Archive of SID

فصلنامه علمی مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی
سال نهم، شماره ۳۶، پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۲۹۲-۲۶۷

مقاله پژوهشی: آینده‌نگاری با رویکرد مدل‌سازی در طراحی تسلیحات نظامی

فرهاد هادی‌نژاد [۱]، حسین مینائی [۲]

تاریخ دریافت: ۹۷/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۵

چکیده

سناریوپردازی یک روش برنامه‌ریزی راهبردی و نتیجه‌ای برای آینده‌پژوهی است که برخی سازمان‌ها به‌منظور تدوین برنامه‌های منعطف بلندمدت آن را به کار می‌گیرند تا به ادراکی ساختاریافته پیرامون شرایط محیطی در آینده‌های بدیل دست یابند. از سوی دیگر مدل‌سازی یکی از روش‌های پرکاربرد در آینده‌نگاری و وسیله‌ای برای شرح روابطی است که موجب اتصال عوامل فنی، اقتصادی، بازاری و اجتماعی به‌عنوان بازنمایی آینده می‌شود. تحقیق حاضر تلاش دارد با بهره‌گیری از این دو روش، رویکردی علمی و آینده‌پژوهانه برای طراحی تسلیحات نظامی ارائه نماید.لذا هدف تحقیق حاضر مدل‌سازی ریاضی سناریوهای محتمل جنگ‌های آینده در حوزه طراحی تسلیحات نظامی و ارائه رهیافتی برای حل این مدل‌هاست. برای این منظور مفروضات و محدودیت‌های تحقیقات پیشین که به دلیل ساده‌سازی، مدل‌سازی و روش حل به مسائل مشابه تحمیل گردیده و در شرایط عملیاتی و نظامی غیر کاربردی هستند، حذف و تعدیل گردیده است. پژوهش حاضر از منظر هدف در گروه تحقیقات توسعه‌ای و از منظر روش در گروه تحقیقات آزمایشی قرار دارد. در پایان تحقیق نیز پنج مدل ریاضی که از پنج سناریوی منتج از الزامات محتمل جنگ‌های آینده استخراج شده، ارائه و تشریح گردیده است.

کلیدواژه‌ها: آینده‌نگاری، تسلیحات نظامی، سناریوپردازی، جنگ آینده، مدل‌سازی ریاضی.

---

۱. دکترای مدیریت تحقیق در عملیات- استادیار دانشگاه امام علی (ع)، نویسنده مسئول:
Farhad_hdng@yahoo.com.
۲. استادیار دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آینده‌پژوهی یک شاخه جدید از علوم پژوهشی است که شامل تفکر سامانمند درباره آینده‌های بدیل است و هدف آن رفع ابهام از آینده و افزایش کنترل بشر بر آینده است (بل[1]، ۲۰۱۰). آینده‌پژوهی یک ضرورت است؛ زیرا تجربه نشان داده موفقیت سازمان‌ها در گرو درک سریع متغیرهای محیطی و پیش‌بینی تهدیدات و فرصت‌ها و احراز آمادگی‌های لازم است. مضافاً که هدف آن، ادراک و غلبه بر نیروهای درازمدت تغییر، به جهت ارائه تصویرهای بدیل و مطلوب از آینده به‌منظور حفظ و گسترش رفاه و امنیت بشری است(مظفری، ۱۳۸۸). در این بین سناریوپردازی و مدل‌سازی که از روش‌های پرکاربرد در آینده‌پژوهی محسوب می‌شوند (پوپر[2]، ۲۰۰۸) مورد نظر این تحقیق می‌باشند. سناریو[3] را اجماع داخلی در مورد آنچه، آینده ممکن است پیش رو بگذارد تعریف کرده‌اند (پورتر[4]، ۱۹۸۵). برای طراحی سناریو نیازمند شناسایی روابط علی و معلولی، روندها و متغیرهای مؤثر بر روندها هستیم. متفکران با کنار هم قرار دادن روندها و درک روابط بین آن‌ها، مدل‌ها (الگوها) را کشف می‌کنند. با توجه به پیچیدگی مسائل در دنیای تصمیم‌گیری، اکثر تحلیل‌ها در علم تحقیق در عملیات با استفاده از مدل‌های ریاضی انجام می‌گیرد (آذر، ۱۳۹۳). از مهم‌ترین انواع مدل‌سازی‌ها می‌توان به مدل‌های اقتصادی، مدل‌های بازخوردی و مدل‌های رایانه‌ای اشاره نمود. مدل‌های بازخوردی که در این تحقیق کاربرد دارند، وسیله‌ای برای شرح روابطی هستند که موجب اتصال عوامل فنی، اقتصادی، بازاری و اجتماعی به‌عنوان بازنمایی آینده می‌شوند (ذوالفقاری، ۱۳۹۰).

از سوی دیگر سازمان‌های نظامی و صنعتی پیوسته در پی افزایش سطح قابلیت اطمینان و دسترس‌پذیری تجهیزات خود هستند (رمضانی و معینی، ۱۳۹۵). از ویژگی‌های مهم و اثرگذار درنتیجه نبردهای امروزی و جنگ‌های شهری؛ وجود تجهیزات و تسلیحات نظامی با قابلیت اطمینان و پایایی بالاست که اگر مشخصه‌هایی؛ مانند هزینه،

۱. Bell
۲.Pooper
۳.Scenario
٤.Porter

www.SID.ir

Archive of SID

حجم و وزن آن‌ها نیز در حالت بهینه و پایدار قرار داشته باشد، بر اثربخشی و کارایی آن افزوده خواهد شد(امیری و همکاران، ۱۳۹۵).

بهینه‌سازی طراحی بر مبنای افزایش قابلیت اطمینان، یکی از مراحل اصلی در طراحی و تولید سامانه‌های نوین محسوب می‌شود و استفاده اجزای مازاد، یکی از رویکردهای معمول در این زمینه بوده که به مسئله تخصیص افزونگی[۱] شهرت دارد. استفاده از افزونگی به این معنی است که در مرحله طراحی سیستم برای هر یک از زیرسیستم‌ها یا اجزای سیستم چند جزء کمکی در نظر گرفته شود تا در صورت خرابی زیرسیستم مزبور، اجزای کمکی یا به عبارتی اجزای مازاد مانع از ازکارافتادگی کل سیستم شوند.

برقراری تعادل در اهداف، پارامترها، منابع و محدودیت‌های مسئله تخصیص افزونگی در طراحی قطعات نظامی، نیازمند مدل‌سازی مسئله با اهدافی، مانند بیشینه‌سازی قابلیت اطمینان (بیشینه‌سازی متوسط زمان ماندگاری سیستم در سامانه‌های تعمیرپذیر) و کمینه‌سازی هزینه کل، ضمن در نظر گرفتن محدودیت‌های تأثیرگذار در مسئله، مانند حجم و وزن کل، تعداد مجاز قطعه مازاد، نرخ تخفیف در خرید قطعات و غیره می‌باشد. لذا مسئله اصلی تحقیق حاضر طراحی تسلیحات نظامی با قابلیت اطمینان بیشینه (طول عمر بالا) و هزینه کمینه است؛ به‌طوری که سایر محدودیت‌های محیطی و عملیاتی در نظر گرفته شوند؛ به عبارت دیگر تحقیق حاضر تلاش دارد با کمک روش‌های ریاضی و تحقیق در عملیات، مسئله تخصیص افزونگی در تسلیحات نظامی را در قالب سناریوهای محتمل و برای شرایط عملیاتی مختلف فرموله کرده و ضمن ارائه مدل‌های خطی و علمی با پارامترها و مفروضات واقعی، راه‌حلی مناسب و منطقی پیشنهاد دهد.

