management Agency

این نوع حملات شامل استفاده از ادوات هوایی برای ارسال سلاح به هدف‌های زمینی است و برخلاف حملات تروریستی، توسط ارتش‌ها و سازمان‌های دولتی انجام می‌شوند.

تهدیدات زمین به زمین (موشکی و توپخانه‌ای)

این تهدیدات شامل استفاده از سامانه‌های موشکی و توپخانه‌ای برای هدف‌گیری اهداف زمینی است.

ادبیات پژوهش

لجستیک سوخت‌رسان

مرحله نخست در مدیریت ریسک، درک فرآیندهای داخلی زنجیره تأمین به‌منظور شناسایی تهدیدات و مصون‌سازی در مقابل آن‌ها است. با شناسایی آسیب‌پذیری‌های داخلی، زنجیره تأمین قادر خواهد بود تا محیط خارجی را برای تشخیص نشانه‌های خطر پایش کرده و راهبردهای کاهش ریسک و طرح‌های آمادگی مناسب تدوین کند. هر زنجیره تأمین دارای پروفایل ریسک منحصربه‌فردی است که باید در توسعه راهبردهای مدیریت ریسک مدنظر قرار گیرد (مدرسه مدیریت کرنفیلد[1]، ۲۰۰۳). در این راستا، چهار مرحله اساسی مطرح است: شناسایی زیرساخت‌های حیاتی، شامل فرآیندها، ارتباطات، افراد، مقررات، برنامه‌ها و تجهیزات که از توانایی زنجیره تأمین در تأمین نیازهای مشتریان پشتیبانی می‌کنند (همان)؛ شناسایی آسیب‌پذیری‌ها که شامل عناصری می‌شود که سایر اجزای زنجیره به آن‌ها وابسته‌اند، مانند تأمین‌کنندگان با زمان تأمین طولانی، محدودیت‌ها در فرآیندها و ضعف‌های زیرساختی (همان؛ ویلار[2] و همکاران، ۲۰۲۳)؛ مدل‌سازی سناریوها که زنجیره‌های تأمین تاب‌آور با ایجاد سناریوهای مختلف بحران، نقاط قوت و ضعف خود را ارزیابی می‌کنند (وامبا[3] و کی‌روش[4]، ۲۰۲۲)؛ توسعه پاسخ‌ها که پس از ارزیابی سناریوها و شناخت دقیق آسیب‌پذیری‌های عملیاتی و تأثیر آن‌ها بر اهداف عملکردی، راهکارهایی برای کاهش ریسک و تقویت توان انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین ارائه می‌شود (کیریستوفر[5]، ۲۰۱۱).

گسترش لجستیک در عملیات دفاعی نقش کلیدی در عملکرد مؤثر نیروهای نظامی ایفا می‌کند. ارکان لجستیک دفاعی شامل موارد زیر است: برنامه‌ریزی و هماهنگی که با برنامه‌ریزی راهبردی، حرکت منابع، نیروها و تجهیزات را در زمان صلح و جنگ هماهنگ می‌کند (آرمون، ۱۳۸۵)؛ تخصیص منابع که از طریق بهینه‌سازی منابع مالی، انسانی، طبیعی و صنعتی به حمایت از تلاش‌های نظامی می‌پردازد (دپارتمان فرماندهی نیروی دریایی، یگان تفنگداران دریایی ایالات‌متحده آمریکا[6]، ۲۰۲۳)؛ مدیریت زنجیره تأمین که تأمین تجهیزات، قطعات یدکی و سوخت را مدیریت کرده و کارایی عملیاتی را بهبود می‌بخشد (دپارتمان سوخت و آب مدرسه کوارترمستر ارتش ایالات‌متحده آمریکا[7]، ۲۰۲۱)؛ توسعه زیرساخت که با ایجاد و بهبود زیرساخت‌های مورد نیاز، قابلیت‌های نظامی را تقویت می‌کند (دپارتمان نیرو هوایی ایالات‌متحده آمریکا[8]، ۲۰۲۳).

تأمین سوخت در تمامی سطوح عملیات هوایی به‌صورت برنامه‌ریزی‌شده و اجرایی انجام می‌شود. در سطح راهبردی، تأمین سوخت شامل ترکیبی از ارگان‌ها، نهادها و سازمان‌های تجاری در انتهای زنجیره تأمین است. این سطح بر پیش‌بینی و تأمین نیازهای بلندمدت سوخت متمرکز بوده و از مراکز صنعتی کشور برای افزایش توان رزمی و حفظ

---

1 . Cranfield School of Management
2 . Villar
3 . Wamba
4 . Queiroz
5 . Christopher
6 . Department of the Navy Headquarters United States Marine Corps
7 . U.S. Army, Petroleum & Water Department of Quartermaster School
8 . Department of the United State Air Force

انعطاف‌پذیری در مواجهه با محیط‌های پیچیده استفاده می‌کند (ستاد مشترک ارتش ایالات‌متحده آمریکا[1]، ۲۰۱۶). در سطح عملیاتی، اهداف راهبردی با قابلیت‌های تاکتیکی نیروها ادغام شده تا نیازهای عملیاتی برآورده شود. تأمین لجستیک سوخت هوایی در این سطح با چالش‌های عمده‌ای مواجه است (همان). در سطح تاکتیکی، سیستم‌های ذخیره و توزیع سوخت برای حمایت از نیروها نصب و اجرا می‌شود. واحدهای تاکتیکی پشتیبانی خود را از سطوح راهبردی و عملیاتی برای تأمین سوخت هوایی دریافت می‌کنند (همان).

لجستیک سوخت‌رسانی به نیروهای نظامی به دو صورت توسعه‌یافته و توسعه‌نیافته تقسیم‌بندی می‌شود که به شرح روبه‌رو هستند؛ در تئاتر توسعه‌نیافته[2]، سوخت عمده معمولاً با استفاده از انواع مختلفی از سیستم‌های موقت و با قابلیت راه‌اندازی سریع، توزیع می‌شود. این سیستم‌ها شامل سیستم تخلیه سوخت فراساحلی[3] (OPDS) در عملیات فراساحل، سیستم توزیع سوخت داخلی[4] (IPDS) و سایر سیستم‌های انعطاف‌پذیر هستند (ستاد فرماندهی ارتش ایالات‌متحده آمریکا[5]،۲۰۲۲). در تئاتر توسعه‌یافته[6]، سوخت عمده معمولاً به‌صورت محلی تهیه نمی‌شود و از کشتی‌های اقیانوس‌پیما در پایانه‌های دریایی دریافت یا با استخراج نفت و پالایش تهیه می‌شود و از طریق خط لوله به مزرعه‌های مخزن[7] منتقل می‌شود. در این سیستم ممکن است امکان اجرای انبارهای مخزن سوخت هوایی عمده نیمه دائمی تا دائمی وجود داشته باشد (ستاد فرماندهی ارتش ایالات‌متحده آمریکا،۲۰۲۲).

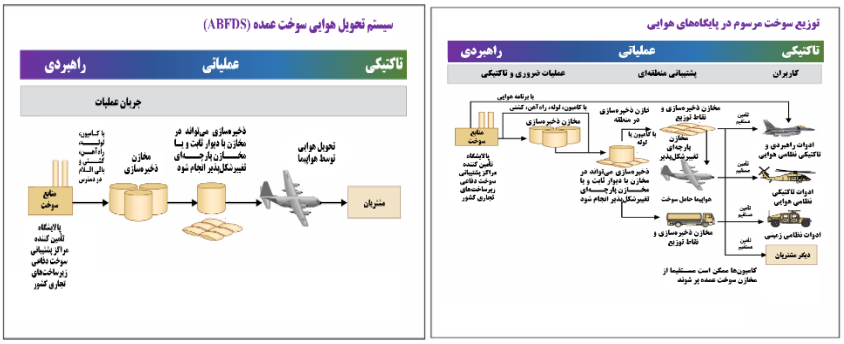
در عملیات تأمین و توزیع سوخت در آماد و پشتیبانی نظامی، زیرساخت‌های تاب‌آور برای حمایت از این فرآیند ضروری هستند. سوخت از منابع ذخیره نظامی یا تجاری امن به نواحی عملیاتی منتقل می‌شود و نیازمند هماهنگی پیچیده است. در مراحل اولیه، زیرساخت‌های پشتیبانی از ترکیب دارایی‌های تجاری و نظامی تشکیل می‌شود و با تجهیزات زمینی، هوایی و دریایی نیروهای نظامی تکمیل می‌شود (ستاد مشترک ارتش ایالات‌متحده آمریکا، ۲۰۱۶).

زمانی که خطوط ارتباطی سوخت امن نیستند یا عملیات در مناطق غیرمتصل انجام می‌شود، از هواپیماهای پشتیبانی با کامیون‌های سوخت‌رسان و مخازن تغییرشکل‌پذیر استفاده می‌شود. سیستم تحویل هوایی سوخت عمده (ABFDS[8]) به هواپیماهای باربری و تانکر این امکان را می‌دهد سوخت را به سیستم‌های ذخیره‌سازی تاکتیکی منتقل کنند، اما این روش به دلیل محدودیت ظرفیت و هزینه‌های بالا، راهکار ایده‌آلی برای عملیات بزرگ نیست و فقط در مواقع ضروری انجام می‌شود (ستاد مشترک ارتش ایالات‌متحده آمریکا، ۲۰۱۶) (شکل ۱). لجستیک سوخت در پایگاه‌های هوایی در شکل ۱ نشان داده‌شده است.

لوله‌ها یکی از بهترین و کارآمدترین روش توزیع سوخت در عملیات نظامی هستند، به‌ویژه برای انتقال سوخت عمده از پایانه‌ها و مکان‌های ذخیره‌سازی به ناحیه درگیر. در مراحل اولیه عملیات، از لوله نظامی موقت (IPDS[9]) برای انتقال سوخت استفاده می‌شود، درحالی‌که لوله‌های دائمی و تجاری در مراحل بعدی به کار می‌روند. پایگاه‌های هوایی و مکان‌های عملیاتی نیز در صورت امکان از طریق سیستم‌های لوله‌کشی تاکتیکی سوخت‌رسانی می‌شوند. استفاده از این سیستم‌ها نیازمند منابع مهندسی، حمل‌ونقل و حمایت امنیتی گسترده است (ستاد مشترک ارتش ایالات‌متحده آمریکا، ۲۰۱۶).

---

[1] . U.S. Joint Chiefs of Staff
[2] . Undeveloped theater
[3] . Offshore petroleum discharge system
[4] . Inland petroleum distribution system
[5] . U.S. Headquarters Department of the Army
[6] . Developed theatre
[7] . Tanks farms
[8] . Aerial bulk fuel delivery system
[9] . Inland petroleum distribution system



شکل ۱. لجستیک سوخت در پایگاه‌های هوایی و تحویل هوایی سوخت عمده (ستاد مشترک ارتش ایالات‌متحده آمریکا، ۲۰۱۶)

یک مرکز پشتیبانی سوخت دفاعی و تأمین‌کننده‌های تجاری نقش و مسئولیت کلیدی در ذخیره‌سازی و توزیع سوخت برای نیروهای دفاعی ایفا می‌کنند. این مراکز از طریق ذخیره‌سازی و مدیریت سوخت، مسئول نگهداری ایمن انواع سوخت مانند سوخت‌های هواپیما، دیزل و بنزین در مخازن مایع هستند و موجودی و سوابق معاملات سوخت را مدیریت می‌کنند (داود و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین، کنترل کیفیت از طریق آزمایش و بازرسی‌های منظم به‌منظور اطمینان از کیفیت سوخت برای استفاده در تجهیزات نظامی در این مراکز انجام می‌شود (وزارت دفاع استرالیا[1]، ۲۰۰۲). در بخش توزیع سوخت، این مراکز با هماهنگی واحدهای حمل‌ونقل، سوخت را به‌موقع به واحدهای نظامی و مناطق عملیاتی تحویل می‌دهند (ستاد فرماندهی ارتش ایالات‌متحده آمریکا[2]،۲۰۲۲). در این مراکز برای حفظ امنیت، پروتکل‌های نظارتی و کنترل دسترسی برای حفاظت از مخازن اجرا می‌شود (دپارتمان سوخت و آب مدرسه کوارترمستر ارتش ایالات‌متحده آمریکا[3]، ۲۰۲۱: ۵). علاوه بر این، این مراکز با پایبندی به مقررات محیط‌زیستی، اقدامات پیشگیرانه‌ای برای جلوگیری از نشت و آلودگی انجام می‌دهند (بلچر[4] و همکاران، ۲۰۲۰).

انواع سوخت مورد استفاده در یگان‌های هوایی

سوخت‌های جت و موتورهای پیستونی هوایی، هر یک با ویژگی‌های خاص خود، برای تأمین قدرت در هواپیماها استفاده می‌شوند. سوخت جت که عمدتاً در موتورهای توربین گاز مورداستفاده قرار می‌گیرد، به دلیل قابلیت جریان‌یابی در دماهای بسیار پایین و داشتن فشار بخار مناسب، برای پرواز در ارتفاعات بالا و سرعت‌های زیاد مناسب است (لونینگ‌پارک[5] و همکاران، ۲۰۲۱). از مهم‌ترین ویژگی‌های این سوخت، نقطه انجماد پایین و توانایی تقطیر در دماهای خاص است تا در شرایط سرمایی همچنان کارایی خود را حفظ کند (کورمن[6] و سانگ، ۲۰۱۰)؛ سوخت جت یا سوخت توربین هوانوردی نوعی سوخت هوانوردی است که برای استفاده در هواپیماهای مجهز به موتورهای توربین گاز طراحی‌شده است. این سوخت در ظاهر بی‌رنگ یا کاه‌گلی است. متداول‌ترین سوخت‌ها برای هوانوردی تجاری، JET A و JET A-1 هستند که بر اساس مشخصات بین‌المللی استاندارد تولید می‌شوند. سازمان‌های نظامی در سراسر جهان از یک سیستم طبقه‌بندی متفاوت برای اعداد سوخت جت استفاده می‌کنند. برخی از آن‌ها تقریباً مشابه نظیرهای غیرنظامی خود هستند و فقط

[1] . Australia’s Department of Defence
[2] . U.S. Headquarters Department of the Army
[3] . U.S. Army, Petroleum & Water Department of Quartermaster School
[4] . Belcher
[5] . Luning Prak
[6] . Kumar

توسط مقادیری از چند افزودنی متفاوت هستند. گاهی اوقات سوخت‌های جت به عنوان سوخت کروزین[۱] یا نفتا[۲] طبقه‌بندی می‌شوند. سوخت‌های نوع کروزین (A.T.K[۳]) شامل JET A، JET A-1، JP-5 و JP-8 هستند. سوخت‌های جت نوع نفتا، گاهی اوقات به عنوان سوخت‌های جت «برش وسیع» شناخته می‌شوند که JET B و JP-4 از این نوع هستند (ستاد فرماندهی ارتش ایالات‌متحده آمریکا،۲۰۲۲). خصوصیات انواع سوخت جت در پیوست گزارش‌شده است. در مقابل، سوخت‌های موتورهای پیستونی هوایی مانند بنزین هوایی (AVGAS[۴]) در موتورهای احتراق داخلی استفاده می‌شوند. این سوخت به دلیل تمیزی و دقت در تولید و ذخیره‌سازی، برای جلوگیری از احتراق ناخواسته اهمیت زیادی دارد و معمولاً برای افزایش مقاومت در برابر انفجار، حاوی تتراتیل سرب است. LL-100[۵] متداول‌ترین نوع این سوخت است که در هواپیماهای کوچک و متوسط با موتور پیستونی استفاده می‌شود (ستاد فرماندهی ارتش ایالات‌متحده آمریکا،۲۰۲۲).

بنزین نیز سوختی است که از نفت به دست می‌آید و در موتورهای احتراق داخلی استفاده می‌شود. این ترکیب از هیدروکربن‌ها، با رتبه اکتان مشخص می‌شود که ویژگی ضداحتراق آن را تعیین می‌کند. افزودنی‌هایی مانند اکسیژنات‌ها (مثل متیل ترت–بوتیل اتر) و الکل‌ها (مثل اتانول) برای بهبود رتبه اکتان و کاهش خروجی استفاده می‌شوند (ستاد فرماندهی ارتش ایالات‌متحده آمریکا،۲۰۲۲). همچنین، سوخت دیزل، در موتورهای دیزل استفاده می‌شود و اشتعال آن بدون جرقه رخ می‌دهد. این سوخت سنگین‌تر از بنزین است و انواع مختلفی دارد که هر یک برای شرایط خاص طراحی‌شده‌اند. سوخت‌های دیزل DF-1 و DF-2 به دلیل ویژگی‌های خود در شرایط مختلف آب و هوایی استفاده می‌شوند (ورمایر[۶]، ۲۰۲۱). هر نوع سوخت ویژگی‌ها و کاربردهای خود را دارد که به نیازهای خاص پاسخ می‌دهند.

از طرفی استانداردسازی از طریق کاهش تنوع محصولات و استفاده از سوخت‌های جهانی، می‌تواند هزینه‌ها را کاهش داده و انعطاف‌پذیری عملیاتی را افزایش می‌دهد. این امر به نیروها امکان استفاده از تجهیزات قابل تنظیم و سازگار با سوخت‌های جایگزین را می‌دهد و هماهنگی در لجستیک سوخت را بهبود می‌بخشد، که برای ارسال سوخت به موقع و در مکان مورد نیاز اهمیت دارد (ستاد مشترک ارتش ایالات‌متحده آمریکا، ۲۰۱۶).

تهدیدات و دشمن‌شناسی

تهدیدات انفجاری که توسط انسان ایجاد می‌شوند، بر اساس زمینه و هدف آن‌ها، به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. این دسته‌ها با توجه به مخازن به عنوان هدف ثابت و روی زمین شامل حملات تروریستی، حملات نظامی هواپایه و حملات زمین–دریا به زمین هستند.

نیروی هوایی ایالات‌متحده آمریکا دارای مجموعه‌ای از تسلیحات متنوع شامل جنگنده‌ها، بمب‌افکن‌ها و پهپادها است. جنگنده‌هایی مانند F-16 با توانایی حمل موشک AGM-65 موریک[۷]، F-22 رپتور[۸] با قابلیت حمل دو مهمات

---

۱. کروزن (Kerosene) یک مایع هیدروکربن قابل اشتعال است که به طور گسترده‌ای به عنوان سوخت، در صنعت و در خانه‌ها استفاده می‌شود کروزن به طور گسترده‌ای برای تأمین نیروی موتورهای جت هواپیما (سوخت جت) و برخی از موتورهای موشک استفاده می‌شود (ستاد فرماندهی ارتش آمریکا،۲۰۲۲: ۶–۲).

۲. نفتا (Naphtha) در صنعت هوانوردی، یک نوع سوخت هوایی است که اصولاً از فرآیند پالایش نفت خام به دست می‌آید. این به دسته سوخت‌های «کروزن» تعلق دارد که برای تغذیه موتورهای جت در هواپیماها استفاده می‌شوند. سوخت هوایی نفتی معمولاً دارای نقطه اشتعال نسبتاً پایینی است و با چگونگی پرانرژی خود مشخص‌شده است که مناسب برای استفاده در موتورهای جت می‌باشد.

3. Aviation turbine kerosene
4. Aviation gasoline
5. One hundred low lead
6. Vermeire
7. Maverick
8. Raptor

۴۳۵ کیلوگرمی GBU-32 JDAM[۱] به همراه یک توپ چرخشی داخلی M61A2 والکان[۲] ۲۰ میلی‌متری در داخل خود و F-35A با قابلیت حمل موشک‌های کروز AGM-158 JASSM[3] و سیستم‌های پیشرفته پنهان‌کاری، توانایی انهدام اهداف زمینی را دارند. بمب‌افکن‌هایی مانند B-1B لنسر[۴]، B-52H و B-2 اسپیریت[۵] نیز از ستون‌های اساسی نیروی بمب‌افکنی آمریکا محسوب می‌شوند که با توانایی حمل انواع مهمات هدایت‌شده و هدایت‌نشده، قابلیت انجام عملیات‌های متنوع را دارند. پهپادهای MQ-1B پریدتور[۶] و MQ-9 ریپر[۷] با امکان انجام مأموریت‌های ۲۴ ساعته و استفاده از موشک AGM-114 هلیفایر[۸]، قابلیت حملات دقیق به اهداف زمینی را فراهم می‌کنند. خصوصیات سکوهای یادشده در پیوست گزارش‌شده است (وب‌سایت رسمی نیروی هوایی ارتش ایالات‌متحده آمریکا).

انگلستان، فرانسه و رژیم صهیونیستی نیز دارای تسلیحات هوایی پیشرفته هستند. در فرانسه، جنگنده چندمنظوره رافال[۹] با قابلیت حمله هسته‌ای و استفاده از سلاح‌های پیشرفته هوایی به زمین مانند «هامر[۱۰]» AASM به عنوان سنگ بنای توانمندی‌های هوایی این کشور شناخته می‌شود (گروه اطلاعاتی جین۱۱، ۲۰۲۳: ۲۴۱). در انگلستان، جنگنده تایفون[۱۲] به عنوان دارایی برجسته نیروی هوایی عمل می‌کند که با موشک‌هایی مانند استورم شدو[۱۳] و بیرمستون[۱۴] مجهز شده است (وب‌سایت رسمی نیرو هوایی سلطنتی بریتانیا). رژیم صهیونیستی نیز از نسخه‌های تغییریافته F-16 و F-35 آدیر[۱۵] به همراه پهپادهای Heron TP و موشک‌های AGM-158 JASSM و AGM-154 JSOW-ER برای انجام حملات هوایی خود استفاده می‌کند (گروه اطلاعاتی جین۱۶، ۲۰۲۳).

الگوی تاب‌آوری

تاب‌آوری زیرساخت‌ها متشکل از چهار اصل بنیادی است که هر کدام نقش حیاتی در کاهش اثرات اختلالات و بازیابی سریع‌تر دارند. آمادگی[۱۷] به معنای پیش‌بینی و برنامه‌ریزی برای مواجهه با شرایط غیرعادی و خارج از نرمال است. این اصل شامل شناسایی تهدیدهای اصلی، آسیب‌پذیری‌ها و توسعه برنامه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت است (علیزاده، ۱۴۰۰؛ تورتورلا[۱۸] و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین ممکن است به‌صورت غیررسمی از طریق توسعه سرمایه اجتماعی و همکاری‌های بیشتر ایجاد شود (لوپز[۱۹] و همکاران، ۲۰۱۶). جذب[۲۰] به معنای تحمل یک اختلال با حداقل خسارت و بدون از دست دادن عملکرد نرمال سیستم است. این اصل شامل اقداماتی است که سیستم را قادر می‌سازد استرس‌ها را

---

[۱] . طراحی‌شده توسط شرکت بوئینگ برای نیروی هوایی و نیروی دریایی ایالات‌متحده آمریکا، کیت دم جهت هدایت حمله مستقیم (Joint Direct Attack Munition) برای تبدیل بمب‌های غیر هدایت‌شده و ناهوشمند، به بمب‌های هوشمند و دقیق واحد هدایت‌شده (Guided Bomb Units) در تمامی آب‌وهواها استفاده می‌شود (www.nationalmuseum.af.mil).

[2] . Vulcan

[3] . (Joint air-to-surface standoff missile) موشکی که قادر است پس از پرتاب توسط هواپیما خارج از برد دفاع موشکی به هدفی زمینی دور حمله کند (www.collinsdictionary.com).

[4] . Lancer
[5] . Spirit
[6] . Predator
[7] . Reaper
[8] . Hellfire
[9] . Rafale
[10] . Hammer
[11] . Jane's Information Group
[12] . Typhoon
[13] . Storm Shadow
[14] . Brimstone
[15] . Adir
[16] . Jane's Information Group
[17] . Preparation
[18] . Tortorella
[19] . Lopez
[20] . Absorption

جذب کرده و به کاهش دامنه اختلال کمک کند (نوروزی نژاد فارسنگی[1] و همکاران، ۲۰۱۹؛ یگان مهندسین ارتش ایالات متحده آمریکا[2]، ۲۰۲۰). بازیابی[3] به معنای بازگشت سیستم به عملکرد اولیه پس از اختلال است که با توجه به جذب مؤثر، مدت‌زمان بازیابی کاهش می‌یابد (کاتسالیاکی[4] و همکاران، ۲۰۲۳؛ لیو[5] و همکاران، ۲۰۲۳). در نهایت، سازگاری به معنای تنظیم سیستم‌ها به‌منظور پاسخ به اختلال یا شرایط جدید و استفاده از فرصت‌های مثبت یا کاهش تأثیرات منفی است. سازگاری ممکن است منجر به ایجاد شرایطی جدید شود که عملکرد سیستم را بهبود بخشد و یا در مقابله با دیگر تهدیدات از سیستم صیانت کند (بلهادی[6] و همکاران، ۲۰۲۱؛ ناز[7] و همکاران، ۲۰۲۲). این اصول به‌عنوان چرخه تاب‌آوری شناخته می‌شوند که به افزایش تاب‌آوری زیرساخت‌ها کمک می‌کند.

الگوهای تاب‌آوری در زیرساخت‌ها به الگوها و روش‌هایی اشاره دارند که به سیستم‌ها کمک می‌کنند تا در مواجهه با چالش‌ها یا بحران‌ها بهبود یابند و سازگار شوند. این الگوها برای اطمینان از پایداری، کارایی و پیوستگی اجزای زیرساختی حیاتی مانند شبکه‌های سوخت‌رسان هوایی، شبکه‌های انرژی، سیستم‌های ارتباطی و غیره بسیار اساسی هستند (تانگ[8] و همکاران، ۲۰۲۳). در زیر برخی از الگوهای تاب‌آوری رایج پیرامون زنجیره تأمین مرتبط با موضوع تحقیق گزارش‌شده است.

- سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم: یکی از اقدامات کلیدی، سرمایه‌گذاری در طراحی و بهره‌گیری از فناوری‌های مقاوم در برابر حوادث شدید آب‌وهوایی، بلایای طبیعی، جنگ و سایر خطرات احتمالی است. این الگو می‌تواند منجر به افزایش ظرفیت جذب و آمادگی در زیرساخت‌های حیاتی به مانند مخازن سوخت هوایی، شود (پادمانابی[9] و همکاران، ۲۰۲۲).
- افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی و توزیع: افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی و پراکندگی مراکز ذخیره‌سازی در مکان‌های جغرافیایی مختلف از دیگر اقدامات مؤثر است. این راهکار موجب اطمینان از وجود ذخایر کافی در شرایط بحرانی و کاهش خطرات جغرافیایی از جمله تهدیدات انفجاری و بلایای طبیعی می‌شود. همچنین، این رویکرد با رعایت اصل آمادگی و سازگاری، توان مقابله با مخاطراتی همچون انفجار، زلزله و طوفان را تقویت می‌کند (کشاورز قرابائی[10]، ۲۰۲۱).
- برنامه‌های پاسخ اضطراری: تدوین برنامه‌های جامع برای پاسخ به شرایط اضطراری، شامل دستورالعمل‌ها و رویه‌های مدیریت بحران در عملیات توزیع، از دیگر الگوهای کلیدی است. این برنامه‌ها، با پیش‌بینی سناریوهای مختلف همچون کمبود تأمین و خرابی زیرساخت‌ها، می‌توانند سرعت بازیابی را افزایش داده و اصل آمادگی را تقویت کنند. به‌این‌ترتیب، زیرساخت‌های لجستیک سوخت‌رسانی دفاعی قادر به حفاظت از دارایی‌های حیاتی خود به مانند مخازن سوخت هوایی مایع، خواهند بود (پنادس[11] و همکاران، ۲۰۱۷).
- آموزش و توانمندسازی: ارائه برنامه‌های آموزشی و توانمندسازی برای کارکنان زنجیره تأمین از دیگر اقداماتی است که به بهبود مدیریت بحران و افزایش تاب‌آوری منجر می‌شود. این برنامه‌ها شامل تمرینات منظم، شبیه‌سازی‌ها و فعالیت‌های توسعه مهارت است که اصول آمادگی، جذب و بازیابی را تقویت می‌کند (آقاحسینی‌اشکاوندی، رضایی دولت‌آبادی و نیلی پورطباطبایی، ۱۳۹۵).

---

[1] . Noroozinejad Farsangi
[2] . U.S. Army Corps of Engineers
[3] . Recovery
[4] . Katsaliaki
[5] . Liu
[6] . Belhadi
[7] . Naz
[8] . Tang
[9] . Padmanabhi
[10] . Keshavarz Ghorabaee
[11] . Penadés

- تنوع‌بخشی در تأمین‌کنندگان: ایجاد زنجیره‌های تأمین و شبکه‌های توزیع دوگانه که امکان تأمین مواد از چندین تأمین‌کننده و مکان مختلف را فراهم کند، از وابستگی به منابع تک‌بعدی جلوگیری کرده و اثرات منفی ناشی از اختلالات زنجیره تأمین را کاهش می‌دهد. این الگو، برخلاف افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی و مراکز توزیع، بر تقویت منابع اولیه و تأمین‌کنندگان بالادستی تمرکز دارد (یو[1] و همکاران، ۲۰۲۳).

پیشینه تجربی

بررسی‌های پژوهشگران نشان می‌دهد که لجستیک سوخت‌رسان هوایی در کشور، موضوعی است که کمتر مورد توجه قرار گرفته و اسناد معدودی به مسائل نزدیک با این تحقیق پرداخته‌اند. قابل توجه است که پس از تدوین آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌هایی توسط کشورهایی نظیر ایالات متحده آمریکا، روسیه، استرالیا و انگلستان، اهمیت و نقش کلیدی لجستیک سوخت‌رسانی، به‌ویژه پس از آغاز درگیری میان روسیه و اوکراین، حتی برای روسیه و ناتو آشکار شد. به همین دلیل، مروری مختصر بر اسناد نزدیک به موضوع این تحقیق در جدول ۱ صورت گرفته است.

جدول ۱. خلاصه مطالعات نزدیک به تحقیق

ردیف	نویسنده و سال	عنوان پژوهش	پژوهش
۱	باقری، ۱۳۸۷	جنگ آینده از منظر آماد و پشتیبانی	این مقاله نشان داده است که آماد و پشتیبانی، به‌ویژه در زمینه تأمین تجهیزات و سوخت، نقش تعیین‌کننده‌ای در موفقیت عملیات نظامی دارد. تأمین به‌موقع این اقلام حیاتی، به‌طور مستقیم بر آمادگی رزمی و توان دفاعی نیروها تأثیرگذار است و هرگونه نقص در این زمینه می‌تواند به شکست منجر شود. **اشتراک:** بررسی آماد و پشت نیروهای مسلح **افتراق:** عدم توجه به لجستیک سوخت‌رسانی
۲	ریچینسکی[2] و توبی[3]، ۲۰۲۱	روش ارزیابی ریسک تاکتیکی برای زنجیره‌های تأمین سوخت انعطاف‌پذیر برای یک عملیات حافظ صلح نظامی	این مقاله نشان داده است که سوخت به‌عنوان یکی از محصولات حیاتی در زنجیره تأمین نظامی، نقشی کلیدی در موفقیت عملیات نظامی ایفا می‌کند و ارزیابی ریسک دقیق آن در سطح تاکتیکی ضروری است. تأمین مداوم سوخت در مأموریت‌های نظامی خارجی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا بر کارایی عملیاتی و آمادگی نیروها تأثیر مستقیم می‌گذارد و نیازمند تقویت زنجیره‌های تأمین و افزایش آمادگی در برابر حوادث نامطلوب است. **اشتراک:** بررسی آماد و پشت نیروهای مسلح و سوخت‌رسانی دفاعی **افتراق:** عدم بررسی جایگاه مخان در این زنجیره و توجه عمده به مسائل تاکتیکی تا راهبردی
۳	داود و همکاران، ۲۰۲۳	تاب‌آوری جنگی اروپا و مسابقه لجستیک ناتو	این مقاله نشان داده است که بهبود لجستیک تأمین سوخت در مقیاس بزرگ نه تنها برای تقویت توانایی جناح شرقی اروپا در مقابله با تهدیدات نظامی روسیه ضروری است. موفقیت لجستیک در این زمینه به همکاری و هماهنگی مؤثر بین کشورهای متحد بستگی دارد. نشست ویلنیوس فرصتی را برای رهبران فراهم کرده تا به چالش‌های مرتبط با تقسیم بار لجستیکی بپردازند و رویکردی جامع، شامل برنامه‌ریزی تاب‌آوری ناتو و سرمایه‌گذاری‌های مناسب، می‌تولند به تقویت تاب‌آوری جمعی اروپا کمک کند. اولین گام مهم این رویکرد، اطمینان از تأمین سوخت کافی برای جنگ‌های آینده است. **اشتراک:** سوخت‌رسانی دفاعی در مقیاس راهبردی **افتراق:** عدم توجه به مخازن سوخت مایع و مطالعه شده در مورد ناتو و اوکراین

[1] . Yu
[2] . Ryczyński
[3] . Tubis

ردیف	نویسنده و سال	عنوان پژوهش	پژوهش
۴	مور[1] و همکاران، ۲۰۲۳	الزامات پلت فرم لجستیک سوخت برای حمایت از عملیات دریایی توزیع‌شده در منطقه مسئولیت هند و اقیانوس آرام	این مقاله نشان داده است که زنجیره تأمین سوخت در عملیات‌های نظامی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و باید به‌گونه‌ای سازمان‌دهی شود که خطرات مرتبط با مناطق بحرانی مدیریت شوند. تحلیل‌ها نشان داده‌اند که قابلیت اطمینان این زنجیره تأمین به طور مستقیم بر عملکرد موفقیت‌آمیز لجستیک نظامی تأثیر می‌گذارد. این موضوع اهمیت ارزیابی دقیق ریسک و تقویت زنجیره‌های تأمین سوخت در شرایط عملیاتی پیچیده را برجسته می‌کند. **اشتراک:** سوخت‌رسانی دفاعی **افتراق:** عدم توجه به مخازن سوخت و توجه عمده به سوخت‌رسانی دریایی تا سوخت‌رسانی هوایی
۵	فرر[2] و همکاران، ۲۰۲۴	الزامات بستر لجستیک سوخت برای پشتیبانی از نیروی دریایی رزمندگان سطحی و نیروهای دریایی اعزامی	این مطالعه نشان داده است که نیاز به سوخت نقش مهمی در انتخاب تجهیزات برای پشتیبانی از پیکربندی‌های مختلف EAB[3] (پایگاه‌های پیشرفته اعزامی) دارد. در شرایط عملیاتی پایدار، تقاضای سوخت به‌طور قابل‌توجهی برای واحدهای مختلف EAB افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که این تقاضا در زمان افزایش عملیات به میزان ۵۰٪ برای واحدهای بزرگ‌تر و ۴۰٪ برای واحدهای کوچک‌تر افزایش می‌یابد. این تغییرات در مصرف سوخت تحت تأثیر سرعت عملیاتی و آمادگی تجهیزات قرار می‌گیرد که اهمیت تقویت زنجیره‌های تأمین و پیش موقعیت گذاری تجهیزات برای تأمین نیازهای سوختی در سناریوهای مختلف عملیاتی را برجسته می‌سازد. **اشتراک:** لجستیک سوخت‌رسان دفاعی **افتراق:** عدم توجه به مخازن سوخت و بررسی لجستیک در ابعاد تاکتیکی برای یگان‌های عملیاتی نیروی دریایی ایالات متحده آمریکا
۶	باتاچاریا[4] و همکاران، ۲۰۲۴	رویکرد مبتنی بر تحلیل المان محدود برای طراحی مقاوم در برابر انفجار مخازن نگهداری گاز مایع	این مقاله نشان داده است که در تأسیسات گاز طبیعی مایع (LNG)، مخازن تک لایه به‌طور خاص در برابر اثرات زنجیره‌ای ناشی از انفجار ابر بخاری (VCE) آسیب‌پذیرتر هستند. تحلیل‌های انجام‌شده با استفاده از روش المان محدود (FEA) نشان می‌دهند که این مخازن در سناریوهای انفجار دچار آسیب شدید به پوسته خارجی خود می‌شوند. این موضوع اهمیت طراحی مقاوم در برابر انفجار و تقویت ساختاری مخازن، به‌ویژه در محیط‌های پرخطر، را تأیید می‌کند. **اشتراک:** تاب‌آوری مخازن سوخت مایع **افتراق:** عدم توجه به لجستیک و مدیریت سوخت و بررسی مسئله از دید مهندسی و تاب‌آوری سازه مخازن
۷	سان[5] و همکاران، ۲۰۲۴	رویکرد مبتنی بر شبیه‌سازی برای ارزیابی تاب‌آوری سیستم‌های فرایندی: مطالعه موردی سیستم پایانه LNG	در این مقاله، روشی یکپارچه برای ارزیابی تاب‌آوری سیستم‌های فرآیندی ارائه شد که در آن، تعاملات بین اجزای سیستم در نظر گرفته شد و از داده‌های فرآیندی برای تحلیل تأثیر اختلالات استفاده گردید. روش پیشنهادی شامل چهار بخش اصلی بود: تحلیل ساختار سیستم، بررسی اثرات اختلالات، شبیه‌سازی فرآیند و ارزیابی تاب‌آوری. **اشتراک:** تاب‌آوری مخازن سوخت مایع **افتراق:** عدم توجه به لجستیک و سطوح راهبردی سوخت‌رسانی دفاعی
۸	بلک[6]، کلبرگ[7] و	گسترش ناتو در بحبوحه جنگ روسیه و اوکراین	این سند به بررسی گسترش ناتو در پی جنگ روسیه و اوکراین و نقش فنلاند و سوئد در تقویت این ائتلاف می‌پردازد. پس از آغاز جنگ در سال ۲۰۲۲، فنلاند و سوئد که پیش‌تر سیاست بی‌طرفی نظامی را دنبال می‌کردند، درخواست عضویت در ناتو را ارائه دادند. در این

[1] . Moore
[2] . Ferrer
[3] . Expeditionary Advanced Base
[4] . Bhattacharyya
[5] . Sun
[6] . Black
[7] . Kleberg

ردیف	نویسنده و سال	عنوان پژوهش	پژوهش
	سیلفرستن[1]، ۲۰۲۴		گزارش، اهمیت توسعه زیرساخت‌های کلیدی، از جمله شبکه‌های تأمین سوخت، برای تسهیل عضویت این کشورها و افزایش توان دفاعی ناتو مورد بررسی قرارگرفته است. **اشتراک:** تاب‌آوری و انعطاف‌پذیری لجستیک سوخت‌رسان دفاعی در سطوح راهبردی **افتراق:** عدم توجه به مخازن سوخت و جایگاه آن‌ها و همچنین توجه به گسترش تا تاب‌آوری در تمامی ابعاد.

همان‌طور که اسناد مذکور نشان می‌دهند، توجه کافی به مخازن سوخت هوایی مایع به‌عنوان یک دارایی راهبردی در زنجیره تأمین لجستیک دفاعی نشده است. اهمیت و جایگاه این مخازن در این زنجیره به‌طور کامل موردبررسی و تحلیل قرار نگرفته و در تحقیقات مهندسی نیز، رویکرد غالب بدون در نظر گرفتن یک دیدگاه کلان که این اقدامات مهندسی کدام حلقه از زنجیره لجستیک سوخت‌رسان هوایی را پایدار می‌کند، انجام می‌گیرد. از این رو، انگیزه اصلی این تحقیق، پاسخ به این مسئله است که با ارائه یک الگو و نقشه راه، اهمیت و نقش مخازن سوخت هوایی مایع در لجستیک سوخت‌رسانی به فرماندهان، مهندسان و مجریان ذی‌ربط ارائه شود تا بتوانند به بهترین و بهینه‌ترین شکل ممکن نیازهای لجستیک دفاعی را تأمین کنند.