پیشینه تحقیق

بیشینه‌سازی مفاهیم و پارامترهای قابلیت اطمینان به‌ویژه مسئله تخصیص افزونگی با کاربردهای عمومی در سالیان اخیر مورد توجه محققین فراوانی قرار گرفته، اما در خصوص کارکردهای نظامی و دفاعی (علی‌رغم اهمیت و کاربرد فراوان) پیشینه محدودی وجود دارد که ازجمله آن‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱. Redundancy Allocation Problem (RAP)

www.SID.ir

Archive of SID

پیروی (۱۳۸۱ هـ.ش) در پژوهشی به بررسی عوامل کاهش قابلیت اطمینان و آمادگی عملیاتی تسلیحات پرداخته است. حکمت (۱۳۸۲ هـ.ش) نیز در تحقیقی با عنوان ویژگی‌ها و الزامات طراحی و اجرای سامانه‌های مکانیزه، نگهداری و تعمیرات بر اهمیت نت مبتنی بر قابلیت اطمینان در آماده به کاری تجهیزات نظامی و غیرنظامی تأکید کرده است. حسینی و همکارانش (۱۳۹۲ هـ.ش) نیز بر اهمیت استفاده از فیلترهای هارمونیکی در سیستم‌های قدرت حساس، مانند سیستم قدرت کشتی‌های نظامی که دارای محدودیت در ابعاد و وزن و نیازمند قابلیت اطمینان بالا هستند، تأکید نموده‌اند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲). علوی و همکارانش نیز در دو پژوهش مجزا به بررسی استانداردهای قابلیت اطمینان قطعات الکترونیکی در حوزه نظامی و ارزیابی قابلیت اطمینان مبدل باک توان بالا، برای کاربرد در صنایع نظامی دریایی پرداخته‌اند (علوی و همکاران، ۱۳۹۵ الف و ب). همچنین هادی‌نژاد (۱۳۹۶ هـ.ش) و امیری و همکاران (۱۳۹۵ هـ.ش) به مسئله چندهدفه تخصیص افزونگی در سامانه‌های تعمیرپذیر با کمک بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی پرداخته و بر بهبود قابلیت اطمینان تسلیحات نظامی با کمک الگوریتم‌های فراابتکاری چندهدفه تأکید نموده‌اند.

مرور تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که بررسی مدل‌های مختلف مسئله تخصیص افزونگی در مرحله طراحی قطعات نظامی با توجه به شرایط محیطی، فاقد پیشینه جامعی بوده و تحقیق حاضر از منظر مدل‌سازی (توابع هدف و محدودیت‌های عملیاتی) و کاربرد دارای نوآوری می‌باشد. ضمن آنکه حذف و تعدیل مفروضاتی که در پیشینه تحقیقات عمومی مشابه و به دلیل ساده‌سازی بر مسئله تحقیق تحمیل شده و در فضای عملیاتی و واقعی کاربردی ندارد (مانند فرض تعمیرناپذیری قطعات و یا خرابی صرفاً با نرخ توزیع نمائی و یا تک‌هدفه فرض شدن مسئله تحقیق) از ویژگی‌های خاص تحقیق حاضر می‌باشد.

مبانی نظری تحقیق

به‌منظور درک بهتر مدل‌ها و رهیافت پیشنهادی، در ادامه کلیدواژه‌های اصلی تحقیق تعریف می‌گردد:

www.SID.ir

Archive of SID

آینده‌پژوهی[1]: تفکرات فلسفی و روش‌های علمی و مدل‌های مختلف بررسی و مطالعه آینده را مطرح و با استفاده از آن‌ها، آینده‌های بدیل و احتمالی را ترسیم می‌نماید. لذا، آینده‌پژوهی ابزاری برای مهندسی هوشمندانه آینده است (مظفری، ۱۳۸۸).

آینده‌نگاری[2]: آینده‌پژوهی به‌عنوان یک حوزه مطالعاتی گسترده که موضوع اصلی آن شناخت آینده‌ها به‌صورتی نظام‌مند است در سیر تکوینی خود با حوزه‌های دیگری، مانند سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی تلفیق شده و منجر به شکل‌گیری گرایشی از مطالعات آینده‌پژوهی شده است که با عنوان آینده‌نگاری شناخته می‌شود. آینده‌نگاری ابزاری نظام‌مند برای ارزیابی آن دسته از توسعه‌های علمی و فناورانه است که می‌تواند تأثیرات بسیار شدیدی بر رقابت صنعتی، خلق ثروت و کیفیت زندگی داشته باشد (جئورجیو[3]، ۲۰۰۱).

سناریوپردازی: ابزاری برای نظم بخشیدن به ادراکات فرد در مورد محیط‌های آینده‌های بدیل است که در آن، تصمیم فرد می‌تواند به‌درستی اجرا شود (شوارتز[4]، ۱۹۹۱).

جنگ آینده: جنگ آینده به رویارویی دو قدرت ناهم‌تراز اشاره دارد که یک طرف ضمن اجتناب از مواجهه شدن با نقاط قوت طرف مقابل، در چارچوبی خارج از قواعد قابل هضم برای دشمن، نقاط ضعف او را مورد حمله قرار می‌دهد (حیدری و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۷).

قابلیت اطمینان[5]: قابلیت اطمینان سیستم عبارت است از احتمال اینکه سیستم بتواند در بازه زمانی و شرایط مشخص، وظایف معین‌شده را به‌صورت رضایت‌بخشی انجام دهد (دیلون[6]،۲۰۰۷).

مسئله تخصیص افزونگی[7]: استفاده از اجزای افزونه در طرح بهینه‌سازی سامانه‌های سری موازی به‌منظور افزایش پایایی، مسئله تخصیص افزونگی نامیده می‌شود که هدف اصلی آن افزایش مفاهیم و پارامترهای قابلیت اطمینان با در نظر گرفتن محدودیت‌هایی، مانند حجم و وزن کل سیستم می‌باشد (عظیمی و هادی نژاد، ۱۳۹۵).

---

۱. Future Study
۲. Foresighting
۳. Georghiou
٤. Schwartz
٥.Reliability
٥. Dhillon
۷. Redundancy Allocation Problem (RAP)

www.SID.ir

Archive of SID

مدل‌سازی ریاضی: مدل‌های ریاضی گونه‌ای از مدل‌های نمادین هستند که با استفاده از حروف، اعداد، عملگرها و روابط ریاضی، جهان واقعی را به تصویر می‌کشند (مهرگان، ۱۳۸۲).

روش‌شناسی تحقیق

تحقیق حاضر به دنبال توسعه مدل‌های گذشته و کاربردی کردن مدل‌ها و الگوهای موجود در شرایط عملیاتی و واقعی بوده و لذا از منظر هدف، جزء تحقیقات توسعه‌ای محسوب می‌شود. ضمن آنکه به دلیل سنجش روابط بین متغیرها و تأثیری که در تسهیل دستیابی به قوانین و قضایای کلی دارد؛ از منظر روش، جزء تحقیقات آزمایشی قرار می‌گیرد. همچنین در این تحقیق از تکنیک مصاحبه عمیق و مطالعات کتابخانه‌ای برای گردآوری و تعریف داده‌ها (شناسایی و تعریف متغیرها، اهداف و محدودیت‌های مسئله) و از روش‌های کمی و تحقیق در عملیات برای مدل‌سازی و تحلیل داده‌ها استفاده گردیده است.

سناریوهای مسئله تحقیق

با توجه به افزایش پیچیدگی، تعدد و سرعت تغییرات محیط راهبردی ج.ا.ایران، تهدیدهای نوینی با تنوع عملکردی بالایی به وجود آمده که برخورداری از ظرفیت‌های مقابله‌ای دارای قابلیت متناسب با آن‌ها، ضرورتی اساسی است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵). به‌طور منطقی اگر آینده مملو از عدم قطعیت‌ها و نامشخص باشد؛ پس آینده‌های قابل باوری که احتمال رخداد برابری دارند، وجود دارند. سناریوها این آینده‌ها را در قالب داستان‌ها بیان کرده و روایت‌های بدیلی درباره موقعیت مرتبط آینده ارائه می‌دهند. سناریوها در واقع تلاش‌هایی هستند برای تجسم و بازنمایی رویدادهای ممکن آینده بر پایه آنچه می‌دانیم و یا آنچه که تصور می‌کنیم، می‌دانیم. حداقل سه مکتب در سناریوپردازی وجود دارد. مکتب شهودی که بسیار کیفی است؛ مکتب کمی که تکنیک‌های تحقیق در عملیات را به کار می‌گیرد و مورد نظر این تحقیق است و مکتب ترکیبی که هر دو رویکرد شهودی و کمی را به کار می‌گیرد (ذوالفقاری، ۱۳۹۰). تحقیق حاضر ضمن ارائه سناریوهای

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف، سعی در بهینه‌سازی قابلیت اطمینان در مرحله طراحی تسلیحات نظامی در شرایط عملیاتی و واقعی دارد.

هدف نهایی از مسئله بهینه‌سازی قابلیت اطمینان را می‌توان پیدا کردن تعداد بهینه قطعات مازادی دانست که می‌بایست جهت تأمین اهداف قابلیت اطمینان در سیستم قرار گیرند؛ اما عموماً بهبود در قابلیت اطمینان منجر به افزایش هزینه‌های سیستم و تغییر در پارامترهایی، مانند حجم و وزن می‌شود که برقراری تعادل میان این مفاهیم در کاربردهای نظامی نیازمند مدل‌سازی بوده و از اهداف این پژوهش محسوب می‌شود.

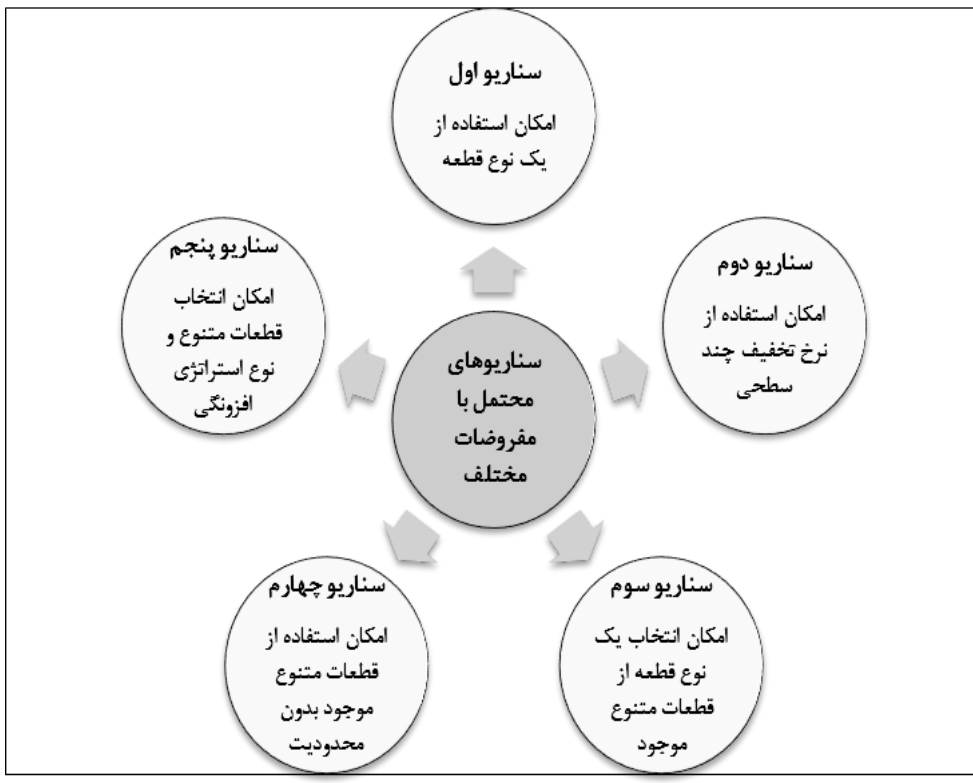
در عموم تحقیقات گذشته و به‌منظور ساده‌سازی در مدل‌سازی و روش حل، مفروضاتی به مسئله تخصیص افزونگی تحمیل می‌گردید که در شرایط واقعی از مطلوبیت و جامعیت مدل و مسئله تحقیق می‌کاهد. به‌طور مثال در اکثر مطالعات انجام‌شده در مسئله تخصیص افزونگی، این‌طور فرض می‌شود که نرخ‌های خرابی اجزای سیستم از توزیع‌نمایی پیروی می‌کنند؛ اما در مسئله‌های جهان واقعی سامانه‌های زیادی هستند که اجزایی با نرخ‌های شکست افزایشی دارند (پورکریم گیلانی و همکاران[1]، ۲۰۱۷). یا بررسی‌ها بر کمبود مطالعات در زمینه مسئله تخصیص افزونگی در سامانه‌های سری- موازی با اجزای تعمیرپذیر تأکید نموده‌اند (کو و وان[2]، ۲۰۰۷) حال آنکه بسیاری از تسلیحات و محصولات نظامی تعمیرپذیر بوده و قطعه تعمیرشده به دلیل صرفه‌جویی در هزینه می‌تواند به چرخه استفاده بازگردد. از سایر مفروضات تسهیل‌کننده تحقیقات پیشین می‌توان به: تک‌هدفه فرض کردن تابع هدف، در نظر نگرفتن نرخ تخفیف در فرآیند خرید قطعات مازاد و صرفاً امکان استفاده از یک نوع قطعه و یک نوع استراتژی افزونگی در هر زیرسیستم اشاره کرد؛ اما تحقیق حاضر با طرح سناریوهای منطبق با شرایط عملیاتی، سعی در حذف، اصلاح و تعدیل مفروضات فوق به شکلی کاربردی و اثربخش در شرایط واقعی نموده است. سناریوها و مفروضات مورد اشاره با توجه به الزامات و مفروضات جنگ‌های آینده، شرایط اقتصادی کشور، تحریم‌های نظامی و ... و با نظر کارشناسان و خبرگان سازمانی احصا و با کمک علم تحقیق

۱. Pourkarim Guilani et al
۲. Kuo & Wan

www.SID.ir

Archive of SID

در عملیات در قالب مدل‌های ریاضی ارائه می‌گردند. شکل شماره ۱ سناریوهای مختلف و محتمل مسئله تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل شماره ۱: سناریوهای مختلف مسئله تحقیق (منبع: محقق)

مفروضات کلی و عمومی مدل‌های پیشنهادی بدین شرح است:

- نرخ خرابی قطعات در هر زیرسیستم می‌تواند از توابع توزیع مختلف پیروی نماید (متناسب با نوع قطعه).
- اجزا تعمیرپذیر بوده و نرخ تعمیر آن‌ها در هر زیرسیستم می‌تواند از توابع توزیع مختلف پیروی نماید (متناسب با نوع قطعه).
- سیستم زمانی از کار می‌افتد که یک زیرسیستم به‌طور کامل از کار بیافتد.
- ازکارافتادگی اجزا مستقل از یکدیگر می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

- اجزای سیستم تنها دو وضعیت سالم و خراب دارند.
- هر تعمیرکار در هر لحظه فقط بر روی یک جزء کار می‌کند.
- هر کدام از اجزا در هر زیرسیستم، دارای هزینه، حجم و وزن مشخص می‌باشند.
- در هر زیرسیستم بازه مجاز برای تعداد قطعات مشخص است.