روش‌شناسی پژوهش

روش تحقیق شامل دو بخش کتابخانه‌ای و میدانی است؛ در بخش کتابخانه‌ای، از منابع علمی و تخصصی معتبر داخلی و خارجی استفاده‌شده و در بخش میدانی، داده‌ها از طریق پرسش‌نامه‌های طراحی‌شده و معتبر جمع‌آوری گردیده‌اند. روایی و پایایی پرسش‌نامه با استفاده با نظر خبرگان و ضریب آلفای کرونباخ ۰/۸۳ ارزیابی‌شده که نشان‌دهنده قابلیت اطمینان بالای ابزارهای سنجش است. در این مقاله جامعه آماری برابر با ۵۰ نفر در نظر گرفته‌شده است که و برای اجماع نظر میان متخصصان و خبرگان برای تحلیل داده‌ها از روش دلفی فازی استفاده‌شده است.

رویکرد دلفی یک روش استفاده‌شده برای جلب توافق و تطابق نظرات و دیدگاه‌های متخصصان در موضوعات گسترده و تخصصی می‌باشد. در روش دلفی کلاسیک نظرات خبرگان با اعداد قطعی بیان می‌شود که هر خبره با توجه به دید و شایستگی خود در موضوع به مسئله پاسخ می‌دهد که این خود عدم قطعیت حاکم بر پاسخ‌ها می‌باشد. ازاین‌رو بهتر است نظرات خبرگان در قالب زبان طبیعی از آن‌ها گرفته شود و با توجه به اعداد فازی مورد تحلیل قرار گیرد (لطیفی و همکاران، ۱۳۹۷).

ایشیکاوا و همکاران[2] در سال ۱۹۹۳ با به کارگیری مبانی فازی در روش دلفی، الگو تحلیل دلفی فازی را معرفی کردند (همان). برای فازی سازی نظرات خبرگان از اعداد فازی استفاده می‌شود. تحقیق حاضر از اعداد فازی مثلثی برای تحلیل نظر نخبگان استفاده‌شده است که به شرح زیر است:

رابطه ۱) $$M = (l, m, u)$$

رابطه ۲) $$u_M(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l \le x \le m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \le x \le u \\ 0 & elsewhere \end{cases}$$

که در رابطه فوق M عدد فازی، u کران بالا، l کران پایین، m محتمل‌ترین مقدار یک عدد فازی است. با توجه به اعداد فازی تابع عضویت آن‌ها با $u_M(x)$ نشان داده می‌شود.

[1] . Silfversten
[2] . Ishikawa et al.

مراحل دلفی فازی به شرح زیر است (شکل ۲):

مرحله اول: با توجه ادبیات تحقیق پرسش‌نامه پژوهش طراحی و برای هر یک از شاخص‌ها نظری تحقیق از متغیرها کلامی، خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد استفاده می‌شود.

مرحله دوم: تبدیل متغیرهای کلامی به اعداد فازی که با توجه به جدول ۲ در این تحقیق از اعداد یادشده استفاده‌شده است.

جدول ۲. جدول تبدیل متغیرهای کلامی به اعداد فازی

متغیرهای کلامی	اعداد فازی
خیلی کم	[۲ ,۱ ,۱]
کم	[۳ ,۲ ,۱]
متوسط	[۴ ,۳ ,۲]
زیاد	[۵ ,۴ ,۳]
خیلی زیاد	[۵ ,۵ ,۴]

مرحله سوم: در این مرحله برای هر پرسش از هر یک از نخبگان یک عددی فازی به دست می‌آید که نیاز است امید راضی تمام اعضاء مجموعه فازی برای هر سؤال محاسبه کرد که به شرح زیر است:

رابطه ۳) $\overline{M_i} = (\overline{l_i}, \overline{m_i}, \overline{u_i}) = \left[\sum_{j=1}^{K}\left(l_i^j\, p_{l_i}^j\right), \sum_{j=1}^{K}(m_i^j\, p_{m_i}^j), \sum_{j=1}^{K}(u_i^j\, p_{u_i}^j)\right] \; \forall\, i = 1,2,\dots,N$

که در رابطه فوق، N تعداد سؤال، i شمارنده سؤال، K تعداد خبرگان، j شمارنده خبره، $\left[p_{l_i}^j, p_{m_i}^j, p_{u_i}^j\right]$ احتمال رخداد متغیر کلامی است که با توجه به استقلال خبرگان از یکدیگر برابر با $\frac{1}{K}$ می‌باشد.

سپس برای هر خبره میزان اختلاف از امید ریاضی حساب می‌شود.

رابطه ۴) $\varepsilon_i^j = \left[\left|\sum_{j=1}^{K}\left(l_i^j\, p_{l_i}^j\right) - l_i^j\right|, \left|\sum_{j=1}^{K}(m_i^j\, p_{m_i}^j) - m_i^j\right|, \left|\sum_{j=1}^{K}(u_i^j\, p_{u_i}^j) - u_i^j\right|\right] \; \forall\, i = 1,2,\dots,N$

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده پرسش‌نامه همراه با نتایج حاصله از پرسش‌نامه برای جامعه آماری ارسال و از آن‌ها خواسته می‌شود با توجه به همگرایی جامعه آماری درباره پاسخ خود تجدیدنظر کنند.

مرحله چهارم: باز تولید اعداد فازی و تکرار مرحله دوم پرسش‌نامه است.

مرحله پنجم: در این مرحله گام سوم دوباره تکرار می‌شود و امید ریاضی اعداد فازی محاسبه می‌شود.

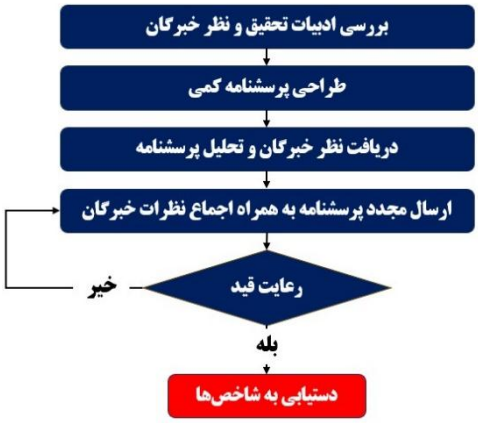
مرحله ششم: فازی زدایی کردن پاسخ‌ها است که با استفاده از میانگین کران بالا، کران پایین و مقدار محتمل حاصل می‌شود که از رابطه زیر قابل‌محاسبه است.

رابطه ۵) $V_{crisp}^j = \frac{\overline{l_j'} + \overline{m_j'} + \overline{u_j'}}{3} \; \forall\, j = 1,2,\dots,k$

که در رابطه بالا V_{crisp}^j مقدار قطعی پاسخ و $\left(\overline{l_j'}, \overline{m_j'}, \overline{u_j'}\right)$ امید ریاضی اعداد فازی جدید هستند.

مرحله هفتم: در این مرحله میزان اختلاف جواب‌های جدید با قدیم مقایسه می‌شود $(\varepsilon_{V_{crisp}}^j)$ و درصورتی‌که میزان اختلاف کران بالا، کران پایین و محتمل‌ترین پاسخ از حد آستانه متغیر کلامی خیلی کم (=۱/۳۳)، کمتر شود، مراحل پرسش‌نامه تمام است.

رابطه ۶) $\varepsilon_{V_{crisp}}^j = \left|\frac{1}{3}\left[(\overline{l_i}, \overline{m_i}, \overline{u_i}) - (\overline{l_j'}, \overline{m_j'}, \overline{u_j'})\right]\right| \; \forall\, j = 1,2,\dots,k$



شکل ۲. الگوریتم تحلیل دلفی فازی

یافته‌های پژوهش

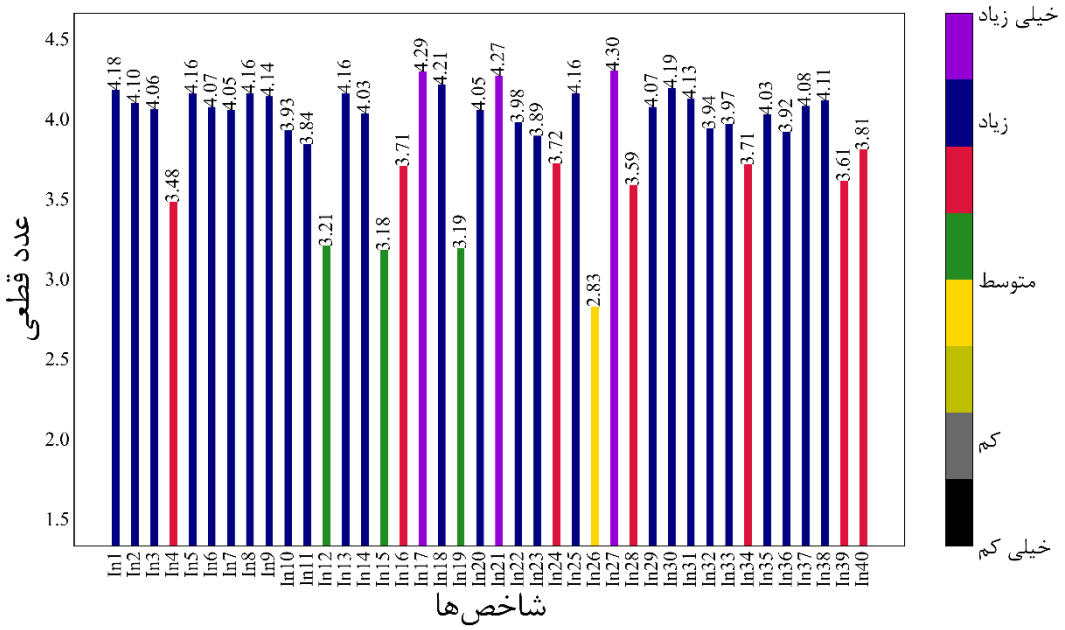
با انجام پرسش‌نامه احصاء شده از منابع کتاب‌خانه‌ای و انجام پرسش‌نامه به روش دلفی فازی نتایج مقادیر فازی مثلثی در جدول ۳ گزارش و مقادیر عدد قطعی مرحله دوم در شکل ۳ نمایش داده‌شده است.

جدول ۳. شاخص‌ها و مقادیر فازی مثلثی انجام پرسش‌نامه

ردیف		شاخص	نتایج دلفی فازی		
			میانگین فازی مرحله ۱	میانگین فازی مرحله ۲	اختلاف عدد قطعی
۱	مدیریت ریسک زنجیره تأمین	اهمیت پدافند غیرعامل در تاب‌آوری لجستیک سوخت‌رسان دفاعی	[۴.۸۴ ۴.۴۲ ۳.۴۶]	[۴.۸۶ ۴.۳۴ ۳.۳۴]	۰/۰۶
۲		اهمیت شناخت زیرساخت‌های حیاتی در مدیریت زنجیره تأمین دفاعی	[۴.۸۸ ۴.۳۴ ۳.۳۸]	[۴.۸۶ ۴.۲۲ ۳.۲۲]	۰/۱۰
۳		اهمیت شناخت آسیب‌پذیری‌ها در مدیریت زنجیره تأمین دفاعی	[۴.۷۶ ۴.۲۲ ۳.۳]	[۴.۸۲ ۴.۱۸ ۳.۱۸]	۰/۰۳
۴		اهمیت مدل‌سازی سناریوهای مختلف در مدیریت زنجیره تأمین دفاعی	[۴.۱۸ ۳.۲۲ ۲.۳۴]	[۴.۴ ۳.۵۲ ۲.۵۲]	۰/۲۳
۵		اهمیت توسعه پاسخ‌ها در مدیریت زنجیره تأمین دفاعی	[۴.۸۲ ۴.۳ ۳.۳۶]	[۴.۸۸ ۴.۳ ۳.۳]	۰/۰۰
۶	ارکان لجستیک سوخت‌رسان	اهمیت برنامه‌ریزی و هماهنگی در لجستیک دفاعی در جهت افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین دفاعی	[۴.۷ ۴.۱۸ ۳.۲۸]	[۴.۸۲ ۴.۲ ۳.۲]	۰/۰۲
۷		اهمیت تخصیص اصولی منابع در لجستیک دفاعی در جهت افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین دفاعی	[۴.۷ ۴.۱۸ ۳.۲۸]	[۴.۸ ۴.۱۸ ۳.۱۸]	۰/۰۰
۸		اهمیت مدیریت اصولی زنجیره تأمین در لجستیک دفاعی در جهت افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین دفاعی	[۴.۸۸ ۴.۳۸ ۳.۴۲]	[۴.۸۸ ۴.۳ ۳.۳]	۰/۰۷
۹		اهمیت توسعه زیرساخت‌ها در لجستیک دفاعی در جهت افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین دفاعی	[۴.۷۲ ۴.۲ ۳.۲۸]	[۴.۸۶ ۴.۲۸ ۳.۲۸]	۰/۰۷
۱۰	لجستیک سوخت‌رسان	اهمیت تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی مایع در استمرار کیفیت زنجیره تأمین نظامی و چابکی آن و همچنین پشتیبانی یگان‌ها عملیاتی	[۴.۸۲ ۴.۰۴ ۳.۰۴]	[۴.۷۸ .۴ .۳]	۰/۰۴
۱۱		اهمیت تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی مایع در افزایش و کنترل کیفیت سوخت ادوات نظامی و آمادگی عملیاتی یگان‌های نظامی	[۴.۶۸ ۳.۹۸ ۳.۰۲]	[۴.۶۴ ۳.۹۴ ۲.۹۴]	۰/۰۵