ارائه مدل‌های ریاضی پیشنهادی

در این بخش به پنج مدل ریاضی که از پنج سناریوی منتج از الزامات و مفروضات محتمل جنگ‌های آینده استخراج گردیده، اشاره می‌گردد:

سناریوی اول: امکان استفاده از یک نوع قطعه در هر زیرسیستم

مدل پیشنهادی در این سناریو برای شرایطی که به دلیل محدودیت‌های موجود (مانند تحریم‌های نظامی، ضرورت استفاده از تولیدکننده داخلی به دلیل مسائل امنیتی و ...) صرفاً یک نوع قطعه برای هر زیرسیستم موجود باشد، مفید واقع شده و با توجه به حذف مفروضات تحمیلی، شرایط کاربردی و ملموسی را ارائه می‌نماید. در این مدل سه محدودیت و فرض غیرکاربردی تحمیل‌شده بر عموم مطالعات مشابه (۱- تعمیرناپذیری قطعات، ۲- نرخ خرابی ثابت و محدود، ۳- تک‌هدفه بودن تابع هدف) حذف گردیده، به‌طوری که ضمن تعمیرپذیر بودن قطعات و سامانه‌ها، نرخ خرابی و تعمیر قطعات می‌تواند هر تابع توزیعی را متناسب با نوع قطعه پذیرفته و تابع هدف نیز علاوه بر بیشینه‌سازی پارامتر قابلیت اطمینان بر کمینه‌سازی هزینه کل تأکید نموده است.

مدل ریاضی پیشنهادی برای سناریوی اول

با توجه به گزاره‌ها و مفروضات مسئله، مدل ریاضی پیشنهادی بدین شکل خواهد بود:

www.SID.ir

Archive of SID

$$\text{Max } Z = \min_{i} (MTTFF_i); \qquad i=1, 2, ..., k \qquad (۱)$$

$$\text{Min } C_s = \sum_{i=1}^{k} C_i X_i ; \qquad (۲)$$

St:

$$\sum_{i=1}^{k} W_i X_i \le W_s ; \qquad (۳)$$

$$\sum_{i=1}^{k} V_i X_i \le V_s ; \qquad (۴)$$

$$\sum_{i=1}^{k} X_i \le N_s ; \qquad (۵)$$

$$L_i \le X_i \le M_i \qquad i=1, 2, ...,k \qquad (۶)$$

$$X_i : \text{integer.} \qquad i=1, 2, ...,k \qquad (۷)$$

علائم و نمادهای مربوط به مدل مسئله عبارت‌اند از:

- i: اندیس نشانگر زیرسیستم‌ها
- k : تعداد زیرسیستم‌ها
- X_i: تعداد قطعه (مؤلفه) در زیرسیستم i ام (متغیر تصمیم)
- C_i: هزینه هر واحد قطعه در زیرسیستم i ام
- W_i: وزن هر واحد قطعه در زیرسیستم i ام
- V_i: حجم هر واحد قطعه در زیرسیستم i ام
- L_i: حداقل تعداد قطعه در زیرسیستم i ام
- M_i: حداکثر تعداد قطعه در زیرسیستم i ام
- C_s: هزینه کل سیستم
- W_s: حداکثر وزن کل سیستم
- V_s: حداکثر حجم کل سیستم
- N_s : حداکثر تعداد قطعات کل سیستم
- $MTTFF_i$: میانگین زمان تا اولین خرابی زیرسیستم i ام

www.SID.ir

Archive of SID

در مدل مذکور تابع هدف اول (رابطه شماره ۱) به‌منظور بیشینه‌سازی میانگین، زمان قبل از اولین خرابی کل سیستم مورد توجه قرار گرفته است. طبیعی است در سامانه‌های سری- موازی، زمانی که هر کدام از زیرسیستم‌ها خراب شود، کل سیستم از کار می‌افتد و بدین‌ترتیب می‌توان برای ماکزیمم کردن ماندگاری کل سیستم، کمترین ماندگاری زیرسیستم‌ها را ماکزیمم کرد. همچنین از آنجا که سیستم تعمیرپذیر است، در تابع هدف به‌جای قابلیت اطمینان از مفهوم ماندگاری استفاده شده است. تابع هدف دوم (رابطه شماره ۲) نیز کمینه کردن هزینه کل سیستم را لحاظ کرده که همواره در طراحی تجهیزات نظامی مورد تأکید بوده و محدودیت‌های مالی احتمالی بر اهمیت و فوریت آن می‌افزاید. روابط شماره ۳ و ۴ محدودیت‌های مربوط به حد بالای وزن و حجم سیستم را تعیین کرده است که در طراحی تجهیزات نظامی در شرایط جنگ‌های آینده اهمیت ویژه‌ای دارد. بدیهی است سلاح و تجهیزات با حجم و وزن کمتر تأثیر فراوانی در بهبود اثربخشی و کارایی آن‌ها در جنگ‌های نوین خواهد داشت. رابطه شماره ۵ و ۶ محدودیت احتمالی مربوط به حداکثر تعداد مجاز اجزاء در کل سیستم و در هر زیرسیستم را مورد توجه قرار داده است. در نهایت رابطه شماره ۷ با توجه به ماهیت مسئله تصمیم، بر این نکته تأکید دارد که متغیر تصمیم (تعداد قطعات) تنها می‌تواند اعداد صحیح را بپذیرد.

سناریوی دوم: امکان استفاده از نرخ تخفیف چندسطحی در هر زیرسیستم

مدل پیشنهادی برای این سناریو در شرایطی که سیستم از تعداد قطعات زیادی استفاده نموده و یا هزینه قطعات از اهمیت زیادی برخوردار باشد (به دلایل مختلف؛ مانند نوسانات نرخ دلار، تحریم‌های اقتصادی، جنگ‌های فرسایشی و ...) کاربرد بیشتری خواهد داشت. در این مدل علاوه بر حذف سه محدودیت پیش‌گفته (تعمیرناپذیری قطعات، نرخ خرابی ثابت و محدود، تک‌هدفه بودن تابع هدف) امکان استفاده از نرخ تخفیف چندسطحی در فرآیند خرید قطعات مازاد فراهم شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

مدل ریاضی پیشنهادی برای سناریوی دوم

با توجه به مفروضات و شرایط مورد اشاره، مدل ریاضی پیشنهادی برای این سناریو بدین شکل خواهد بود:

$$\text{Max } Z = \min_{i} (MTTFF_i); \quad i=1, 2, ..., k \qquad (۸)$$

$$\text{Min } C_s = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{m_i} C_{ij} X_{ij}; \qquad (۹)$$

St:

$$X_i = \sum_{j=1}^{m_i} X_{ij}; \quad i=1, 2, ..., k \qquad (۱۰)$$

$$\sum_{i=1}^{k} W_i X_i \le W_s; \qquad (۱۱)$$

$$\sum_{i=1}^{k} V_i X_i \le V_s; \qquad (۱۲)$$

$$\sum_{i=1}^{k} X_i \le N_s; \qquad (۱۳)$$

$$L_{ij} Y_{ij} \le X_{ij} \le M_{ij} Y_{ij} \quad i=1, 2, ..., k \quad j=1, 2, ..., m_i \qquad (۱۴)$$

$$\sum_{j=1}^{m_i} Y_{ij} = 1; \quad i=1, 2, ..., k \qquad (۱۵)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\}; \quad i=1, 2, ..., k \quad j=1, 2, ..., m_i \qquad (۱۶)$$

$$X_i : \text{integer}. \quad i=1, 2, ..., k \qquad (۱۷)$$

علائم و نمادهای مربوط به مدل مسئله عبارت‌اند از:

- i: اندیس نشانگر زیرسیستم‌ها
- j: اندیس نشانگر سطوح تخفیف
- k : تعداد زیرسیستم‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

- X_i: تعداد کل قطعه (مؤلفه) در زیرسیستم i ام
- m_i: تعداد سطوح تخفیف در زیرسیستم i ام
- W_i: وزن هر واحد قطعه در زیرسیستم i ام
- V_i: حجم هر واحد قطعه در زیرسیستم i ام
- X_{ij}: تعداد قطعه (مؤلفه) با نرخ تخفیف j ام در زیرسیستم i ام (متغیر تصمیم)
- Y_{ij}: استفاده یا عدم استفاده از قطعه با نرخ تخفیف j ام در زیرسیستم i ام (متغیر صفر و یک) (متغیر تصمیم)
- L_{ij}: حد پایین سفارش قطعات برای استفاده از سطح تخفیف j ام در زیرسیستم i ام
- M_{ij}: حد بالای سفارش قطعات برای استفاده از سطح تخفیف j ام در زیرسیستم i ام
- C_s: هزینه کل سیستم
- W_s: حداکثر وزن کل سیستم
- V_s: حداکثر حجم کل سیستم
- N_s : حداکثر تعداد قطعات کل سیستم
- $MTTFF_i$: میانگین زمان تا اولین خرابی زیرسیستم i ام

توابع هدف ذکرشده (روابط شماره ۸ و ۹) به مانند مدل قبل بر بیشینه‌سازی میانگین زمان تا اولین خرابی سیستم و کمینه‌سازی هزینه کل سیستم تأکید دارد که از اهداف اصلی تحقیق حاضر محسوب می‌شوند. البته هزینه کل سیستم منتج از نرخ تخفیفی است که وابسته به تعداد قطعات افزونه مورد نیاز خواهد بود. بدیهی است هرچه تعداد اجزای افزونه بیشتر باشد از نرخ تخفیف مناسب‌تری برخوردار خواهند بود. رابطه شماره ۱۰ متغیر جدیدی برای شمارش تعداد کل اجزاء در هر زیرسیستم تعریف می‌کند. همچنین روابط شماره ۱۱ و ۱۲ محدودیت‌های مربوط به حد بالای وزن و حجم سیستم را تعیین کرده است. بدیهی است در طراحی تسلیحات و تجهیزات نظامی، محدودیت‌های حجم و وزن از الزامات جنگ‌های آینده محسوب خواهند شد. رابطه شماره ۱۳ محدودیت مربوط به

www.SID.ir

Archive of SID

حداکثر تعداد مجاز اجزاء در کل سیستم را مورد تأکید قرار داده است. در رابطه شماره ۱۴ نیز حد بالا و پایین سفارش برای استفاده از نرخ‌های تخفیف چندسطحی با کمک متغیر صفر و یک (Y_{ij}) نشان داده شده است. رابطه شماره ۱۵ برابر مفروضات مسئله بر این نکته تأکید دارد که در هر زیرسیستم تنها از یک سطح تخفیف می‌توان استفاده نمود، درنتیجه مجموع مقادیر متغیر Y_{ij} برای هر زیرسیستم برابر یک خواهد شد. رابطه شماره ۱۶ بر جنس متغیر Y_{ij} تأکید دارد؛ با این توضیح که متغیر Y_{ij} زمانی برابر یک است که متغیر X_{ij} (که نشانگر قطعه با نرخ تخفیف j ام در زیرسیستم i ام است) مقداری بیش از صفر را بپذیرد. در نهایت رابطه شماره ۱۷ نیز نشان می‌دهد که متغیر تصمیم تنها می‌تواند اعداد صحیح را بپذیرد.

سناریوی سوم: امکان انتخاب یک نوع قطعه از قطعات متنوع موجود

این سناریو برای زمانی که چندین نوع قطعه برای انتخاب وجود دارد؛ اما به دلایل مختلف (مانند محدودیت در انتخاب کشور سازنده به دلیل ملاحظات امنیتی، سرعت لجستیک به دلیل محدودیت زمانی، هزینه تمام‌شده به دلیل محدودیت مالی و ...) تنها می‌توان یک نوع از آن‌ها را انتخاب و به کار بست، کاربرد دارد. در این مدل علاوه بر حذف سه محدودیت پیش‌گفته (تعمیرناپذیری قطعات، نرخ خرابی ثابت و محدود، تک‌هدفه بودن تابع هدف) امکان انتخاب یک نوع قطعه از قطعات متنوع موجود در هر زیرسیستم وجود دارد.

مدل ریاضی پیشنهادی برای سناریوی سوم

با توجه به اهداف و مفروضات مسئله، مدل ریاضی پیشنهادی برای این سناریو بدین شکل خواهد بود:

www.SID.ir

Archive of SID

$$\text{Max } Z = \min_{i}(MTTFF_i); \quad i=1,2,\ldots,k \qquad (۱۸)$$

$$\text{Min } C_s = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i} C_{ij}X_{ij}; \qquad (۱۹)$$

St:

$$\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i} W_{ij}X_{ij} \le W_s; \qquad (۲۰)$$

$$\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i} V_{ij}X_{ij} \le V_s; \qquad (۲۱)$$

$$\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \le N_s; \qquad (۲۲)$$

$$L_{ij}Z_{ij} \le X_{ij} \le M_{ij}Z_{ij} \quad i=1,2,\ldots,k \quad j=1,2,\ldots,n_i \qquad (۲۳)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i} Z_{ij} = 1; \quad i=1,2,\ldots,k \qquad (۲۴)$$

$$Z_{ij} \in \{0,1\}; \quad i=1,2,\ldots,k \quad j=1,2,\ldots,n_i \qquad (۲۵)$$

$$X_{ij} : \text{integer}. \quad i=1,2,\ldots,k \quad j=1,2,\ldots,n_i \qquad (۲۶)$$

علائم و نمادهای مربوط به مدل مسئله عبارت‌اند از:

- i: اندیس نشانگر زیرسیستم‌ها
- j: اندیس نشانگر نوع قطعه
- k : تعداد زیرسیستم‌ها
- X_{ij}: تعداد قطعه (مؤلفه) نوع j ام در زیرسیستم i ام (متغیر تصمیم)
- Z_{ij}: استفاده یا عدم استفاده از قطعه نوع j ام در زیرسیستم i ام (متغیر صفر و یک) (متغیر تصمیم)
- n_i: تعداد نوع قطعات موجود در زیرسیستم i ام
- C_{ij}: هزینه هر واحد قطعه نوع j ام در زیرسیستم i ام
- W_{ij}: وزن هر واحد قطعه نوع j ام در زیرسیستم i ام
- V_{ij}: حجم هر واحد قطعه نوع j ام در زیرسیستم i ام

www.SID.ir

Archive of SID

- L_{ij}: حداقل تعداد قطعه نوع j ام قابل استفاده در زیرسیستم i ام
- M_{ij}: حداکثر تعداد قطعه نوع j ام قابل استفاده در زیرسیستم i ام
- C_s: هزینه کل سیستم
- W_s: حداکثر وزن کل سیستم
- V_s: حداکثر حجم کل سیستم
- N_s : حداکثر تعداد قطعات کل سیستم
- MTTFFi: میانگین زمان تا اولین خرابی زیرسیستم i ام

توابع هدف مدل پیشنهادی (روابط شماره ۱۸ و ۱۹) به مانند دو مدل قبل به دنبال تأمین اهداف اصلی تحقیق؛ یعنی بیشینه‌سازی متوسط زمان ماندگاری سیستم و کمینه‌سازی هزینه کل سیستم می‌باشد که این هزینه با توجه به امکان استفاده از انواع مختلف قطعات، متفاوت خواهد بود. روابط شماره ۲۰ و ۲۱ محدودیت‌های مربوط به حد بالای وزن و حجم سیستم را تعیین کرده است که در طراحی تسلیحات نظامی اهمیت ویژه‌ای دارد. رابطه شماره ۲۲ محدودیت مربوط به حداکثر تعداد مجاز اجزای افزونه در کل سیستم را مورد تأکید قرار داده است. همچنین با کمک رابطه شماره ۲۳ حداقل و حداکثر تعداد قطعه در هر زیرسیستم در صورت استفاده از نوع قطعه مورد نظر قابل تعریف خواهد بود. رابطه شماره ۲۴ نیز با کمک متغیر صفر و یک (Z_{ij}) نشان می‌دهد که برابر مفروضات مسئله، در هر زیرسیستم تنها از یک نوع قطعه می‌توان استفاده نمود. در نهایت روابط شماره ۲۵ و ۲۶ نیز جنس متغیرها را مورد توجه قرار داده که بر مبنای آن متغیر Z اعداد صفر و یک و متغیر X اعداد صحیح را می‌پذیرند.