ردیف		شاخص	نتایج دلفی فازی		
			میانگین فازی مرحله ۱	میانگین فازی مرحله ۲	اختلاف عدد قطعی
۱۲		اهمیت استانداردسازی سوخت ادوات نظامی برای کاهش تنوع آن‌ها، افزایش انعطاف‌پذیری عملیاتی و کاهش هزینه‌ها	[۴.۳ ۳.۳۲ ۲.۴۲]	[۴.۱ ۳.۲۲ ۲.۳]	۰/۱۴
۱۳		اهمیت تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی مایع در سطح راهبردی	[۴.۷۴ ۴.۲۲ ۳.۲۸]	[۴.۸۸ ۴.۳ ۳.۳]	۰/۰۸
۱۴		اهمیت تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی مایع در سطح عملیاتی	[۴.۷۶ ۴.۱۸ ۳.۲۶]	[۴.۸۲ ۴.۱۴ ۳.۱۴]	۰/۰۳
۱۵		اهمیت تاب‌آوری مخازن مایع سوخت هوایی در سطح تاکتیکی	[۴.۳ ۳.۳۲ ۲.۴]	[۴.۱۲ ۳.۲ ۲.۲۲]	۰/۱۶
۱۶		اهمیت تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی مایع در تئاتر توسعه‌نیافته سوخت‌رسانی	[۴.۶۲ ۳.۸۴ ۲.۸۶]	[۴.۵۶ ۳.۷۸ ۲.۷۸]	۰/۰۷
۱۷		اهمیت تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی مایع در تئاتر توسعه‌یافته سوخت‌رسانی	[۴.۹۶ ۴.۵ ۳.۵]	[۴.۹۶ ۴.۴۶ ۳.۴۶]	۰/۰۳
۱۸	تئاترهای لجستیک سوخت‌رسان	اهمیت زیرساخت‌های (مخازن مایع) پشتیبانی راهبردی تجاری	[۴.۸۲ ۴.۲۸ ۳.۳۴]	[۴.۹۲ ۴.۳۶ ۳.۳۶]	۰/۰۷
۱۹		اهمیت توزیع سوخت توسط خطوط لوله موقت نظامی (IPDS) نیروهای مسلح در زنجیره تأمین نیروهای مسلح و جایگاه مخازن سوخت در این سیستم	[۴.۱۴ ۳.۱۸ ۲.۳۲]	[۴.۱۲ ۳.۲۲ ۲.۲۴]	۰/۰۲
۲۰		اهمیت توزیع سوخت هوایی سوخت عمده (ABFDS) نیروهای مسلح در زنجیره تأمین نیروهای مسلح و جایگاه مخازن سوخت هوایی مایع در این سیستم	[۴.۸۲ ۴.۳۴ ۳.۴]	[۴.۸ ۴.۱۸ ۳.۱۸]	۰/۱۳
۲۱		اهمیت توزیع سوخت در پایگاه‌های هوایی نیروهای مسلح در زنجیره تأمین نیروهای مسلح و جایگاه مخازن سوخت هوایی مایع در این سیستم	[۴.۹ ۴.۳۸ ۳.۴]	[۴.۹۶ ۴.۴۲ ۳.۴۲]	۰/۰۴
۲۲	مسئولیت‌های لجستیک سوخت‌رسان	اهمیت مسئولیت ذخیره‌سازی و مدیریت سوخت آماد و پشت نیروهای مسلح در زنجیره تأمین نظامی	[۴.۸۲ ۴.۱۲ ۳.۱۲]	[۴.۷۸ ۴.۰۸ ۳.۰۸]	۰/۰۴
۲۳		اهمیت مسئولیت کنترل کیفیت سوخت آماد و پشت نیروهای مسلح در زنجیره تأمین نظامی	[۴.۷ ۴.۰۲ ۳.۰۴]	[۴.۶۸ .۴ .۳]	۰/۰۳
۲۴		اهمیت مسئولیت توزیع سوخت، آماد و پشت نیروهای مسلح در زنجیره تأمین نظامی	[۴.۶۴ ۳.۸۲ ۲.۸۶]	[۴.۶ ۳.۷۸ ۲.۷۸]	۰/۰۵
۲۵		اهمیت مسئولیت تأمین امنیت مراکز نگهداری سوخت، آماد و پشت نیروهای مسلح در زنجیره تأمین نظامی	[۴.۷۴ ۴.۲۲ ۳.۲۸]	[۴.۸۸ ۴.۳ ۳.۳]	۰/۰۸
۲۶		اهمیت پایبندی به مقررات محیطزیست آماد و پشت نیروهای مسلح در زنجیره تأمین نظامی	[۳.۵ ۲.۵۶ ۱.۶۴]	[۳.۷۴ ۲.۸ ۱.۹۴]	۰/۲۶
۲۷	انواع سوخت	اهمیت تاب‌آوری مخازن سوخت‌های هوایی در پایگاه‌های هوایی	[۴.۸۲ ۴.۴۶ ۳.۵۲]	[۴.۹ ۴.۵ ۳.۵]	۰/۰۳
۲۸		اهمیت تاب‌آوری مخازن سوخت‌های زمینی در پایگاه‌های هوایی	[۴.۴۶ ۳.۵ ۲.۵۴]	[۴.۵۲ ۳.۶۲ ۲.۶۲]	۰/۰۹
۲۹	تهدیدات	تأثیر و احتمال تهدیدات تروریستی انفجاری علیه مخازن سوخت هوایی مایع	[۴.۶۶ ۴.۱۲ ۳.۲۲]	[۴.۸۲ ۴.۲ ۳.۲]	۰/۰۷
۳۰		تأثیر و احتمال تهدیدات سخت هولپلیه (هوا به زمین) زمین علیه مخازن سوخت هوایی مایع در لجستیک دفاعی	[۴.۸ ۴.۳ ۳.۳۴]	[۴.۹ ۴.۳۴ ۳.۳۴]	۰/۰۵
۳۱		تأثیر و احتمال تهدیدات زمین به زمین (موشکی و توپخانه‌ای) علیه مخازن سوخت هوایی مایع در لجستیک دفاعی	[۴.۶۶ ۴.۱ ۳.۲]	[۴.۸۶ ۴.۲۶ ۳.۲۶]	۰/۱۴

ردیف		شاخص	نتایج دلفی فازی		
			میانگین فازی مرحله ۱	میانگین فازی مرحله ۲	اختلاف عدد قطعی
۳۲	الگوی تاب‌آوری	تأثیر الگوی تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی بر پایه سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم در زنجیره تأمین	[۳.۱ ۴.۰ ۴.۷]	[۳.۱ ۴.۱ ۴.۷]	۰/۰۰
۳۳		تأثیر الگوی تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی بر پایه افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی و مراکز توزیع در زنجیره تأمین	[۳.۱ ۴.۱ ۴.۸]	[۳.۱ ۴.۱ ۴.۷]	۰/۰۳
۳۴		تأثیر الگوی تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی بر پایه برنامه‌های پاسخ اضطراری در زنجیره تأمین	[۲.۸ ۳.۸ ۴.۵]	[۲.۸ ۳.۸ ۴.۵]	۰/۰۱
۳۵		تأثیر الگوی تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی بر پایه آموزش و توانمندسازی کارکنان در زنجیره تأمین	[۳.۲ ۴.۱ ۴.۶]	[۳.۲ ۴.۲ ۴.۸]	۰/۰۴
۳۶		تأثیر الگوی تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی بر پایه تنوع‌بخشی در تأمین‌کنندگان	[۳.۱ ۴.۰ ۴.۷]	[۳.۰ ۴.۰ ۴.۷]	۰/۰۰
۳۷		اهمیت اصل آمادگی برای صیانت از مخازن سوخت هوایی مایع در برابر تهدیدات انفجاری	[۳.۴ ۴.۳ ۴.۸]	[۳.۲ ۴.۲ ۴.۸]	۰/۰۹
۳۸		اهمیت اصل جذب برای صیانت از مخازن سوخت هوایی مایع در برابر تهدیدات انفجاری	[۳.۳ ۴.۳ ۴.۸]	[۳.۲ ۴.۲ ۴.۹]	۰/۰۳
۳۹		اهمیت اصل بازیابی برای صیانت از مخازن سوخت هوایی مایع در برابر تهدیدات انفجاری	[۲.۶ ۳.۵ ۴.۴]	[۲.۷ ۳.۷ ۴.۵]	۰/۱۱
۴۰		اهمیت اصل سازگاری برای صیانت از مخازن سوخت هوایی مایع در برابر تهدیدات انفجاری	[۲.۹ ۳.۹ ۴.۶]	[۲.۹ ۳.۹ ۴.۶]	۰/۰۰



شکل ۳. مقادیر عدد قطعی در مرحله دوم

نتایج نشـــان می‌دهد که خبرگان، رویکرد پدافند غیرعامل را برای حفاظت از مخازن ســـوخت هوایی مایع به‌عنوان راهبردی مؤثر در تأمین نیازهای آماد و پشـتیبانی نیروهای مسـلح شـناسـایی کرده‌اند و این رویکرد به عدد قطعی ۴/۱۸ اختصـاص‌یافته اسـت. در فاز کیفی، چهار مقوله مهم برای مدیریت مناسـب ریسـک مشـخص‌شـده اسـت که اولویت‌بندی

آن‌ها بر اساس اهمیت و همگرایی نظرات خبرگان به شرح زیر است:

۱. توسعه پاسخ‌ها (۴/۱۶)؛

۲. شناسایی زیرساخت‌های حیاتی (۴/۱۰)؛

۳. شناسایی آسیب‌پذیری‌ها (۴/۰۶)؛

۴. مدل‌سازی سناریوها (۳/۴۸).

این نتایج نشـــان می‌دهند که در مراحل مدیریت ریســـک زنجیره تأمین دفاعی، توجه به اهمیت هر یک از مراحل ضـروری اسـت. اهمیت کمتر مدل‌سـازی سـناریوها به این دلیل اسـت که برای مخازن سـوخت هوایی مایع، تهدیدات انفجاری به‌عنوان سناریوی غالب در نظر گرفته‌شده‌اند و دیگر سناریوها اهمیت کمتری دارند.

ارکان مدیریت لجستیک دفاعی شامل برنامه‌ریزی، تخصیص منابع، مدیریت اصولی و توسعه زیرساخت‌ها است؛ بنابراین، پس از شناسایی زیرساخت‌های حیاتی، شناسایی آسیب‌پذیری‌ها، مدل‌سازی سناریوها و توسعه پاسخ‌ها، باید به ارکان لجستیک دفاعی نیز توجه شود تا پاسخ مناسبی برای مسائل موجود ارائه شود. جامعه آماری، اهمیت این ارکان را بر اساس اولویت به شرح زیر تعیین کرده است:

۱. مدیریت اصولی (۴/۱۶)؛

۲. توسعه زیرساخت‌ها (۴/۱۴)؛

۳. برنامه‌ریزی مدون (۴/۰۷)؛

۴. تخصیص منابع (۴/۰۵).

بنابراین، برای جهت‌دهی به مدیریت آماد و پشـتیبانی نیروهای مسـلح، لازم اسـت که اهمیت و تأثیر هر یک از این ارکان توسط مدیران موردتوجه قرار گیرد.

عدد قطعی ۳/۹۳ نشان‌دهنده اهمیت بالای مخازن سـوخت هوایی مایع در اسـتمرار کیفیت زنجیره تأمین، چابکی و پشـتیبانی از یگان‌های عملیاتی اسـت. این امر باعث بهبود کیفیت دسـته سـوم لجسـتیک دفاعی، شـامل مواد نفتی، انواع سوخت مایع، گاز و جامد، انواع روغن‌ها و ... می‌شود. همچنین، عدد قطعی ۳/۸۴ نشان می‌دهد که صیانت و نگهداری از این مخازن به استمرار سوخت‌رسانی به یگان‌های عملیاتی و حفظ کیفیت سوخت موردنیاز آن‌ها کمک می‌کند. با توجه به نیاز یگان‌های نظامی به ذخایر باکیفیت و دسترسی سریع به آن‌ها، این مخازن نقش حیاتی در آماد و پشـتیبانی نیروهای مسلح ایفا می‌کنند.

یکی از عوامل مورد توجه در فاز کیفی، تولید ادوات نظامی با سوخت یکسان است تا عملیات سوخت‌رسانی به‌صورت یکپارچه و انعطاف‌پذیر انجام شود. جامعه آماری عدد قطعی ۳/۲۱ را به این موضوع اختصاص داده است. این عدد نسبتاً متوسـط به دلیل پیچیدگی و تنوع ادوات نظامی است؛ به عنوان مثال، نمی‌توان سـوخت جت و موتور دیزل را یکسـان در نظر گرفت؛ بنابراین، این عدد بیشتر به یگان‌های زمینی مربوط می‌شود.