سناریوی چهارم: امکان استفاده از قطعات متنوع موجود در هر زیرسیستم

مدل پیشنهادی این سناریو برای شرایطی که بدون هیچ محدودیتی امکان خرید انواع مختلف قطعات از تأمین‌کننده‌های متنوع وجود دارد (شرایطی؛ مانند وجود شرکای نظامی مختلف و یا توان تولید داخلی متنوع و ...) کاربرد بیشتری خواهد داشت. در این مدل، علاوه بر حذف سه محدودیت قبل (تعمیرناپذیری قطعات، نرخ خرابی ثابت با

www.SID.ir

Archive of SID

توزیع‌نمایی، تک‌هدفه بودن تابع هدف) امکان انتخاب قطعات متنوع در هر زیرسیستم وجود دارد.

مدل ریاضی پیشنهادی برای سناریوی چهارم

با توجه به اهداف و مفروضات مسئله، مدل ریاضی پیشنهادی بدین شکل خواهد بود:

$$\text{Max } Z = \min_{i} (MTTFF_i); \qquad i=1, 2, ..., k \qquad (۲۷)$$

$$\text{Min } C_s = \sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} C_{ij} X_{ij}; \qquad (۲۸)$$

St:

$$\sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} W_{ij} X_{ij} \le W_s; \qquad (۲۹)$$

$$\sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} V_{ij} X_{ij} \le V_s; \qquad (۳۰)$$

$$\sum_{i=1}^{k} \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \le N_s; \qquad (۳۱)$$

$$L_{ij} \le X_{ij} \le M_{ij} \qquad i=1, 2, ...,k \quad j=1, 2, ..., n_i \qquad (۳۲)$$

$$X_{ij} : \text{integer.} \qquad i=1, 2, ...,k \quad j=1, 2, ..., n_i \qquad (۳۳)$$

علائم و نمادهای مربوط به مدل مسئله عبارت‌اند از:

- i: اندیس نشانگر زیرسیستم‌ها
- j: اندیس نشانگر نوع قطعه
- k : تعداد زیرسیستم‌ها
- X_{ij}: تعداد قطعه (مؤلفه) نوع j ام در زیرسیستم i ام (متغیر تصمیم)
- n_i: تعداد نوع قطعات موجود در زیرسیستم i ام
- C_{ij}: هزینه هر واحد قطعه نوع j ام در زیرسیستم i ام
- W_{ij}: وزن هر واحد قطعه نوع j ام در زیرسیستم i ام

www.SID.ir

Archive of SID

- V_{ij}: حجم هر واحد قطعه نوع j ام در زیرسیستم i ام
- L_{ij}: حداقل تعداد قطعه نوع j ام قابل استفاده در زیرسیستم i ام
- M_{ij}: حداکثر تعداد قطعه نوع j ام قابل استفاده در زیرسیستم i ام
- C_s: هزینه کل سیستم
- W_s: حداکثر وزن کل سیستم
- V_s: حداکثر حجم کل سیستم
- N_s : حداکثر تعداد قطعات کل سیستم
- MTTFFi: میانگین زمان تا اولین خرابی زیرسیستم i ام

توابع هدف مدل پیشنهادی (روابط شماره ۲۷ و ۲۸) به مانند مدل‌های قبل به دنبال تأمین اهداف اصلی تحقیق، یعنی بیشینه‌سازی متوسط زمان ماندگاری سیستم و کمینه‌سازی هزینه کل سیستم می‌باشد که این هزینه با توجه به امکان استفاده از انواع مختلف قطعات، متفاوت خواهد بود. روابط شماره ۲۹ و ۳۰ محدودیت‌های مربوط به حد بالای وزن و حجم سیستم را تعیین می‌کند که از الزامات جنگ‌های آینده محسوب می‌شود. رابطه شماره ۳۱ نیز محدودیت مربوط به حداکثر تعداد مجاز اجزاء در کل سیستم را مورد تأکید قرار داده است. ضمن آنکه با کمک رابطه شماره ۳۲ حداقل و حداکثر تعداد نوع قطعه در هر زیرسیستم قابل تعریف خواهد بود. در نهایت رابطه شماره ۳۳ جنس متغیر تصمیم را مورد توجه قرار داده که تنها می‌تواند اعداد صحیح را بپذیرد.

سناریوی پنجم: امکان انتخاب نوع استراتژی افزونگی و قطعات متنوع موجود در هر زیرسیستم

مدل پیشنهادی این سناریو در شرایطی که امکان خرید قطعات متنوع وجود داشته و به‌منظور صرفه‌جویی در هزینه و اطمینان از صحت عملکرد بتوان از آرایش آماده به کار استفاده نمود، مفید خواهد بود. در آرایش موازی از آنجا که همه قطعات افزونه به‌صورت فعال قرار دارند احتمال خرابی قطعات بیشتر بوده و برای رفع این مشکل طراحان آرایش آماده به کار را استفاده می‌کنند. این استراتژی برای طراحی تسلیحاتی که طول عمر بالا و احتمال خرابی بسیار پایین از الزامات آن محسوب می‌شود مفید خواهد بود. در این مدل پیشنهادی علاوه بر حذف سه محدودیت پیش‌گفته (تعمیرناپذیری قطعات، نرخ خرابی

www.SID.ir

Archive of SID

ثابت با توزیع‌نمایی، تک‌هدفه بودن تابع هـدف) و امکـان انتخـاب قطعـات متنـوع، امکـان انتخاب نوع استراتژی افزونگی (آرایش فعال یا آماده به کار) در هر زیرسیستم وجود دارد.

مدل ریاضی پیشنهادی برای سناریوی پنجم

با توجه به اهداف و مفروضات مسئله، مدل ریاضی پیشنهادی بدین شکل خواهد بود:

$$\text{Max } Z=\min_{i}(MTTFF_i); \qquad i=1,2,\ldots,k \qquad (۳۴)$$

$$\text{Min } C_s=\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{p=S \text{ or } A} C_{ij}X_{ijp}; \qquad (۳۵)$$

St:

$$\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{p=S \text{ or } A} W_{ij}X_{ijp} \le W_s; \qquad (۳۶)$$

$$\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{p=S \text{ or } A} V_{ij}X_{ijp} \le V_s; \qquad (۳۷)$$

$$\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{p=S \text{ or } A} X_{ijp} \le N_s; \qquad (۳۸)$$

$$L_{ij} \le \sum_{p=S \text{ or } A} X_{ijp} \le M_{ij}; \qquad i=1,2,\ldots,k \quad j=1,2,\ldots,n_i \qquad (۳۹)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{p=S} X_{ijp} \le N_{si}; \qquad i=1,2,\ldots,k \qquad (۴۰)$$

$$\sum_{j=1}^{n_i}\sum_{p=A} X_{ijp} \le N_{Ai}; \qquad i=1,2,\ldots,k \qquad (۴۱)$$

$$X_{ijp}: \text{integer}. \qquad i=1,2,\ldots,k \quad j=1,2,\ldots,n_i \quad p=A,S \qquad (۴۲)$$

علائم و نمادهای مربوط به مدل مسئله عبارت‌اند از:

- i: اندیس نشانگر زیرسیستم‌ها
- j: اندیس نشانگر نوع قطعه

www.SID.ir

Archive of SID

- p: اندیس نشانگر نوع استراتژی افزونگی (A: استراتژی فعال و S: استراتژی آماده به کار)
- k : تعداد زیرسیستم‌ها
- X_{ijp}: تعداد قطعه (مؤلفه) نوع j ام در زیرسیستم i ام با استراتژی افزونگی p ام (متغیر تصمیم)
- n_i: تعداد نوع قطعات موجود در زیرسیستم i ام
- C_{ij}: هزینه هر واحد قطعه نوع j ام در زیرسیستم i ام
- W_{ij}: وزن هر واحد قطعه نوع j ام در زیرسیستم i ام
- V_{ij}: حجم هر واحد قطعه نوع j ام در زیرسیستم i ام
- L_{ij}: حداقل تعداد قطعه نوع j ام قابل استفاده در زیرسیستم i ام
- M_{ij}: حداکثر تعداد قطعه نوع j ام قابل استفاده در زیرسیستم i ام
- C_s: هزینه کل سیستم
- W_s: حداکثر وزن کل سیستم
- V_s: حداکثر حجم کل سیستم
- N_s : حداکثر تعداد قطعات کل سیستم
- N_{si}: حداکثر تعداد قطعات با آرایش آماده به کار در زیرسیستم i ام
- N_{Ai}: حداکثر تعداد قطعات با آرایش موازی فعال در زیرسیستم i ام
- $MTTFFi$: میانگین زمان تا اولین خرابی زیرسیستم i ام

توابع هدف مدل پیشنهادی (روابط شماره ۳۴ و ۳۵) با توجه به اهداف اصلی تحقیق و به مانند مدل‌های قبل بر بیشینه‌سازی متوسط زمان ماندگاری سیستم و کمینه‌سازی هزینه کل سیستم تأکید دارد. با این تفاوت که متغیر تصمیم؛ شامل مؤلفه‌های با آرایش فعال و آماده به کار خواهد بود تا در طراحی تسلیحاتی که طول عمر بالا و هزینه کارکرد پایین را نیاز دارند تأثیرگذار باشد. روابط شماره ۳۶ و ۳۷ محدودیت‌های مربوط به حد بالای وزن و حجم سیستم را تعیین کرده که از الزامات طراحی تسلیحات با توجه به شرایط جنگ‌های آینده محسوب می‌شود. رابطه شماره ۳۸ محدودیت مربوط به حداکثر تعداد مجاز اجزاء

www.SID.ir

Archive of SID

(اعم از فعال و آماده به کار) در کل سیستم را مورد تأکید قرار داده است. رابطه شماره ۳۹ حداقل و حداکثر تعداد مجاز نوع قطعه در هر زیرسیستم را مورد توجه قرار داده است. همچنین روابط شماره ۴۰ و ۴۱ حداکثر تعداد مجاز قطعات با آرایش آماده به کار و فعال را در هر زیرسیستم نشان می‌دهند. رابطه شماره ۴۲ نیز بر جنس متغیر تصمیم (اعداد صحیح) اشاره دارد.

نتیجه‌گیری و ارائه رهیافت پیشنهادی

سناریونگاری روشی شامل ساخت و به‌کارگیری چشم‌اندازهای کم‌وبیش نظام‌مند و دارای انسجام داخلی از وضعیت‌های آینده‌های باورپذیر است. مدل‌سازی نیز یکی از روش‌های پرکاربرد در آینده‌نگاری است که به بررسی آینده یک سیستم یا یک موضوع پیچیده می‌پردازد. در شرایط کنونی، طراحی تسلیحات نظامی با توجه به ماهیت پیچیده ذاتی خود از یک‌سو و محدودیت‌های موجود در کشور (مانند تحریم‌های نظامی و اقتصادی، نوسانات نرخ دلار، انحصار فنّاوری، محدودیت‌های مالی و ...) از سوی دیگر، از پیچیدگی و اهمیت زیادی برخوردار بوده و نیازمند تحلیلی علمی و آینده‌پژوهانه با در نظر گرفتن شرایط واقعی و عملیاتی است. در فرآیند بهسازی پارامترهای عملکردی سیستم، توجه به نکاتی همچون تابع توزیع احتمال خرابی اجزای سیستم و ساختار سیستم از اهمیت زیادی برخوردار است.

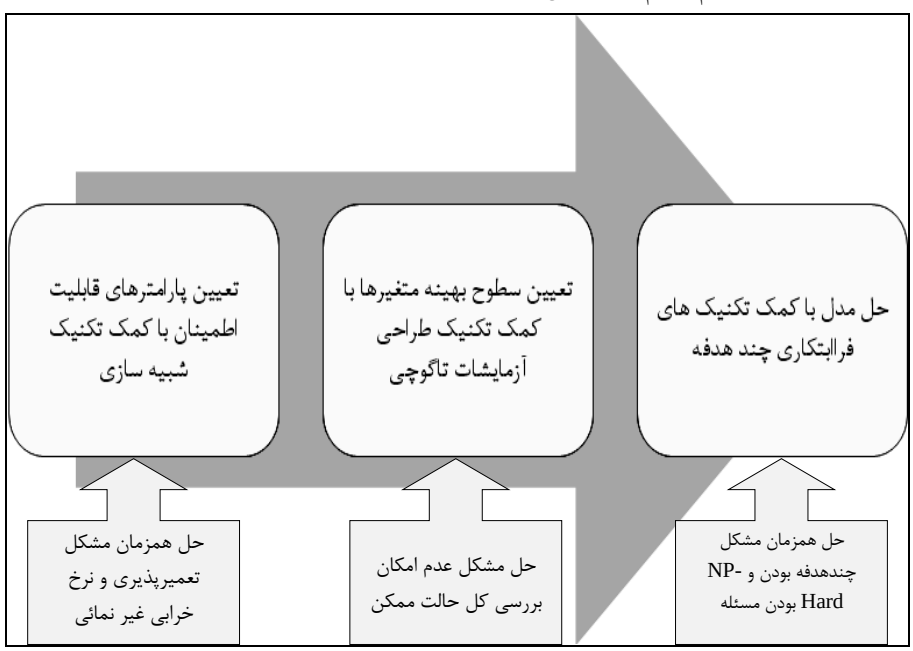
پژوهش حاضر تلاش نموده با ارائه پنج سناریوی منتج از الزامات و مفروضات محتمل جنگ‌های آینده (امکان وجود صرفاً یک نوع قطعه به دلایل مختلف، مانند تحریم‌ها، امکان استفاده از نرخ تخفیف چندسطحی به دلیل صرفه‌جویی در هزینه‌ها، امکان انتخاب یک نوع قطعه از قطعات متنوع موجود، امکان استفاده از قطعات متنوع و امکان انتخاب نوع استراتژی افزونگی) و همچنین حذف مفروضات غیرکاربردی تحقیقات پیشین؛ شرایطی واقعی و عملیاتی را ضمن در نظر گرفتن محدودیت‌های صحنه جنگ مدل نماید.

برای حل مدل‌های مسئله به دلیل پیچیدگی ذاتی و همچنین حذف مفروضات تسهیل‌کننده، نیازمند بهره‌گیری از رویکردی ترکیبی و ابتکاری خواهیم بود. لذا به دلیل

www.SID.ir

Archive of SID

آنکه مسئله تخصیص افزونگی در گروه مسائل سخت[1] (چرن[2]، ۱۹۹۲) قرار دارد ناچار به استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری خواهیم بود؛ اما از آنجا که با یک مسئله چندهدفه مواجهیم، نیازمند بهره‌گیری از الگوریتم‌های فراابتکاری چندهدفه می‌باشیم. ضمن آنکه در فرآیند استفاده از این الگوریتم‌ها، استفاده از تکنیک طراحی آزمایش‌ها به‌منظور تعیین سطوح بهینه متغیرها بر مبنای مشاهدات محدود، ضروری خواهد بود. علاوه بر این به دلیل آنکه نرخ خرابی صرفاً نمایی از مفروضات تحقیق حذف گردیده، امکان استفاده از تحلیل ریاضی در محاسبات پارامترهای قابلیت اطمینان وجود نداشته و برای این منظور استفاده از شبیه‌سازی به‌عنوان رهیافتی ابتکاری برای حل مشکل پیشنهاد می‌شود. برای مطالعه بیشتر در خصوص رویکردهای ترکیبی تکنیک شبیه‌سازی با الگوریتم‌های فراابتکاری می‌توان به منابع (هادی‌نژاد، ۱۳۹۶؛ امیری و همکاران، ۱۳۹۵) مراجعه نمود. شکل شماره ۲ روش حل پیشنهادی مسئله را به‌صورت گام‌به‌گام نشان می‌دهد.