لجستیک سوخت‌رسان هوایی در سه سطح راهبردی، عملیاتی و تاکتیکی انجام می‌شود. نتایج نشان داده است که: در سطح راهبردی، مخازن سوخت هوایی مایع با عدد قطعی ۴/۱۶ بیشترین اهمیت را دارند، زیرا این مخازن در حجم‌های بزرگ نگهداری می‌شـــوند و نقش ویژه‌ای در تأمین پایداری ســـوخت در طولانی‌مدت ایفا می‌کنند. در ســـطح عملیاتی، مخازن سـوخت هوایی مایع با عدد قطعی ۴/۰۳ نیز به دلیل گسـتردگی مصـرف سـوخت و نیاز به ذخیره‌سـازی عمده، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هسـتند. در سـطح تاکتیکی، اهمیت مخازن مایع کاهش می‌یابد، چرا که یگان‌ها در این مرحله در فاز عملیاتی قرار دارند و سوخت‌رسانی عمدتاً توسط کامیون‌ها و وسایل نقلیه دیگر صورت می‌گیرد (عدد قطعی ۳/۱۸).

فاز کمی نشان می‌دهد که در تئاترهای توسعه‌یافته، اهمیت و جایگاه مخازن سوخت هوایی بسیار بالا است و عدد قطعی ۴/۲۹ را به خود اختصاص داده‌اند. در مقابل، در تئاترهای توسعه‌نیافته، این عدد به ۳/۷۱ کاهش می‌یابد. این تفاوت به دلیل ساختار و ویژگی‌های متفاوت این دو نوع تئاتر است. در تئاترهای توسعه‌یافته، لجستیک ثابت و مستمر وجود دارد

که در آن ذخایر عمده سوخت نقشی کلیدی ایفا می‌کنند و نیاز به مخازن بزرگ و دائمی برای حفظ زنجیره تأمین سوخت هوایی محسوس است. عدد قطعی ۴/۲۱ تأیید می‌کند که در این نوع تئاتر، شرکای تجاری راهبردی نقش بسیار مهمی دارند. از سوی دیگر، در تئاترهای توسعه‌نیافته که بیشتر در سطح تاکتیکی عمل می‌کنند، عملیات سوخت‌رسانی عمدتاً در محل و به‌صورت موقت انجام می‌شود. این امر موجب شده تا عدد قطعی در این بخش به مقدار متوسط ۳/۷۱ برسد. در سوخت‌رسانی محلی از لوله‌های موقت نظامی استفاده می‌شود که نیاز به زیرساخت‌های گسترده و مخازن بزرگ ندارند. بر این اساس، کاربرد و اهمیت مخازن سوخت هوایی مایع در تئاترهای نظامی به ترتیب زیر است:

۱. توزیع سوخت در پایگاه‌های هوایی (۴/۲۷)؛

۲. تحویل سوخت عمده هوایی (۴/۰۵)؛

۳. توزیع سوخت توسط لوله‌های نظامی (۳/۱۹).

توزیع سوخت در پایگاه‌های هوایی به دلیل حساسیت بالا در کنترل کیفیت سوخت‌های هوایی از اهمیت زیادی برخوردار است. انباشت سوخت عمده و کاهش تعداد دفعات ارسال سوخت به منظور حفظ کیفیت سوخت مورد توجه قرار می‌گیرد. همچنین، فرودگاه‌ها و زیرساخت‌های مرتبط با آن‌ها از قبل توسعه‌یافته‌اند و عملیات عمرانی برای آن‌ها انجام‌شده است (عدد قطعی ۴/۳۰)؛ بنابراین، این پایگاه‌ها مخازن سوخت هوایی مایع را در خود جای‌داده‌اند که به دلیل نیاز به مقادیر زیاد سوخت، کاربرد زیادی دارند. در خصوص سوخت‌های زمینی مورد استفاده در پایگاه‌های هوایی، به دلایل توسعه‌یافتگی، ارتباط با شرکت‌های تجاری و راحتی در تهیه، به نسبت مخازن سوخت هوایی از اهمیت کمتری برخوردارند (عدد قطعی ۳/۵۹).

همچنین، نتایج نشان می‌دهد که مسئولیت تأمین امنیت مراکز نگهداری سوخت و مخازن با عدد قطعی ۴/۱۶ از بیشترین اهمیت برخوردار است. پس‌ازآن، مسئولیت ذخیره‌سازی و مدیریت سوخت با عدد قطعی ۳/۹۸، کنترل کیفیت سوخت با عدد قطعی ۳/۸۹، توزیع سوخت با عدد قطعی ۳/۷۲ و در نهایت، پایبندی به مقررات محیط زیستی با عدد قطعی ۲/۸۳ به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. حفظ امنیت و ایمنی مخازن سوخت هوایی مایع در لجستیک نظامی امری بسیار مهم و حیاتی است. نتایج نشان می‌دهد که جامعه آماری توجه کمتری به مسائل محیط زیستی در امور نظامی دارد و این موضوع را منطقی و اجرایی نمی‌داند.

نتایج بررسی تهدیدات نشان می‌دهد که تمام تهدیدات انفجاری اعم از هواپایه توسط هواپیماها و پهپادها، تروریستی و توپخانه و موشکی (زمین به زمین) احتمال بروز بالایی دارند؛ اما بر اساس اولویت می‌توان آن‌ها را به شرح زیر مرتب نمود:

۱. هواپایه توسط جنگنده، بمب‌افکن و پهپاد (هوا به زمین) (۴/۱۹)؛

۲. تهدیدات موشکی و توپخانه‌ای (زمین به زمین) (۴/۱۳)؛

۳. تهدیدات تروریستی (۴/۰۷).

در فاز کمی، نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی‌های خبرگان نشان داده است که تمامی پنج الگوی شناسایی‌شده مورد تأیید قرارگرفته‌اند و میانگین عملکرد این الگوها برابر با ۳/۹۱ است که نشان‌دهنده اثرگذاری مطلوب آن‌ها است. این الگوها از لحاظ اهمیت به ترتیب زیر رتبه‌بندی شده‌اند:

۱. آموزش و توانمندسازی کارکنان (۴/۰۳)؛

۲. افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی و توزیع (۳/۹۷)؛

۳. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم (۳/۹۴)؛

۴. تنوع‌بخشی در تأمین‌کنندگان (۳/۹۲)؛

۵. برنامه‌های پاسخ اضطراری و دستورالعمل‌ها (۳/۷۱).

علاوه بر این، نتایج نشـــان می‌دهد که تمامی اصـــول تاب‌آوری معرفی‌شـــده در این پژوهش برای تکمیل چرخه تاب‌آوری ضـــروری هســـتند. با توجه به اینکه هدف این تحقیق ارتقای تاب‌آوری مخازن ســـوخت هوایی مایع در برابر تهدیدات انفجاری اســت، هر الگویی که بتواند اصــول تاب‌آوری معرفی‌شــده و مورد تأیید خبرگان را تأمین کند، از منظر علمی صـحیح خواهد بود. در این میان، خبرگان اصـول جذب (به معنای مقابله با تهدید) و آمادگی (به معنای پیش‌بینی و آماده بودن برای تهدید) را از اهمیت بالاتری برخوردار دانسته‌اند. اولویت‌بندی اصول تاب‌آوری به ترتیب زیر است:

۱. جذب (۴/۱۱)؛
۲. آمادگی (۴/۰۸)؛
۳. سازگاری (۳/۸۱)؛
۴. بازیابی (۳/۶۱).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله تلاش شـده اسـت الگوی تاب‌آوری لجسـتیک سـوخت‌رسـانی دفاعی با تمرکز بر مخازن سـوخت هوایی مایع تدوین و معرفی گردد. به‌منظور دسـتیابی به این هدف، از رویکرد آمیخته کمی-کیفی اسـتفاده‌شـده اسـت. این روش بر مبنای مطالعات اســنادی و روش دلفی فازی برای کاهش عدم قطعیت‌های تحقیق و تخصــصــی بودن موضــوع به کار گرفته‌شده تا اجماع نظری از طریق قابلیت‌های این روش حاصل گردد.

در فرآیند مدیریت ریسـک زنجیره تأمین دفاعی، چهار مقوله کلیدی شـناسـایی‌شـده‌اند که به ترتیب اهمیت شـامل توسعه پاسخ‌ها، شـناسـایی زیرسـاخت‌های حیاتی، شـناخت آسـیب‌پذیری‌ها و مدل‌سـازی سـناریوها هسـتند. برای افزایش تاب‌آوری در لجسـتیک سـوخت‌رسـانی دفاعی، مخازن مایع به‌عنوان یک زیرسـاخت حیاتی انتخاب‌شـده و جایگاه آن‌ها در زیرمجموعه لجسـتیک سـوخت‌رسـانی موردبررسـی قرارگرفته اسـت. نتایج این تحقیق نشـان می‌دهد که مخازن سـوخت هوایی مایع در سـطوح راهبردی، عملیاتی و تاکتیکی به ترتیب اهمیت، نقش حیاتی ایفا می‌کنند. در تئاترهای توسعه‌یافته، اهمیت مخازن سوخت هوایی مایع بیشتر از تئاترهای توسعه‌نیافته است، زیرا در مناطق توسعه‌یافته نیاز به تعداد بیشتری از مخازن وجود دارد و این مخازن می‌توانند در تعامل با شـرکای تجاری باشـند. همچنین، نتایج تحقیق نشـان می‌دهد که مخازن سوخت موجود در پایگاه‌های هوایی به دلیل کیفیت بالای سوخت و حساسیت تجهیزات هوایی به سوخت و توزیع سـوخت زمینی به دلیل توسـعه‌یافتگی و تعامل با شـرکای تجاری، نقش مهمی در عملیات ایفا می‌کنند. تئاترهای تحویل سـوخت هوایی عمده نیز به دلیل نیاز به حجم بالای سـوخت برای انجام عملیات از اهمیت بالایی برخوردارند؛ در مقابل، مخازن مایع در تئاترهای موقت سـوخت‌رسـانی هوایی از طریق لوله‌های نظامی جایگاه خاصـی ندارند و کمتر موردتوجه هستند.

در بررسی آسیب‌پذیری‌ها، تهدیدات انفجاری علیه مخازن موردمطالعه قرارگرفته است. این تحقیق نشان می‌دهد که مخازن سوخت هوایی مایع به ترتیب در معرض خطر حملات هوایی، موشکی، توپخانه‌ای و تروریستی قرار دارند. به دلیل حجم بالای سـوخت و پوسـته نازک مخازن که ناشـی از ملاحظات اقتصـادی اسـت، این مخازن به‌طور ذاتی آسـیب‌پذیر هســتند. بااین‌حال، تعیین میزان آســیب‌پذیری مخازن امری موردی اســت و باید توســط فرماندهان و مدیران با توجه به جایگاه مخازن در لجســتیک ســوخت‌رســانی و تدابیر انفجاری اتخاذشــده در طراحی آن‌ها بررســی شــود. با توجه به آسـیب‌پذیری ذاتی مخازن در برابر انفجار، مدل‌سـازی سـناریوها از اهمیت کمتری برخوردار اسـت چرا که انفجار سـناریو غالب برای مخازن سوخت هوایی مایع در بعد دفاعی است.

با توجه به اهمیت بالای توسعه پاسخ‌ها در مدیریت ریسک لجستیک سوخت‌رسانی دفاعی، پیشنهادهای ارائه‌شده در این تحقیق به‌عنوان الگوهای تاب‌آوری زیرســاختی در زنجیره‌های تأمین بســیار مهم بوده و تکمیل‌کننده چرخه مدیریت ریسک و مصون‌سازی لجستیک سوخت‌رسانی است. در این تحقیق، الگوهای آموزش و توانمندسازی کارکنان با تأکید بر

اصـول آمادگی، جذب و سـازگاری به گونه‌ای طراحی‌شـده‌اند که به لجسـتیک سـوخت‌رسـانی این امکان را می‌دهند تا در صـورت مواجهه با خطر، آن را دفع کرده یا به حداقل میزان ممکن کاهش دهد. آموزش کارکنان در مراکز حسـاس دارای مخازن سوخت هوایی، یک راهکار مؤثر برای افزایش تاب‌آوری لجستیک سوخت‌رسانی محسوب می‌شود. الگوی افزایش ظرفیت ذخیره‌سـازی و پراکندگی مراکز توزیع نیز به عنوان یک اقدام کلیدی پیشـنهادشـده اسـت. این الگو با تکیه بر پراکندگی مخازن مایع، به لجسـتیک کمک می‌کند تا در برابر تهدیدات انفجاری که ماهیت مکانی دارند، مقاومت کرده و همچنین سـازگاری و جذب در برابر سـایر تهدیدات نظیر طوفان، سـیل و زلزله را بهبود بخشـد. جایگاه بعدی مربوط به الگوی سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم است، تا مکان استقرار مخازن و سازه‌های آن‌ها در برابر تهدیدات انفجاری مقاوم‌سـازی شـوند. این الگو با افزایش ظرفیت مخازن، اصـول آمادگی و جذب را تقویت می‌کند و در برخی موارد، راهکارهای مقاوم‌سـازی می‌توانند اصـول سـازگاری با سـایر تهدیدات را نیز تأمین کنند. یکی دیگر از الگوهای مؤثر، تنوع‌بخشـی در تأمین‌کنندگان اسـت. این الگو، همانند افزایش ظرفیت ذخایر و مراکز توزیع، تمرکز را از یک موقعیت مکانی خاص و تأمین‌کننده واحد برداشـته و این امکان را فراهم می‌کند که مخازن بیشـتری در شـاخه‌های بالادسـتی لجسـتیک سـوخت هوایی در صـورت وقوع تهدید انفجاری به فعالیت خود ادامه دهند. در اولویت آخر، برنامه‌های پاسـخ اضـطراری و دستورالعمل‌های مدیریت بحران قرار می‌گیرند. این برنامه‌ها در صـورت هدف قرار گرفتن مخازن، در بازیابی آن‌ها به عملکرد عادی و استمرار لجستیک کمک می‌کنند.

بر این اساس، لجستیک سوخت‌رسانی دفاعی موظف است برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین، ارکان اصلی روبه‌رو را به ترتیب اهمیت در نظر بگیرد تا اطمینان حاصل شود که پاسخ‌های مطلوب حاصل می‌شود: مدیریت اصولی، توسعه زیرسـاخت‌ها، برنامه‌ریزی مدون و تخصـیص منابع. اجرای این ارکان در مدیریت ریسـک، اطمینان‌بخش خواهد بود که لجستیک سوخت‌رسان دفاعی توانایی و قابلیت پاسخگویی به مسئولیت‌های مرتبط با ذخیره‌سازی، توزیع سوخت، کنترل کیفیت و پایبندی به مسائل زیست‌محیطی را خواهد داشت که هرچند مسائل زیست‌محیطی چندان حائز اهمیت نیستند.

در شکل ۴ الگوی تاب‌آوری لجستیک سوخت‌رسان دفاعی با تکیه بر مخازن سوخت هوایی مایع در برابر تهدیدات انفجاری گزارش‌شده است که در آن عرض بلوک‌ها نماینده میزان اهمیت و اولویت است.

پیشنهادهای اجرایی

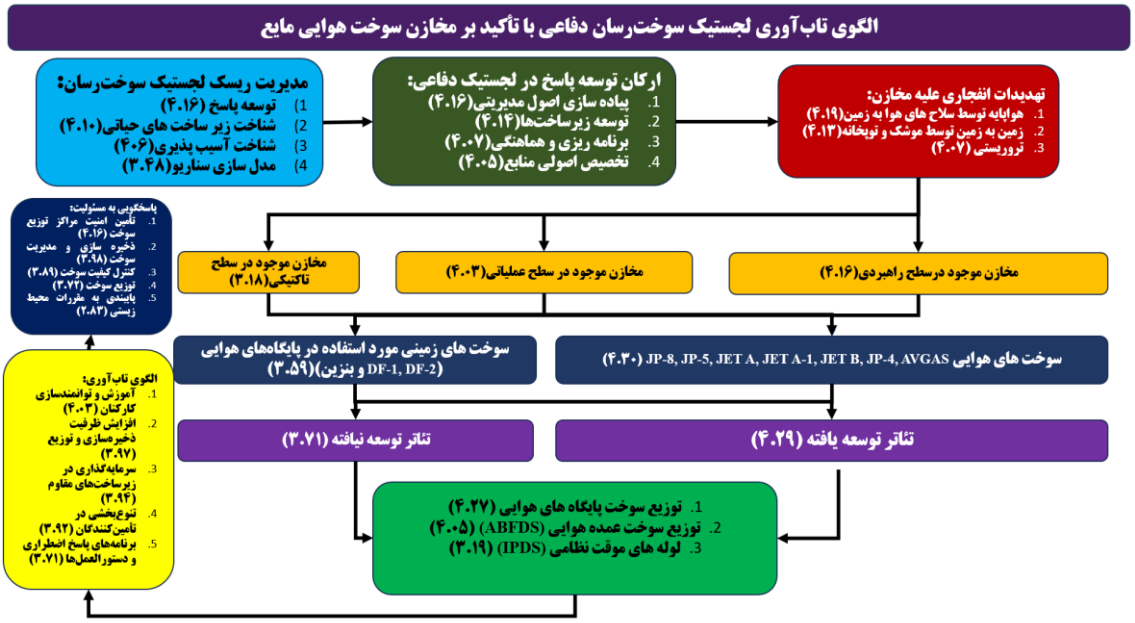
پیشـنهادهای احصـاء شـده در این مقاله برای مصـون‌سـازی لجسـتیک سـوخت‌رسـان دفاعی در برابر تهدیدات انفجاری با تکیه‌بر مخازن سوخت هوایی مایع به شرح زیر است:

۱. شـناسـایی مخازن آسـیب‌پذیر در سـطوح راهبردی و تاکتیکی در لجسـتیک سـوخت‌رسـان دفاعی توسـط مسئولین ذی‌ربط؛
۲. اخذ تدابیر لازم جهت فرهنگ‌سازی به منظور صیانت از مخازن پایه ثابت در تأسیسات سوخت‌رسانی هوایی و تدوین روش‌های مصون‌سازی در بستر پدافند غیرعامل در برابر تهدیدات انفجاری؛
۳. انجام برنامه‌ریزی‌های بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت، جهت پیاده‌سازی و اجرای الگوریتم تاب‌آوری تدوین‌شده در تحقیق؛
۴. تخصیص منابع و سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مقاوم و استفاده از روش‌های نوین صیانت از مخازن.

پیشنهادهای پژوهشی:

۱. بررسی سیستم‌های کنترل‌کننده پاسخ دینامیکی مخازن برای جهت‌دهی سرمایه‌گذاری‌ها؛
۲. بررسی مراحل و فرآیندهای تبدیل اصول تاب‌آوری مخازن سوخت هوایی مایع به عنوان دستورالعمل و قانون؛
۳. چگونگی خلق ارزش در ارگان‌های نظامی در خصـوص مخازن سـوخت هوایی به عنوان یک عنصـر مهم در

افزایش تاب‌آوری لجستیک دفاعی.



شکل ۴. الگوی تاب‌آوری لجستیک سوخت‌رسان دفاعی با تأکید بر مخازن سوخت هوایی مایع

منابع

آقاحسینی اشکاوندی، مصطفی، رضایی دولت آبادی، حسین و نیلی پورطباطبایی، سیداکبر. (۱۳۹۵). تاثیر چابکی منابع انسانی بر مدیریت بحران مطالعه موردی: انتقال خون اصفهان و سه استان حادثه خیز دیگر کشور. مدیریت بحران، ۵(۱۰)، ۴۱-۴۹. https://sid.ir/paper/225994/fa .

آرمون, آرش. (۱۳۸۵). مروری بر مفاهیم و ماهیت لجستیک نظامی دومین کنفرانس لجستیک و زنجیره تامین، https://civilica.com/doc/8944

باغبانی، هادی. (۱۴۰۰). طرح راهبردی مصون‌سازی پایگاه‌های هوایی نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران در برابر تهدیدات الکترومغناطیسی (رساله دکتری چاپ شده). *دانشگاه عالی دفاع ملی*، تهران، ایران.

باقری، محمد حسن. (۱۳۸۷). جنگ آینده از نظر آماد و پشتیبانی، *فصلنامه علوم و فنون نظامی دانشکده فرماندهی و ستاد آجا*. ۱۱: ۶۹-۹۱.

دریادار دکتر شهرام ایرانی. ۱۴۰۲. ناشنیده‌هایی از «سفر دور دنیای» ناوگروه ۸۶. *پایگاه خبری، خبرآنلاین*. لینک دسترسی: https://www.khabaronline.ir/news/1765488. تاریخ دسترسی: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰

کاظمی، بابک. (۱۳۹۰). *مدیریت تدارکات و آماد و پشتیبانی*، تهران انتشارات فرمنش.

صراف جوشقانی، حسن و غفاری توران، حسین. (۱۳۹۱). بهینه کاوی در مدیریت زنجیره تأمین نظامی(MSCM)، تهران: *انتشارات مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی دانشگاه جامع امام حسین* (ع). ۷۹-۶۲.

لطیفی، سمیه، راحلی، حسین، یادآور، حسین، سعدی، حشمت اله، و شهرستانی، سیدعلی. (۱۳۹۷). شناسایی و تبیین مراحل اجرایی توسعه کشاورزی حفاظتی در ایران با رویکرد دلفی فازی. *مهندسی بیوسیستم ایران (علوم کشاورزی ایران)*، ۴۹(۱)، ۱۰۷-۱۲۰. SID. https://sid.ir/paper/144217/fa

پورشاسب، عبدالعلی، و نظری نژاد، احمدعلی. (۱۳۹۹). تدابیرو راهکارهای پدافندغیرعامل درحفاظت از زیرساخت های حیاتی جمهوری اسلامی ایران. *مطالعات دفاعی استراتژیک*, ۱۸(۸۲), ۳۱۳-۳۳۶ .

Akbar, R., Kholid, F., Kasiyanto, K., Widiatmoko, D., & Achmad, A. (2024). Design of fuel monitoring application for reservoir tanks in army fuel supply point on military logistics corps based on Internet of Things. *International Journal of Engineering and Computer Science Applications (IJECSA)*, 3(1), 19-32. https://doi.org/10.30812/ijecsa.v3i1.3737

Armon, A. (2006). Review of concepts and nature of military logistics. In Second Conference on Logistics and Supply Chain (pp. xx-xx). [In Persian]. https://civilica.com/doc/8944

Australia's Department of Defence. (2002). Australian defence force fuel management (ISSN 1036-7632).

Baghbani, H. (2021*). Strategic plan for hardening air bases of the armed forces of the Islamic Republic of Iran against electromagnetic threats (Published doctoral dissertation)*. National Defense University, Tehran, Iran. [In Persian].

Bagheri, M. H. (2008). Future war from the perspective of logistics and support. Journal of Military Sciences and Technologies, *Command and Staff College of AJA*, 11, 69-91. [In Persian].

Belcher, O., Bigger, P., Neimark, B., & Kennelly, C. (2020). Hidden carbon costs of the "everywhere war": Logistics, geopolitical ecology, and the carbon boot-print of the US military. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 45(1), 65-80. https://doi.org/10.1111/tran.12319

Belhadi, A., Mani, V., Kamble, S. S., Khan, S. A. R., & Verma, S. (2021). Artificial intelligence-driven innovation for enhancing supply chain resilience and performance under the effect of supply chain dynamism: an empirical investigation. *Annals of Operations Research*, 333(2), 627-652. https://doi.org/10.1007/s10479-021-03956-x

Black, J., Kleberg, C., & Silfversten, E. (2024). *NATO enlargement amidst Russia's war in Ukraine*. RAND Corporation. https://doi.org/10.7249/PEA3236-1

Christopher, M. (2011). *Logistics & supply chain management*. Financial Times Prentice Hall.

Clews, R. J. (2016). Chapter 11 - The petrochemicals industry. In R. J. Clews (Ed.), Project finance for the international petroleum industry (pp. 187-203). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800158-5.00011-6

Cranfield School of Management. (2003). *Creating resilient supply chains: a practical guide, report on behalf of the department for transport*.

Department of the Navy Headquarters United States Marine Corps. (2023). *Logistics. United States Marine Corps*. https://www.marines.mil/Portals/1/Publications/MCDP%204%20(SECURITY).pdf?ver=R5KC9FF-AVoNQB4m75kbZQ%3D%3D

Department of the United States Air Force. (2023). Fuels management. https://static.e-publishing.af.mil/production/1/af_a4/publication/dafi23-201/dafi23-201.pdf

Dowd, A. M., Jankowski, D. P., & Cook, C. R. (2023). European warfighting resilience and NATO race of logistics: Ensuring that Europe has the fuel it needs to fight the next war. *Center for Strategic and International Studies*.

Federal Emergency Management Agency. (2003*). Primer for design of commercial buildings to mitigate terrorist attacks (FEMA 427)*. U.S. Department of Homeland Security.

Ferrer, G., Heinrich, A., J. Rodriguez, P., M. Courtney, E., & Bailey, G. (2024). Fuel logistics platform requirements to support expeditionary advanced base and surface warfare operations in INDOPACOM AOR. *Creating Synergy for Informed Change*, 148-171. https://dair.nps.edu/handle/123456789/5103

Ghouchani, M., Khorram, A., Gholizade, F., & Rafiei, S. (2023). Evaluate the efficiency of contextual elements in reducing the vulnerability of urban historical fabrics based on passive defense principles. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(2), 101837. https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101837

Jane's Information Group. (2023). *Jane's weapons: Strategic yearbook 23/24*. Jane's Information Group.

Kankam, G., Kyeremeh, E., Som, G. N. K., & Charnor, I. T. (2023). Information quality and supply chain performance: The mediating role of information sharing. *Supply Chain Analytics*, 2, 100005. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100005

Katsaliaki, K., Galetsi, P., & Kumar, S. (2022). Supply chain disruptions and resilience: a major review and future research agenda. *Annals of Operations Research*, 319(1), 965-1002. https://doi.org/10.1007/s10479-020-03912-1

Kazemi, B. (2011). *Procurement management and logistics support*. Farmanesh Publications. [In Persian].

Keshavarz-Ghorabaee, M. (2021). Assessment of distribution center locations using a multi-expert subjective–objective decision-making approach. *Scientific Reports*, 11(1), 19461. https://doi.org/10.1038/s41598-021-98698-y

Kumar, K., & Sung, C.-J. (2010). An experimental study of the autoignition characteristics of conventional jet fuel/oxidizer mixtures: Jet-A and JP-8. *Combustion and Flame*, 157(4), 676-685. https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2010.01.001

Latifi, S., Rahali, H., Yadavari, H., Saadi, H., & Shahrestani, S. A. (2018). Identification and explanation of the implementation steps for developing conservation agriculture in Iran using the fuzzy Delphi method. *Iranian Biosystems Engineering (Iranian Agricultural Sciences)*, 49(1), 107-120. [In Persian]. https://sid.ir/paper/144217/fa

Liu, W., He, Y., Dong, J., & Cao, Y. (2023). Disruptive technologies for advancing supply chain resilience. *Frontiers of Engineering Management*, 10(2), 360-366. https://doi.org/10.1007/s42524-023-0257-1

Lopez, G, Essex, J. (2016). *Introducing infrastructure resilience*. Doi: http://dx.doi.org/10.12774/eod_tg.july2016.gallegolopezessex1

Luning Prak, D. J., Simms, G. R., Hamilton, M., & Cowart, J. S. (2021). Impact of low flash point compounds (hydrocarbons containing eight carbon atoms) on the flash point of jet fuel and n-dodecane. *Fuel*, 286, 119389. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119389

Mohanty, A., Ramasamy, A. K., Verayiah, R., Bastia, S., Dash, S. S., Cuce, E., Khan, T. M. Y., & Soudagar, M. E. M. (2024). Power system resilience and strategies for a sustainable infrastructure: A review. *Alexandria Engineering Journal*, 105, 261-279. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aej.2024.06.092

Moore, S., Drayton, A., & MacDonald III, J. (2023). Fuel Logistics Platform Requirements to Support Distributed Maritime Operations in the Indo-Pacific area of Responsibility. *Acquisition Research Program*.

Naz F, Kumar A, Majumdar A, Agrawal R. (2022). Is artificial intelligence an enabler of supply chain resiliency post COVID-19? An exploratory state-of-the-art review for future research. *Oper Manag Res.* 15(1-2):378–98. doi: 10.1007/s12063-021-00208-w. Epub 2021 Sep 4. PMCID: PMC8417680

Noroozinejad Farsangi, E, Izuru Takewaki, Tony Y. Yang, Abolhassan Astaneh-Asl, & Gardoni, P. (2019). *Resilient structures and infrastructure*. springer. Https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-13-7446-3

Padmanabhi,R, Morgan Richmond, Baysa Naran, Elena Bagnera and Sean Stout. (2022). Tracking investments in climate resilient infrastructure. *climate policy initiative*.

Penadés, C, M., Núñez, A. G., & Canós, J. H. (2017). From planning to resilience: The role (and value) of the emergency plan. *Technological Forecasting and Social Change*, 121, 17-30. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.12.004

Petroleum & Water Department (PWD) Quartermaster School. (2021). U.S. Army Liquid Logistics “How To” Reference Handbook. Fort Lee, Virginia.

Pourshaseb, A., & Nazari Nejad, A. (2020). Measures and strategies of passive defense in protecting the critical infrastructures of the Islamic Republic of Iran. *Strategic Defense Studies*, 18(82), 313-336. [In Persian].

Ryczyński, J., & Tubis, A. A. (2021). Tactical risk assessment method for resilient fuel supply chains for a military peacekeeping operation. *Energies*, 14(15), 4679. https://www.mdpi.com/1996-1073/14/15/4679

Sarraf Joshaghani, H., & Ghaffari Touran, H. (2012). *Benchmarking in military supply chain management (MSCM).* Imam Hossein Comprehensive University. [In Persian].

Sun, H., Yang, M., Zio, E., Li, X., Lin, X., Huang, X., & Wu, Q. (2024). A simulation-based approach for resilience assessment of process system: A case of LNG terminal system. *Reliability Engineering & System Safety*, *249*, 110207. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110207

Tang, J., Zhao, P., Gong, Z., Zhao, H., Huang, F., Li, J., Chen, Z., Yu, L., & Chen, J. (2023a). Resilience patterns of human mobility in response to extreme urban floods. *Natl Sci Rev*, 10(8), nwad097. https://doi.org/10.1093/nsr/nwad097

The official website of the United Kingdom Royal Air Force. (2023, August 7). https://www.raf.mod.uk

The official website of the United States Air Force. (2023, August 6). https://www.af.mil

Tortorella, G. L., Prashar, A., Antony, J., Fogliatto, F. S., Gonzalez, V., & Godinho Filho, M. (2023). Industry 4.0 adoption for healthcare supply chain performance during COVID-19 pandemic in Brazil and India: the mediating role of resilience abilities development. *Operations Management Research*, 17(2), 389-405. https://doi.org/10.1007/s12063-023-00366-z Li, Y., Li, D.

U.S. Headquarters Department of the Army. (1993). *Crops Support Groups (Army Field Manual 54-30)*.

U.S. Headquarters Department of the Army. (2022). *Petroleum Supply Operations (Army Techniques Publication* No. (4-43). Washington, DC.

U.S. Joint Chiefs of Staff. (2016). *Joint Bulk Petroleum and Water Doctrine*. Digital Public Library of America. http://catalog.gpo.gov/F/?func=direct&doc_number=000879962&format=999

U.S. Marine Corps. (2005). *Petroleum and Water Logistics Operations. Department of the Navy Headquarters United States Marine Corps*, Washington, DC.

Vermeire, M. B. (2021). *Everything you need to know about marine fuels.* Chevron, Belgium.

Villar, A., Paladini, S., & Buckley, O. (2023). Towards supply chain 5.0: Redesigning supply chains as resilient, sustainable, and human-centric systems in a post-pandemic world. *Operations Research Forum*, 4(3), 60. https://doi.org/10.1007/s43069-023-00234-3

Wamba, S. F., & Queiroz, M. M. (2022). A framework based on blockchain, artificial intelligence, and big data analytics to leverage supply chain resilience considering the COVID-19. IFAC-*PapersOnLine*, 55(10), 2396-2401. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.067

White, R., Edwards, W., Farrar, A., & Plodinec, J. (2015). A practical approach to building resilience in America's communities. *American Behavioral Scientist*, 59, 200-219. https://doi.org/10.1177/0002764214550296

Yu, Z., Li, Z., & Ma, L. (2023). Strategies for the resilience of power-coal supply chains in low-carbon energy transition: a system dynamics model and scenario analysis of china up to 2060. *Sustainability*.

پیوست

جدول ۴. خصوصیات فیزیکی سوخت‌های دفاعی (یگان تفنگداران دریایی ایالات‌متحده آمریکا، ۲۰۰۵)

انواع سوخت							
سوخت هوایی	**JP-4**	**JP-5**	**JET A**	**JET A-1**	**JET B**	**JP-8**	**AVGAS**
چگالی(kg/m^3)	۷۶۷	۸۱۴	۸۱۴	۸۰۲	۷۶۷	۸۰۲	۷۱۸
نقطه اشتعال[۱](C°)	−۲۹	۶۰	۳۸	۳۸	−۲۹	۳۸	−۳۲
نقط نقطه انجماد(C°)	−۵۸	−۴۶	−۴۰	−۴۷	−۵۰	−۴۷	−۶۰
فشار بخار(bar)	۰.۱۳۷−۰.۲۰۶	−	۰.۱۳۷−۰.۲۰۶	−	−	۰.۲۰۶ بیشینه	−
لزجت[۲] در دمای ۴۰− درجه سانتی‌گراد$(Pa.s)$	۰.۰۰۳۶	۰.۰۱۶۵	۰.۰۱۵۰	۰.۰۱۵۰	۰.۰۰۳۶	۰.۰۱۵۰	۰.۰۰۱۲

سوخت زمینی	**بنزین**	**DF-1**	**DF-2**
چگالی(kg/m^3)	۷۴۳	۸۲۷	۸۲۷
نقطه اشتعال(C°)	−۳۴	۳۸	۵۲
نقط نقطه انجماد(C°)	−۵۹	۵	۱
نقطه ابریشمی[۳](C°)	−	−۵۱	تعیین توسط کاربر
نقطه ریزشی[۴](C°)	−	تعیین توسط کاربر	تعیین توسط کاربر
لزجت در حداقل$(Pa.s)$	−	۰.۰۰۱۴	۰.۰۰۲۰

جدول ۵. خصوصیات عملیاتی تسلیحات نیرو هوایی ایالات متحده آمریکا (وب‌سایت رسمی نیروی‌هوایی ارتش ایالات متحده آمریکا)

نام تسلیحات	**نوع تسلیحات**	**حداکثر برد عملیاتی (km)**	**حداکثر سرعت (km/h)**	**حداکثر ارتفاع پرواز (km)**	**قابلیت انهدام اهداف هوایی**	**قابلیت انهدام اهداف سطحی**
F-16 Fighting Falcon	جنگنده	۳۲۲۱	۲۴۱۴	۱۵	بله	بله
F-22 Raptor	جنگنده	۲۹۷۷	۱۸۵۲	۱۵	بله	بله
F-35A Lighting II	جنگنده	۲۱۷۲	۱۹۳۱	۱۵	بله	بله
B-2 Spirit	بمب‌افکن	۹۶۰۰	زیر صوت بالا	۱۵	خیر	بله
B-1B Lancer	بمب‌افکن	۱۲۰۰۰	۱۴۸۱	۹	خیر	بله

[۱] . نقطه اشتعال (Flash point) یک ویژگی مهم در مورد یک ماده است مانند سوخت‌ها که دمایی است که بخار ماده به طور لحظه‌ای در معرض یک شعله یا جرقه باز می‌شود و اشتعال می‌یابد. این یک اندازه‌گیری ایمنی مهم است زیرا نشان‌دهنده کمترین دمایی است که یک ماده می‌تواند بخار پذیر شود و مخلوط اشتعال‌پذیری در هوا را تشکیل دهد.

[۲] . لزجت یک ویژگی فیزیکی است که نشان‌دهنده مقاومت یک مایع در برابر جریان است.

[۳] . نقطه ابریشمی (Cloud point) یک ویژگی مهم در سوخت‌های دیزل است که به میزان دمایی اشاره دارد که در آن، روغن سوخت شروع به جامد شدن می‌کند و یک عارضه به نام ژله‌گیری رخ می‌دهد. این ویژگی به عنوان یک شاخص مهم برای انتخاب و استفاده از سوخت در شرایط سرد مورداستفاده قرار می‌گیرد.

[۴] . نقطه ریزش (Pour point)، دمایی است که سوخت یا روغن و جریان آن متوقف می‌شود. این ویژگی برای انتخاب سوخت در شرایط سرد مهم است، زیرا اگر نقطه ریزش سوخت پایین باشد، احتمال ژله‌گیری و مشکلات در عملکرد خودرو در دماهای پایین کمتر می‌شود.

نام تسلیحات	نوع تسلیحات	حداکثر برد عملیاتی (km)	حداکثر سرعت (km/h)	حداکثر ارتفاع پرواز (km)	قابلیت انهدام اهداف هوایی	قابلیت انهدام اهداف سطحی
B-52H Stratofortress	بمب‌افکن	۱۴۰۰۰	۱۰۴۶	۱۵	خیر	بله
MQ-9 Reaper	پهپاد	۲۵۹۲	۲۷۶	۱۵	خیر	بله
MQ-1B Predator	پهپاد	۱۲۳۹	۲۱۷	۷.۶	خیر	بله

Journal of Modern Aviation and Techniques
Year 2, Number 1, spring 2025

Resilience Model of Defense Fuel Supply Chain with Emphasis on Aerial Liquid Fuel

Abstract: Fuel supply logistics are fundamental to defense readiness, ensuring sustained military mobility and operational continuity amid evolving threats such as geopolitical instability and armed conflicts. In this context, the resilience of defense fuel logistics, particularly aerial liquid fuel tanks, is critical for maintaining fuel availability and distribution. This study develops a comprehensive framework for evaluating and enhancing the resilience of these tanks by employing a mixed-methods approach. The qualitative segment involves extensive research on defense logistics resilience, while the quantitative portion utilizes the fuzzy Delphi method to systematically address uncertainties and refine expert consensus on vulnerabilities and countermeasures. The findings highlight four core components for strengthening resilience: identifying critical infrastructure, assessing vulnerabilities, scenario modeling, and developing targeted response strategies. At the strategic level, aerial liquid fuel tanks provide long-term storage essential for prolonged defense operations. At the operational level, these tanks, particularly those integrated within commercial sectors, enhance fuel accessibility and logistical efficiency. Tactically, their role in airbases is vital due to the need for high-quality fuel for sensitive military equipment. To fortify resilience, this study recommends key strategies, including targeted training programs to improve readiness, expanding storage capacity and dispersing distribution sites to mitigate risks from localized threats, reinforcing tank infrastructure for structural resilience, and diversifying fuel suppliers to reduce dependency on singular sources. Additionally, crisis response protocols are essential to ensure swift restoration of fuel logistics in the event of attacks or disruptions. By integrating these measures—spanning personnel readiness, infrastructure reinforcement, supply chain diversification, and emergency response—defense fuel logistics systems can better withstand multifaceted threats, thereby ensuring sustained military operations and reinforcing national security.

Keywords: **Defense Supply Chain Resilience, Defense Fuel Logistics, Aerial Liquid Fuel Tanks.**