شکل شماره ۲: روش حل پیشنهادی مسائل تحقیق (منبع: محقق)

۱. NP Hard
۲. Chern

www.SID.ir

Archive of SID

بهره‌گیری از نتایج تحقیق می‌تواند مهندسان طراح را در بهبود پارامترهای قابلیت اطمینان محصولات نظامی، ضمن در نظر داشتن شرایط محیطی یاری رساند. قابلیت‌هایی؛ مانند طول عمر بالا، هزینه مقرون به صرفه، حجم و وزن متناسب با جنگ‌های شهری، تنوع یا انحصار در تعداد تأمین‌کنندگان متناسب با سیاست‌های کشور و ... از ویژگی‌ها و مزایای بهره‌گیری از مدل‌های پیشنهادی تحقیق حاضر می‌باشد که می‌تواند مورد توجه مسئولین و طراحان تسلیحات و تجهیزات نظامی و دفاعی قرار گیرد. ضمن آنکه کاربست رهیافت پیشنهادی و توسعه مدل‌ها (اهداف، محدودیت‌ها، متغیرهای تصمیم) می‌تواند بستری مناسب و موضوعی کاربردی برای تحقیقات آتی و پژوهشگران حوزه نظامی و دفاعی محسوب شود.

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع و مآخذ

الف. فارسی

- آذر، عادل (۱۳۹۳)، ***تحقیق در عملیات (۱)***، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- امیری، مقصود؛ عظیمی، پرهام؛ زندیه، مصطفی و هادی‌نژاد، فرهاد (۱۳۹۵)، بهینه‌سازی قابلیت اطمینان تسلیحات نظامی با رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و الگوریتم‌های فراابتکاری، ***فصلنامه مدیریت نظامی***، شماره ۶۴.
- پیروی، علی (۱۳۸۱)، نقش قابلیت اطمینان در سیستم‌های دفاعی هوشمند و نحوه ارتقای قابلیت آمادگی عملیاتی تسلیحات نظامی، ***اولین همایش سامانه‌های دفاعی هوشمند***، تهران.
- حسینی، سید محسن؛ خانزاده، محمدحسین و علی‌نژاد برمی، یوسف (۱۳۹۲)، افزایش کیفیت توان و قابلیت اطمینان سیستم قدرت کشتی‌های نظامی با استفاده از فیلتر هیبرید بهینه‌سازی‌شده با الگوریتم ژنتیک، ***فصلنامه پدافند الکترونیکی و سایبری***، سال اول، شماره ۴، ۹-۲۲.
- حکمت، کاظم (۱۳۸۲)، ویژگی‌ها و الزامات طراحی و اجرای سامانه‌های مکانیزه نگهداری و تعمیرات، ***فصلنامه لجستیک***، شماره هجدهم، سال پنجم، ۱-۱۴.
- حیدری، کیومرث؛ قمری، موسی‌الرضا؛ کلانتری، فتح‌الله (۱۳۹۳)، ***راهبردشناسی جنگ‌های آینده (با نگاهی به بیانات مقام معظم رهبری)***، تهران، سازمان عقیدتی سیاسی ارتش جمهوری اسلامی ایران، نشر آجا.
- ذوالفقاری، زینب (۱۳۹۰)، ***مدل مناسب آینده‌پژوهی در چشم‌انداز ایران***، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت دولتی، پردیس تحصیلات تکمیلی، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.
- رمضانی، سعید و معینی، علیرضا (۱۳۹۵)، تخمین عمر مفید باقیمانده تجهیزات دفاعی با استفاده از مدل مدیریت سلامت تجهیزات و پیش‌بینی عیوب (PHM)، (مطالعه موردی: سامانه راداری)، ***فصلنامه مدیریت زنجیره تأمین***، سال هجدهم، شماره ۵۱، ۴-۱۴.
- عظیمی، پرهام و هادی‌نژاد، فرهاد (۱۳۹۵)، ارائه مدل بهینه‌سازی چندهدفه در مسئله تخصیص افزونگی سامانه‌های تعمیرپذیر، با بهره‌گیری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، طراحی آزمایشات و شبیه‌سازی، ***فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی***، سال چهاردهم، شماره ۴۱، ۱۳۷-۱۶۲.
- علوی، امید؛ مرادپور، رضا و گودرزی املشی، علی (الف) (۱۳۹۵)، بررسی و ارزیابی قابلیت اطمینان مبدل باک توان بالا برای کاربرد در صنایع نظامی دریایی با استفاده از تحلیل و مدل‌سازی حرارتی، ***دومین همایش ملی فناوری‌های نوین دریایی***، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی.
- علوی، امید؛ مرادپور، رضا و گودرزی املشی، علی (ب) (۱۳۹۵)، بررسی و ارزیابی استانداردهای قابلیت اطمینان قطعات الکترونیکی در حوزه نظامی، ***دومین همایش ملی فناوری‌های نوین دریایی***، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی.
- محمدی، مهدی؛ منطقی، منوچهر؛ الیاسی، مهدی؛ صابرفرد، علیرضا و سعدآبادی، علی‌اصغر (۱۳۹۵)،

www.SID.ir

Archive of SID

شناسایی شایستگی‌های عمومی مؤثر بر ارتقای ظرفیت جذب دانش فناورانه در صنایع پیشرفته دفاعی ج.ا.ایران؛ مطالعه موردی، صنعت فضایی، ***فصلنامه راهبرد دفاعی***، سال چهاردهم، شماره ۵۵، ۱۵۵-۱۹۳.

- مظفری، علی (۱۳۸۸)، آینده‌پژوهی بستر عبور از مرزهای دانش، ***فصلنامه نظم و امنیت انتظامی***، سال دوم، شماره ۴، ۲۵-۴۷.
- مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۲)، ***مدل‌سازی ریاضی***، چاپ اول، تهران، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران و سازمان مطالعه و تدوین کتب دانشگاهی (سمت).
- هادی نژاد، فرهاد (۱۳۹۶)، ***طراحی مدل بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی در مسئله چندهدفه تخصیص افزونگی سیستم‌های تعمیرپذیر***، پایان‌نامه دکتری رشته مدیریت تحقیق در عملیات، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران.

ب. انگلیسی

- Bell, W. (۲۰۱۰). ***Foundations of Futures Studies: Human Science for a New Era: History, Purposes, Knowledge***. s.l: Transaction Publishers.
- Chern, M.S. (۱۹۹۲). "On the computational complexity of reliability redundancy allocation in a series system", ***Operations Research Letters***, pp. ۳۰۹-۳۱۵.
- Dhillon, B.S. (۲۰۰۷). ***Applied Reliability and Quality Fundamentals, Methods and Procedures***. Berlin: Springer.
- Georghiou, L. (۲۰۰۱). ***Third generation foresight– integrating the socio-economic dimension. The approach to and the potential for new technology foresight***. Paper presented at the The Proceedings of an International Conference on Technology Foresight. Tokyo, Japan.
- Kuo, W., Wan, R. (۲۰۰۷). "Recent Advances in Optimal Reliability Allocation", ***IEEE Transaction on system, man and cybernetics-part a: system and humans***, pp. ۱۴۳-۱۵۶.
- Popper, R. (۲۰۰۸), How are foresight methods selected? Foresight, ۱۰, ٦, PP ٦۲-۸۹.
- Porter, M. (۱۹۸۵). ***Competitive Advantage***. New York: Free Press.
- Pourkarim Guilani, P., Azimi, P., Niaki, S.T.A., Niaki, S.A.A.(۲۰۱٦). "Redundancy allocation problem of a system with increasing failure rate s o f components based on Weibull distribution: A simulation-based optimization approach", ***Reliability Engineering and System Safety***, ۱۵, ۲, pp ۱۸۷ – ۱۹٦.
- Schwartz, P. (۱۹۹۱). ***The Art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World***. New York: Currency Doubleday.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir