Quarterly Journal of Defense Technology Engineering Imam Ali University

Autumn 2024, Vol. 39

Original Research

Developing a UAV Operations Effectiveness Model Based on the DODAF Architecture Framework

Farhad Kiani Falavarjani[1] *

[1] PhD student in aerospace engineering , Faculty of Mechanical Engineering, Malek Ashtar University of Technology, Shahin Shahr. Iran.

ARTICLE INFO

Received: 2024.05.31

Accepted: 2024.06.14

Published: 2024.09.13

Keyword:

DoD Architecture

Military Enterprise Architecture Frameworks

Effectiveness Criteria

UAV

***Corresponding Author:**

Farhad Kiani Falavarjani

Email:

aerospace1362@gmail.com

ABSTRACT

Given the rapid growth of technology, its accelerating changes, and the necessity for organizations to pay special attention to technological innovations, it is essential for the operational units of the armed forces to develop the necessary capabilities to counter emerging threats. Therefore, revisiting the structure of combat organizations as complex systems and devising an appropriate architecture for them is inevitable**.** The present study seeks to propose a model for enhancing the effectiveness of military UAV operations by utilizing the U.S. Department of Defense Architecture Framework (DoDAF) and considering operational and technical approaches. This research falls within the category of qualitative studies and, in terms of data collection methods, is classified as descriptive-analytical research. Moreover, from the perspective of research type, it is categorized as developmental-applied research**.**The effectiveness of UAV operations is a composite concept derived from modern knowledge in systems engineering and military architecture design. It examines the capabilities, limitations, and performance of UAVs in complex combat operations. In the current context, developing architectural evaluation models for UAV systems, considering the diversity of missions, appears to be highly essential.

فصل نامه مهندسی فناوری‌های دفاعی دانشگاه افسری امام علی (ع)

پاییز ۱۴۰۳ ، دوره ۳۹

مقاله پژوهشی

تدوین الگو اثربخشی عملیات پهپاد مبتنی بر چارچوب معماری DODAF

فرهاد کیانی فلاورجانی [1*]

[1] دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی مکانیک

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۱۱

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵

انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۰۹/۲۳

کلید واژگان:

چارچوب معماری سازمانی، معماری وزارت دفاع ایالات متحده، معیار اثربخشی، عملیات رزمی پهپاد

نویسنده مسئول*

فرهاد کیانی فلاورجانی

پست الکترونیکی:

aerospace1362@gmail.com

چکیده

با توجه به رشد سریع فناوری، تغییرات شتابان آن، و ضرورت توجه ویژه سازمان‌ها به نوآوری‌های فناورانه، ضروری است که بخش‌های عملیاتی نیروهای مسلح، قابلیت‌های لازم برای مقابله با تهدیدات پیشِ رو را در خود ایجاد کنند. از این رو، بازنگری در ساختار سازمان‌های رزمی به‌عنوان سامانه‌هایی پیچیده و تدوین معماری مناسب برای آن‌ها، امری اجتناب‌ناپذیر است.پژوهش حاضر تلاش دارد با بهره‌گیری از چارچوب معماری وزارت دفاع ایالات متحده (DODAF) و در نظر گرفتن رویکردهای عملیاتی و فنی، مدلی برای افزایش اثربخشی عملیات پهپادهای نظامی ارائه دهد. این پژوهش، در زمره تحقیقات کیفی قرار داشته و از نظر روش گردآوری اطلاعات، جزء تحقیقات توصیفی-تحلیلی است. همچنین از منظر نوع تحقیق، در دسته تحقیقات توسعه‌ای-کاربردی طبقه‌بندی می‌شود. اثربخشی عملیات پهپاد، مفهومی ترکیبی از دانش مدرن در مهندسی سیستم و طراحی معماری نظامی است که به بررسی قابلیت‌ها، محدودیت‌ها و کارایی پهپادها در عملیات‌های رزمی پیچیده می‌پردازد. در شرایط کنونی، ارائه مدل‌های ارزیابی معماری برای سیستم‌های پهپاد، با توجه به تنوع مأموریت‌ها، به‌شدت ضروری به نظر می‌رسد.

۱. مقدمه

حوزه‌های دفاعی به دلیل حساسیت بالا، امنیت ملی و تأثیر مستقیم آن بر بقای کشورها، همواره پیشگام در استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های نوین مدیریتی و مهندسی بوده‌اند. معماری سازمانی یکی از مفاهیم کلیدی در مدیریت و توسعه سازمان‌ها است که ریشه‌های آن به طور گسترده‌ای در سازمان‌های دفاعی ایالات متحده و دیگر سازمان‌های مشابه در کشورهای مختلف قرار دارد. این سازمان‌ها در ابتدا از معماری سازمانی برای بهبود کارایی و هماهنگی بین اجزاء مختلف خود استفاده کردند و امروز نیز به عنوان بهترین نمونه‌ها در زمینه اجرای چارچوب‌های معماری سازمانی شناخته می‌شوند(درویش روحانی و همکاران،۲۰۱۳).

ادبیات معماری از چند دهه اخیر با رویکرد نرم در مقوله‌هایی همچون سازمان و فناوری اطلاعات گسترده‌تر شده است. نیروهای مسلح جمهوری اسلامی که در کوران حوادث و شرایط پس از انقلاب همچون جنگ تحمیلی و حماسه دفاع مقدس فرصت کافی برای معماری متناسب با شرایط را نداشته‌اند. اکنون در کنار قدرت مردمی و رهبری فرماندهی کل قوا در پی ایفای نقش کلیدی خود در پاسداری از آرمان‌ها و تحقق اهداف انقلاب اسلامی با بهره‌گیری از معارف غنی مکتب اسلام نیاز به معماری برای تقویت بنیه دفاعی در زمان حال و اینده دارند (مصطفی قنبرپور, ۱۴۰۳).

از طرف دیگر عوامل تاثیرگذار جدید مربوط به حال و آینده هر ساختار معماری شده‌ای را نیز به بازبینی و طراحی مجدد فرا می‌خواند. با توجه به تاثیر نقش بسیار مهم مجموعه های نظامی در اقتدار ملی ضرورت معماری و طراحی نیروهای مسلح آینده مبتنی بر فناوری نوظهور به روشنی عیان می‌شود (مصطفی قنبرپور, ۱۴۰۳).

از سوی دیگر، با توجه به اینکه موضوع تحول و تعالی سازمانی در نیروهای مسلح بارها و تحت عناوین مختلف از سوی فرماندهی کل قوا مورد تأکید قرار گرفته است، معماری سازمانی دیگر صرفاً یک گزینه مطلوب یا انتخاب اختیاری نیست، بلکه به یک ضرورت حیاتی برای نیروهای مسلح تبدیل شده است. بر اساس بررسی به عمل آمده، از یک سو هنوز معماری کلان و جامعی که بتواند به عنوان یک الگو، در اختیار بخش‌های عملیاتی نیروهای مسلح برای انجام معماری بخش‌های تابع آن مورد استفاده قرار گیرد در دسترس نیست و از سوی دیگر الگوی معماری فناوری پایه در نیروهای مسلح اساساً وجود ندارد (مصطفی قنبرپور, ۱۴۰۳).

بدون وجود معماری سازمانی و ایجاد نگرشی یکپارچه، کلان و مدرن، تحقق تعالی سازمانی امکان‌پذیر نخواهد بود. حداقل پیامدهای چنین وضعیتی، پراکندگی و دوباره‌کاری در فرایندهای مختلف سازمان‌های نظامی است. خسارت‌های ناشی از بی‌توجهی به معماری سازمانی در شرایط کنونی یا به تعویق انداختن آن، نه‌تنها دستیابی دقیق به اهداف را دشوار می‌کند، بلکه سازمان را در برابر تغییرات و تحولات آینده غیرمنعطف خواهد ساخت. در این شرایط، نیروهای مسلح با سازمانی فاقد

مزیت نسبی، دارای قابلیت‌های محدود و کارایی اندک، برای مقابله با تهدیدات پیچیده و پیش‌بینی‌ناپذیر آینده روبه‌رو خواهند شد.

با گسترش و پذیرش معماری سازمانی در سازمان‌ها و تأکید بر نقش آن در بهبود عملکرد و تدوین استراتژی‌های سازمانی، بسیاری از سازمان‌های دفاعی بزرگ در سطح جهانی، نظیر وزارت دفاع ایالات متحده و وزارت دفاع بریتانیا، اقدام به توسعه و پیاده‌سازی چارچوب‌های معماری سازمانی بومی خود کرده‌اند (ماهندرا و همکارن،۲۰۱۹). این چارچوب‌ها به‌ویژه برای ایجاد هماهنگی میان بخش‌های مختلف سازمان، بهبود کارایی و تسهیل در پاسخ‌گویی به تهدیدات و چالش‌های پیچیده دفاعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. (ماهندرا و همکارن،۲۰۱۹).

نمی‌توان یک چارچوب معماری مشخص را به‌طور عمومی برای تمامی سازمان‌های دفاعی تجویز کرد، زیرا نیازها و ویژگی‌های هر سازمان دفاعی ممکن است با دیگری متفاوت باشد. (گریف هورست و همکاران، ۲۰۱۱). به همین دلیل، سازمان‌های دفاعی مختلف به‌طور معمول از چارچوب‌های معماری عمومی و منعطف استفاده می‌کنند که امکان تطبیق با شرایط خاص و نیازهای ویژه آن‌ها را فراهم می‌آورد. یکی از برجسته‌ترین و پرکاربردترین چارچوب‌ها در این زمینه، چارچوب معماری زکمن است. این چارچوب به‌عنوان یک مدل جامع و عمومی در معماری سازمانی شناخته می‌شود و قابلیت پیاده‌سازی مؤثر در سازمان‌های دفاعی را نیز دارا می‌باشد. (فرانزل و همکاران، ۲۰۲۳).

به دلیل پیچیدگی‌های ذاتی در سازمان‌های دفاعی و نیاز مبرم به یکپارچگی و هماهنگی میان بخش‌های مختلف، بهره‌گیری از چارچوب‌های معماری عمومی مانند زکمن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این چارچوب، با انعطاف‌پذیری و جامعیتی که ارائه می‌دهد، سازمان‌های دفاعی را قادر می‌سازد تا به‌طور مؤثری با تغییرات پیچیده و محیط‌های پویا سازگار شوند. علاوه بر این، استفاده از چارچوب زکمن می‌تواند بهبود قابل توجهی در عملکرد سازمان و فرآیندهای تصمیم‌گیری ایجاد کرده و توانمندی‌های سازمان را در مواجهه با چالش‌های پیش‌رو ارتقا بخشد. (ماهندرا و همکارن،۲۰۱۹).

طبق گزارشات مختلف، ۶۰-۷۰ درصد از سازمان‌های دولتی و دفاعی در ایالات متحده و کشورهای عضو ناتو به استفاده از چارچوب‌های معماری سازمانی برای طراحی، توسعه و مدیریت سیستم‌های پیچیده خود پرداخته‌اند.این چارچوب‌ها شامل چارچوب‌های خاص مانندDoDAF ، MODAF، NAFو همچنین چارچوب‌های عمومی مانند زکمن است(الغامدی، ۲۰۲۴).

یک تحقیق توسط Gartner در سال ۲۰۲۱ نشان داد که ۳۵ درصد از سازمان‌های دفاعی و دولتی در جهان از معماری سازمانی برای مدیریت پروژه‌های بزرگ خود استفاده می‌کنند. این میزان در حال افزایش است و پیش‌بینی می‌شود که در ۵ سال آینده به ۵۰ درصد برسد. این رشد به دلیل نیاز به هماهنگی بهتر بین بخش‌های مختلف سیستم‌های دفاعی و برنامه‌های امنیتی و همچنین نیاز به مدیریت پیچیدگی‌های روزافزون در زمینه‌های دفاعی و امنیتی است.

پروژه‌های دفاعی که از معماری سازمانی استفاده کرده‌اند، به‌طور متوسط ۱۵-۲۰ درصد سریع‌تر از پروژه‌هایی که از چنین چارچوب‌هایی استفاده نکرده‌اند، به مرحله تکمیل می‌رسند. این امر به ویژه در پروژه‌های بزرگ و پیچیده مانند سیستم‌های تسلیحاتی، پروژه‌های فناوری اطلاعات دفاعی و پروژه‌های شبکه‌های ارتباطی مشاهده می‌شود.

چارچوب معماری، به‌ویژه در سازمان‌های دفاعی، نقشی اساسی در فرآیند برنامه‌ریزی معماری یازمانی (شامل توسعه و طراحی معماری سیستم‌های دفاعی) و همچنین در اجرای آن ایفا می‌کند. انتخاب یک چارچوب معماری مناسب تأثیر مستقیم بر پایداری و یکپارچگی سیستم‌های اطلاعاتی دارد و به‌ویژه در انتقال از سیستم‌های قدیمی به سیستم‌های جدید، تضمین‌کننده حفظ یکپارچگی و عملکرد مؤثر سیستم‌ها خواهد بود. (ماهندرا و همکارن،۲۰۱۹).

پهپادها و پرنده‌های بدون سرنشین امروزه جایگاه ویژه‌ای در سازمان‌های تجهیزاتی نیروهای نظامی کشورهای پیشرفته در زمینه فناوری پیدا کرده‌اند. این پرنده‌ها به دلیل قابلیت‌های گسترده‌ای که در مقایسه با انواع هواپیماهای رزمی، شناسایی، فریب الکترونیکی و دیگر مأموریت‌ها دارند، در تمامی عرصه‌ها اعم از آموزش، توانمندی‌های عملیاتی، نگهداری و تعمیرات، و نت، به ابزاری مؤثر و کارآمد تبدیل شده‌اند. علاوه بر این، پهپادها هزینه‌های سنگین تأمین، ساخت و نگهداری هواپیماهای نظامی سرنشین‌دار را ندارند، در حالی که توانایی انجام بخشی از عملیات‌های دفاعی را به‌طور مؤثر و با هزینه کمتر ارائه می‌دهند. (بیات و همکاران، ۱۴۰۲)

رشد و پیشرفت روزافزون فناوری‌های پیشرفته، به‌ویژه در حوزه قدرت نظامی و به‌خصوص توان هوایی، تحولی شگرف در ساختار نیروهای مسلح ایجاد کرده است. پرنده‌های بدون سرنشین، چه مسلح و چه غیرمسلح، در این انقلاب جنگ‌افزاری نقشی کلیدی ایفا می‌کنند. این پرنده‌ها به‌عنوان ابزاری نوآورانه برای نیروهای مسلح، قادرند تحولات عظیمی در عرصه دفاعی به وجود آورند و هم‌زمان به تحقق مفهوم جنگ دورپایه و شبکه‌ای کمک کنند. در این نوع نبردها، شلیک موشک با هدف نابودی و انهدام دشمن، تحت پیش‌شرط حفظ فاصله ایمن یا کم‌خطر (دورپایه) و در یک فضای یکپارچه که شامل حضور سایر بازیگران است، صورت می‌گیرد. در این فرایند، استفاده از حسگرها و داده‌های به‌دست آمده از منابع مختلف، برای اجرای مأموریت‌های دقیق و هدفمند در قالب یک شبکه مشترک و هم‌زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

یک سازمان نظامی، به‌ویژه نیروی هوایی، وظایف و مأموریت‌های متعددی در زمان‌های جنگ و صلح بر عهده دارد. این مأموریت‌ها شامل انهدام اهداف دشمن، انجام عملیات ترابری‌های راهبردی، عملیاتی و تاکتیکی، رهگیری تهدیدات هوایی و اعمال حاکمیت هوایی در آسمان کشور در مواجهه با پرنده‌ها و تهدیدات هوایی ناشناس است. بسیاری از این مأموریت‌ها، به ویژه در زمینه‌های شناسایی و رزمی، در شرایط خاص و با در اختیار داشتن فناوری و تجهیزات پیشرفته پهپادی قابل انجام هستند.

لذا، تمام سازمان‌های دفاعی باید توان عملیاتی خود را با آخرین دستاوردهای فناوری، به‌ویژه در حوزه قدرت هوایی، هم‌راستا کنند تا بتوانند هر لحظه با آمادگی کامل و کارآمد مأموریت‌های محوله را به‌طور مؤثر اجرا کنند.

در قرن بیست و یکم، وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین (پهپادها) تحولی عظیم را در حوزه فناوری نظامی به‌وجود آوردند و به‌طور فزاینده‌ای در انواع عملیات‌ها به‌کار گرفته می‌شوند. این پرنده‌ها نسبت به هواپیماهای سرنشین‌دار مزایای فراوانی دارند. از جمله مهم‌ترین این مزایا، امکان استفاده از پهپادها در میادین نبرد بدون نیاز به حضور خلبانان است که آنها را از موقعیت‌های خطرناک و پرریسک دور نگه می‌دارد. پهپادها علاوه بر انجام مأموریت‌های شناسایی، نظارت و مراقبت، قادر به حمله مستقیم به اهداف دشمن نیز هستند و این امکان را برای نیروهای نظامی فراهم می‌آورند تا عملیات‌های متنوعی را با دقت و کارایی بالا انجام دهند. همچنین، این پرنده‌ها می‌توانند در انواع دیگر مأموریت‌ها مانند جستجو و نجات، ارزیابی شرایط محیطی و نظارت بر زیرساخت‌ها نیز به‌کار روند.

با این حال، هنوز چالش‌هایی وجود دارد که باید در آینده حل شوند. یکی از مهم‌ترین چالش‌ها، آسیب‌پذیری سیستم‌های فرماندهی و کنترل پهپادهاست که به دلیل وابستگی به ارتباطات راه دور و سیستم‌های الکترونیکی، می‌تواند در برابر تهدیدات مختلف آسیب‌پذیر باشد. در عین حال، با پیشرفت‌های چشم‌گیر در زمینه هوش مصنوعی و سیستم‌های خودکار، پهپادهای آینده به‌طور فزاینده‌ای هوشمندتر، خودمختارتر و مقاوم‌تر خواهند شد و می‌توانند به‌طور مستقل و با دقت بیشتری در عملیات‌ها شرکت کنند.

در حال حاضر، سیستم‌های پهپاد در کشور نیازمند به‌کارگیری مدلی جامع و علمی هستند که بر اساس تحقیقات و پژوهش‌های دقیق توسعه یابد. این مدل می‌تواند به‌طور قابل توجهی توانمندی‌ها و قدرت پهپادی کشور را ارتقاء دهد و در عین حال، شیوه‌های استفاده از این تجهیزات را به نحوی بهینه و کارآمد تنظیم نماید. با استفاده از این مدل، علاوه بر اینکه هزینه‌های خرید و تولید تجهیزات پهپادی به‌طور هدفمند کاهش می‌یابد، روش‌های به‌کارگیری پهپادها نیز به بهترین شکل ممکن بهینه می‌شوند تا بالاترین بهره‌وری از منابع موجود حاصل شود. علاوه بر این، چنین مدلی به سازمان‌های دفاعی و نیروهای عملیاتی در سطوح مختلف نیروهای مسلح این امکان را می‌دهد که با توجه به مأموریت‌های ویژه خود، سیاست‌گذاری‌های مؤثری در خصوص به‌کارگیری پهپادها و توسعه قابلیت‌های عملیاتی نیروی مربوطه اتخاذ کنند و از آن به‌عنوان ابزاری کارآمد برای رسیدن به اهداف استراتژیک خود بهره‌برداری کنند.

در این مقاله، هدف اصلی تدوین الگوی اثربخشی عملیات در پهپادهای نظامی با استفاده از معماری سازمانی DODAF است. در فرآیند تدوین این معماری، تلاش شده است که توجه کامل به اسناد بالادستی معطوف گردد تا در آینده با حداقل خطا و نیاز به تغییرات، مدل پیشنهادی به‌طور مؤثر و

کارآمد به کار گرفته شود. بنابراین، سوال اصلی این مقاله به این صورت مطرح می‌شود که الگوی اثربخشی عملیات پهپادها به چه شکل است؟ این الگو چه معیارهایی را باید در نظر گیرد و الزامات فنی، عملیاتی و کارکردی آن چیست؟

در این راستا، به‌منظور پاسخ به این سوالات، پژوهش‌هایی در زمینه شناسایی نیازها و الزامات موجود برای بهبود اثربخشی عملیات پهپادی صورت گرفته است که شامل تحلیل‌های فنی و عملیاتی و همچنین بررسی چالش‌ها و فرصت‌ها در پیاده‌سازی این الگو است.

پیشینهٔ پژوهش

پیشینه نظری

معماری سازمان[۱]، معماری سازمانی چیزی فراتر از مهندسی مجدد و برنامه‌ریزی راهبردی است؛ این فرایند شامل ایجاد و مدیریت مستمر یک چارچوب است که برای شکل‌دهی به سازمان آینده طراحی می‌شود. این چارچوب به‌طور پیوسته و هدفمند دگرگونی‌های بنیادین در سطح ساختاری، عملیاتی و فرهنگی سازمان را هدایت می‌کند .

معماری سازمانی علاوه بر توجه به محتوا (چرایی تغییرات)، بر فرآیندهای تغییر (چگونگی اعمال آن‌ها) نیز تمرکز دارد، به‌طوری که این رویکرد می‌تواند امکان تحقق تحولاتی عمیق و پایدار در مقیاس وسیع را در درون سازمان فراهم کند. از این رو، معماری سازمانی به عنوان یک ابزار راهبردی به مدیران کمک می‌کند تا تغییرات را نه تنها در سطوح کلان، بلکه در جزئیات و فرآیندهای اجرایی نیز به‌طور مؤثر پیاده‌سازی کنند. (لوگریرا و همکاران،۲۰۱۶).

تدابیر و منویات فرماندهی کل قوا در خصوص لزوم تحول در نیروهای مسلح، ناظر بر معماری می‌باشد، نه مهندسی مجدد یا طرح‌ریزی راهبردی (بوالحسنی و همکاران،۱۴۰۱) معماری سازمانی رویکردی جامع و یکپارچه در راستای برنامه ریزی استراتژیک سازمان و سیاست های کلان است که اجزاء، جنبه‌ها و عناصر مختلف سازمان (اعم از منابع سازمان، سیستمها و ...) را با نگاه مهندسی تجزیه و تحلیل می‌نماید و شامل مجموعه مستندات، مدل‌ها، استانداردها، فرآیندها و اقدامات اجرایی برای تحول از وضعیت موجود به وضعیت مطلوب با محوریت انسجام، هوشمند سازی و فناوری اطلاعات است که در قالب یک طرح مشخص اجرا شده و سپس به صورت مداوم توسعه یافته و به روز رسانی می‌شود. معماری سازمانی مجموعه‌ای جامع از درک عمیق و تحلیل دقیق جنبه‌های مختلف کسب‌وکار، برنامه‌ریزی استراتژیک و عملیاتی، و به‌کارگیری فرآیندها و سیستم‌های نرم‌افزاری است که به‌منظور تعریف مأموریت‌ها و اهداف سازمانی طراحی شده‌اند. این معماری نه تنها اطلاعات ضروری برای انجام

---

[۱] Enterprise Architecture

مأموریت‌ها را فراهم می‌کند، بلکه فناوری‌های مورد نیاز و فرایندهای انتقالی لازم جهت تحقق این مأموریت‌ها را نیز شفاف‌سازی می‌کند. به‌طور کلی، معماری سازمانی شامل سه بخش اصلی است: معماری وضع موجود که وضعیت فعلی سازمان را ترسیم می‌کند، معماری وضع مطلوب که به اهداف و چشم‌اندازهای آینده سازمان اشاره دارد، و طرح انتقالی که مسیر رسیدن به وضعیت مطلوب را از طریق تغییرات و بهبودهای لازم در فرآیندها و ساختار سازمانی مشخص می‌کند (برنارد، ۲۰۱۲). بنابراین تحقیق حاضر با هدف مطالعه در حوزه معماری نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران انجام شده است.

معیار اثربخشی[۱] یکی از مهم‌ترین معیارها در ارزیابی عملکرد سیستم‌های پیچیده، به ویژه در حوزه‌های دفاعی، نظامی و همچنین پروژه‌های مهندسی بزرگ است. هدف معیار اثربخشی این است که ارزیابی کند آیا یک سیستم به اهداف عملیاتی و مأموریتی خود دست یافته و چقدر این اهداف را برآورده کرده است(تیراسکاتانا، ۲۰۱۱). معیار اثربخشی به عنوان معیارهای کلان، توانایی سیستم را در ایجاد نتایج مطلوب و اجرای مأموریت‌ها با کارایی بالا می‌سنجند. برای مثال، در یک سیستم پهپاد نظارتی، یک معیار اثربخشی می‌تواند توانایی نظارت مستمر بر روی یک منطقه خاص باشد. معیاراثربخشی بیشتر به نتایج نهایی و سطح کلان سیستم می‌پردازد و نشان می‌دهد که سیستم چقدر به اهداف و مأموریت‌های اصلی خود دست یافته است(پلوم،۲۰۲۴).

چارچوب[۲] چارچوب معماری سازمانی به زبان ساده یک ساختار منطقی است که به ما کمک می‌کند اطلاعات پیچیده را به روشی ساده و مرتب طبقه‌بندی کنیم. این چارچوب مجموعه‌ای از فرضیات، تجربیات و مفاهیم است که نحوه دیدن سازمان را از طریق مدل‌ها یا دیدگاه‌های مختلف تعیین می‌کند. همچنین، چارچوب معماری سازمانی راهنمایی برای ساخت، نگهداری و استفاده از معماری در سازمان‌ها فراهم می‌آورد. تاکنون چارچوب‌های زیادی برای معماری سازمانی ساخته شده‌اند که بعضی دیگر قدیمی شده‌اند و دیگر کاربرد ندارند، در حالی که برخی همچنان استفاده می‌شوند. متأسفانه، نمی‌توان تعداد دقیقی از این چارچوب‌ها ذکر کرد، زیرا هیچ توافق عمومی درباره ویژگی‌ها و اجزای ضروری آن‌ها وجود ندارد. گاهی آنچه یک گروه به‌عنوان «چارچوب» می‌بیند، ممکن است در نظر گروه دیگری به‌عنوان یک «رویکرد»، «روش‌شناسی» یا «مدل مرجع» شناخته شود. (گریف هورست و همکاران، ۲۰۱۱).

به هر حال تعدادی از این چارچوب‌ها مورد اجماع جامعه معماران سازمانی به‌عنوان «چارچوب» قرار گرفته است، مانند زکمن، توگف، فدرال و...، اگر چه هرکدام از آن‌ها ازنظر نوع و کاربرد تفاوت عمده با یکدیگر دارند. حدود ۸۰ نمونه از خانواده چارچوب‌های معماری شناسایی شده‌اند(تیراسکاتانا،

---

[۱] Measure of Effectiveness(MOE)

[۲] Framework

. (۲۰۱۱

چارچوب‌های معماری سازمانی نظامی[۱] : چارچوب‌های معماری سازمانی نظامی به‌طور خاص برای حمایت از برنامه‌ریزی، مدیریت، و عملیات نظامی طراحی شده‌اند. این چارچوب‌ها با هدف یکپارچه‌سازی، هماهنگی، و بهینه‌سازی عملکرد در سازمان‌های دفاعی و نظامی به‌کار می‌روند. این چارچوب‌ها به سازمان‌ها کمک می‌کنند تا سیاست‌ها، فرآیندها، ساختارها، و تکنولوژی‌های خود را به‌طور مؤثر با یکدیگر هماهنگ کنند و اطلاعات و منابع را به‌طور بهینه مدیریت کنند(تیراسکاتانا، ۲۰۱۱). این چارچوب‌ها توسط نهادهای نظامی تولید شده‌اند و به دلیل تفاوت‌های بنیادین عملیات نظامی با حوزه کسب وکاری تنها در حوزه تخصصی نظامی کاربرد دارند، اگر چه برخی مفاهیم و تکنیک‌های آن قابل سفارشی‌سازی برای سایر صنایع نیز هست. نمونه چارچوب‌های معماری سازمانی نظامی به‌قرار زیر است(هیلمن،۲۰۲۴):

- NATO Architecture Framework (NAF)
- Department of Defense Architecture Framework (DoDAF)
- Technical Architecture Framework for Information Management (TAFIM)
- British Ministry of Defence Architecture Framework (MODAF)
- C۴ISR Architecture Framework (C۴ISR AF)
- The United States Army Architecture Framework (USAAF)
- The Architectural Framework for Command and Control (AFCC)
- France DGA Architecture Framework (AGATE)
- The Australian Defence Architecture Framework (AUSDAF)
- Department of National Defence Canadian Architecture Framework (DNDAF)

هدف اصلی معماری سازمانی نظامی، بهبود هماهنگی، کارایی و انعطاف‌پذیری در ساختارها و سیستم‌های نظامی است. این معماری، ارتباط میان مأموریت‌ها، فرآیندها، فناوری‌ها و سازمان‌ها را تعریف می‌کند و به تصمیم‌گیری بهتر کمک می‌کند(درویش روحانی و همکاران،۲۰۱۳).

چارچوب‌های معماری نظامی رایج

[۱] Military Enterprise Architecture Frameworks

هدف اصلی سازمان‌های نظامی این است که بتوانند یک پروژه بزرگ به ارزش چندین میلیارد دلار یا یورو را از مرحله طراحی تا مراحل پشتیبانی و عملیاتی به‌خوبی مدیریت کنند. ازآنجاکه این پروژه‌ها/برنامه‌ها می‌توانند بسیار بزرگ و پیچیده باشند، ایده این بود که تمامی ذینفعان (سازمان نظامی و سازمان‌های تأمین‌کننده) یک مجموعه مشترک از "دیدگاه‌ها" در مورد برنامه را به اشتراک بگذارند.این دیدگاه‌های مشترک به ذینفعان کمک می‌کنند (درویش روحانی و همکاران،۲۰۱۳):

درک مشترکی از کارهای لازم برای انجام پروژه ایجاد کنند.

چگونگی در نظر گرفتن الزامات و نیازها را شفاف‌سازی کنند.

چرخه عمر کامل محصول را تعریف و مدیریت کنند.

مدیریت پروژه را به روشی ساختاریافته و کارآمد انجام دهند.

این رویکرد، یکپارچگی و هماهنگی بین تمامی بخش‌های درگیر را تضمین می‌کند و احتمال موفقیت پروژه‌های پیچیده نظامی را افزایش می‌دهد.

در حوزه مدل‌سازی معماری، سازمان‌های نظامی مانند وزارت دفاع ایالات متحده آمریکا(DoD) ، وزارت دفاع بریتانیا (MoD) و سازمان ناتو (NATO) چارچوب‌های معماری سازمانی را مطابق با نیازهای خود ایجاد کرده‌اند.امروزه، سه چارچوب اصلی در وجود دارند که در پروژه‌های نظامی استفاده می‌شوند:

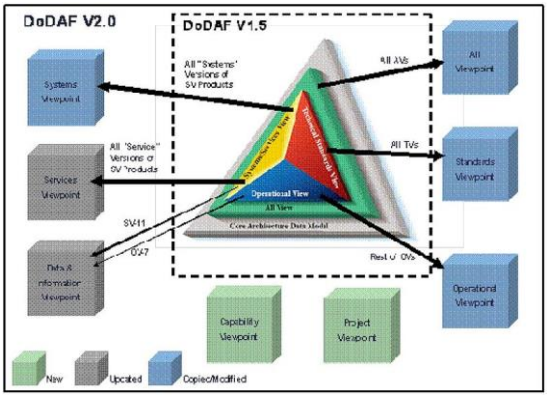
DoDAF: چارچوب معماری وزارت دفاع ایالات متحده، که از نظر تاریخی اولین چارچوب معماری نظامی بوده و در دهه ۱۹۹۰ ایجاد شده است.

MoDAF: چارچوب معماری وزارت دفاع بریتانیا، که به‌نوعی تطبیق و انتزاعی از DoDAF است.

NAF: چارچوب معماری ناتو، که آن نیز تطبیق و انتزاعی از DoDAF و MoDAF محسوب می‌شود. معماری سازمانی نظامی مجموعه‌ای از مدل‌ها، روش‌ها و استانداردها است که برای طراحی، تجزیه و تحلیل و مدیریت سیستم‌های پیچیده دفاعی و نظامی استفاده می‌شود(هیلمن،۲۰۲۴) .

DoDAF (Department of Defense Architecture Framework)

چارچوب معماری وزارت دفاع ایالات متحده است که به منظور طراحی، توسعه، تحلیل، و مدیریت معماری‌های سازمانی برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی استراتژیک و مدیریت توانمندی‌ها در حوزه نظامی و دفاعی به کار می‌رود. این چارچوب به چندین دیدگاه تقسیم شده است که هر کدام بخشی از معماری را با تمرکز بر جنبه خاصی پوشش می‌دهد(پلوم،۲۰۲۴).



شکل ۱- ساختار چارچوب معماری DoDAF

چارچوب معماری وزارت دفاع ایالات متحده یکی از معروف‌ترین چارچوب‌های معماری سازمانی در وزارت دفاع ایالات متحده است DoDAF.شامل مجموعه‌ای از دیاگرام‌ها و مدل‌ها است که به تحلیل و ارتباط بخش‌های مختلف سازمان دفاعی (از جمله فرآیندها، داده‌ها، سیستم‌ها و ارتباطات) کمک می‌کند. این چارچوب به سازمان‌های نظامی کمک می‌کند تا نیازمندی‌ها، چالش‌ها و فرصت‌ها را شناسایی کنند و از این طریق تصمیمات بهتری در زمینه توسعه و بهبود سیستم‌ها و فرایندهای خود اتخاذ کنند. ریشه چارچوب DODAF به C۴ISRباز می‌گردد، نسخه ۱ چارچوب DODAF در سال ۲۰۰۳ ارائه شد که شبیه C۴ISRاما همراه با توضیحات تکمیلی برای مدل‌ها و رهنمودهای فنی و اجرایی بود؛ نسخه ۱,۵ در سال ۲۰۰۷ و نسخه ۲ در سال ۲۰۰۹ منتشر شد؛ هم‌اکنون نسخه ۲,۰۲ آن قابل‌دسترس است که شامل ۸ دیدگاه اصلی معماری است (شکل زیر) و هر دیدگاه شامل تعدادی دید (مدل) معماری مرتبط می‌شود. این چارچوب برای کاربردهای متنوعی در سطوح برنامه‌ریزی راهبردی، طراحی و مدیریت قابلیت‌های نظامی، مهندسی سیستم‌ها و نهایتاً مدیریت پورتفولیو و عملیات اجرایی کاربرد دارد(پلوم،۲۰۲۴).



شکل ۲- شماتیکی از دیدگاه مطرح در حوزه DODAF

نسخه ۲ به بعد این چارچوب، مبتنی بر نگاه داده-محور تنظیم شده است و در آن تغییر پارادایمی از مکتب اول معماری به مکتب دوم دیده می‌شود، برای مثال در نسخه‌های قبلی، دیدگاه استانداردهای فنی متناسب با نیازمندهای فاوا در نظر گرفته شده بود که در نسخه‌های جدید به دیدگاه استاندارد تغییر نام داده است تا پوشش‌دهنده همه استانداردها در تمام دامنه‌های معماری باشد، همچنین مفهوم سیستم در نسخه‌های جدید محدود به سیستم‌های کامپیوتری و اطلاعاتی نشده و هر گونه‌ای از خانواده سیستم‌ها یا سیستمی از سیستم‌ها را شامل می‌شود.لازم به ذکر است، تنوع دیدها (مدل‌های) معرفی‌شده درDODAF ، بیشتر از نیاز اکثر سازمان‌ها بوده و معمولاً هر سازمان بنا به نیازمندی و شرایط خاص خود از تعدادی از این مدل‌های معماری را استفاده می‌کند و در صورت نیاز حتی مدل‌های دیگری را که در چارچوب به آن اشاره نشده اما متناسب با هدف و نیاز صورت‌مسئله باشد به چارچوب اضافه می‌شود. چارچوب) DODAF و نیزISR۴Cمادر بسیاری از چارچوب‌های نظامی و دفاعی در سایر کشورها محسوب می‌شود(پلوم،۲۰۲۴)

MoDAF (Ministry of Defence Architecture Framework)

یک چارچوب معماری سازمانی است که توسط وزارت دفاع بریتانیا برای طراحی، تحلیل، و مدیریت معماری‌های پیچیده نظامی و دفاعی توسعه یافته است. این چارچوب به منظور حمایت از تصمیم‌گیری‌های استراتژیک، عملیات نظامی و توسعه قابلیت‌ها در سازمان‌های نظامی طراحی شده است(پلوم،۲۰۲۴).این چارچوب مشابه DoDAF است ولی به‌طور خاص برای پاسخ به نیازهای وزارت دفاع بریتانیا طراحی شده است MODAF .بر یکپارچگی و تحلیل نیازمندی‌های عملیاتی تمرکز دارد و مدل‌هایی برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌های نظامی و توسعه سیستم‌های دفاعی فراهم می‌آورد.این چارچوب شامل بخش‌های مختلفی چون نظارت بر قابلیت‌ها، مدیریت اطلاعات عملیاتی، و هماهنگی سیستم‌ها است که به تحلیل نیازهای تکنولوژیک و عملیاتی کمک می‌کند. این ساختار برای معماری سیستم‌های پیچیده، به‌ویژه در حوزه‌های دفاعی و نظامی، طراحی شده است. این ساختار به سازمان‌ها کمک می‌کند تا با دیدگاهی جامع، سیستم‌های خود را از جنبه‌های مختلف بررسی و مستندسازی کنند.

NAF (NATO Architecture Framework)

چارچوب معماری ناتو یک چارچوب رسمی است که توسط سازمان پیمان آتلانتیک شمالی (ناتو) برای تحلیل، طراحی، و پیاده‌سازی معماری‌های سازمانی در سطح نظامی و دفاعی توسعه یافته است. این چارچوب به‌طور ویژه برای پشتیبانی از هماهنگی، هم‌افزایی و مدیریت اطلاعات در عملیات‌های نظامی و مشترک بین کشورهای عضو ناتو طراحی شده است(پلوم،۲۰۲۴).

هدف و کاربردها چارچوب معماری ناتو شامل موارد زیر است:

- چارچوب معماری ناتو به سازمان‌های ناتو کمک می‌کند تا معماری‌های نظامی و سیستم‌های

اطلاعاتی را تحلیل و طراحی کنند.

□این چارچوب به‌ویژه برای همکاری و هماهنگی بین کشورهای مختلف ناتو و به‌منظور تسهیل عملیات‌های مشترک طراحی شده است.

□چارچوب معماری ناتو برای پشتیبانی از سیستم‌های فرماندهی و کنترل(C۲)، ارتباطات، و مدیریت اطلاعات در عملیات‌های پیچیده و مشترک استفاده می‌شود.

Unified Architecture Framework (UAF)

یک چارچوب معماری یکپارچه است که برای کمک به طراحی و تجزیه و تحلیل معماری‌های پیچیده در سیستم‌ها و سازمان‌ها توسعه یافته است. این چارچوب به ویژه در صنایع نظامی، دفاعی و مهندسی پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما می‌تواند در هر زمینه‌ای که نیاز به مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل معماری‌های بزرگ و چندبعدی باشد، به کار رود.چارچوب معماری یکپارچه یک چارچوب قدرتمند و استاندارد جهانی برای تحلیل و مدیریت معماری‌های سازمانی است(پلوم،۲۰۲۴). این چارچوب با تأکید بر مدیریت تغییرات، تعامل‌پذیری، و یکپارچگی سیستم‌ها به سازمان‌ها کمک می‌کند تا تصمیم‌گیری بهتر، کارایی بالاتر، و انعطاف‌پذیری بیشتر را تجربه کنند. توانایی چارچوب معماری یکپارچه در هماهنگی با چارچوب‌های موجود و ارائه دیدگاه‌های چندگانه، آن را به ابزاری ایده‌آل برای سازمان‌های پیچیده و چندبعدی تبدیل کرده است. هدف اصلی چارچوب معماری یکپارچه این است که یک رویکرد یکپارچه برای مدل‌سازی معماری سیستم‌ها و سازمان‌ها ایجاد کند که تمامی ابعاد مختلف آن‌ها را در برگیرد. این چارچوب مدل‌سازی از استانداردهای معتبر و شناخته‌شده‌ای مانند DoDAF (Department of Defense Architecture Framework) وMODAF (Ministry of Defence Architecture Framework)الهام گرفته و به نوعی ترکیبی از این چارچوب‌ها است.

پیشینهٔ پژوهش

اولین بار معماری سازمانی در وزارت دفاع ایالات متحده آمریکا با هدف طراحی یک طرح جامع برای یکپارچه‌سازی کلیه منابع اطلاعاتی در درون وزارت‌خانه مطرح شد (سید رئوف خیامی، ۱۳۸۸). مطالعات اکتشافی نشان می‌دهد که بیشتر تحقیقات انجام‌شده در زمینه معماری سازمانی به حوزه‌های فناوری اطلاعات، سازمان و ساختار، و منابع انسانی اختصاص دارد و به‌طور خاص پیشینه‌ای در مورد معماری اثربخشی سامانه‌های دفاعی مانند پهپادها وجود ندارد. در تحقیقات داخلی انجام‌شده، عنواناتی که ارتباط نزدیک‌تری با موضوع پژوهش دارند، ذکر شده‌اند. با این حال، هیچ‌کدام از این تحقیقات، چه به‌صورت کلی و چه به‌صورت خاص، به معماری اثربخشی سامانه‌های دفاعی، به‌ویژه پهپادها، پرداخته‌اند یا اطلاعات دقیقی در این زمینه ارائه نشده است.

(علیرضا نادری خورشیدی، هادی فقیه علی آبادی، رمضان میرعباسی, ۱۳۹۱) به بررسی نمونه‌های واقعی اجرای معماری اطلاعات در سازمان‌های دولتی کشور در مقایسه با نمونه‌های موفق جهانی به عنوان الگو مبنا پرداخته اند.

(محمد رضا ولوی، محمد رضا موحدی صفت, ۱۳۹۷) الگوی معماری شبکه دفاعی امن مورد نیاز سازمان‌های دفاعی را مورد بررسی قرار داده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد برای ارتقاء حوزه فناوری در سازمان‌های دفاعی باید یک الگوی معماری امنیتی به منظور پذیرش شبکه‌های دفاعی تدوین و مورد بهره برداری قرار گیرد. همچنین در نظر گرفتن امنیت در معماری یادشده یک الزام مهم و حیاتی است.

(خسرو بوالحسنی ، احمد کریمی ، سید علی خلیلی پور،مهدی کاظمی, ۱۴۰۱) در این مقاله با بررسی بیانات مقام معظم رهبری در حوزه دفاع و تدوین معماری نیروهای مسلح از دیدگاه فرماندهی کل قوا و همچنین شرایط، راهکارها و پیامدهای معماری نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران با استفاده از روش تحقیق داده بنیاد را مورد مطالعه قرار داده‌اند.

(مصطفی قنبرپور, ۱۴۰۳) با استفاده از یک چارچوب معماری تحت عنوان چارچوب معماری وزارت دفاع و در نظر گرفتن رویکردهای عملیاتی، نظام‌مند و فنی و افزودن رویکردی به آن تحت عنوان رویکرد راهبردی یا آینده‌نگری و استفاده از یک مدل قابلیتی به تدوین دکترین‌ها، سازمان‌ها و ساختار، اموزش سامانه‌ها و تجهیزات و تسلیحات، فرماندهی، نیروی انسانی و زیرساخت‌ها در نهایت سیاست‌ها و راهبردها و قابلیت محوری را مورد مطالعه و بررسی قرار داده است. در نهایت مدلی را برای مجموعه‌های عملیاتی نیروهای مسلح ارایه کرده است.

(رحمان علیمحمد زاده، مهدی فشارکی, ۱۳۹۵) در این مقاله، آخرین پژوهش‌های مرتبط با فرامدل‌های قابلیت با استفاده از روش پژوهش کیفی مورد مطالعه قرار گرفته است. فرا مدل‌های مختلف به شکل یکسان کدگذاری شده‌اند تا امکان مقایسه و تحلیل آن‌ها فراهم شود. سپس بر اساس نظریهٔ دفاع آرایهای، مفهوم قابلیت تعریف شده و فرامدل جامع قابلیت آرایه و نیز زبان برنامه‌ریزی قابلیت آرایه پیشنهاد شده است.

(احسان مراتی, ۱۳۹۱) د رمقاله‌ای به تدوین روشی برای توسعه چارچوب‌های معماری سازمان‌های دفاعی پرداخته و برای این منظور نسخه‌های مختلف چارچوب معماری وزارت دفاع ایالات متحده را مورد تحلیل و بررسی قرار داده و مدل چارچوب سازمان دفاعی را ارایه نموده است.

(نیک بخش حبیبی, ۱۳۹۶) با انجام یک تحقیق و پژوهش اسنادی و میدانی برای دستیابی به ارایه مدلی جامع برای استفاده بهینه از پهپاد در توانمندسازی عملیاتی سازمانهای دفاعی با استفاده از روش توصیفی و موردی زمینه ای ضمن مراجعه به صاحب نظران و کارشناسان عملیات هوایی مرتبط با پهپاد در نیروی هوایی و ستاد فرماندهی کل ارتش مدلی اثربخش را ارایه نموده است.

(حمید رضا بیات، سید حسین اسدی, ۱۴۰۲) در این مقاله مشخص گردید، برای افزایش توان پهپادی، بایستی به ابعاد پنجگانه شامل: عوامل قانونی، عوامل ساختاری و سازمانی، عوامل انسانی، عوامل پشتیبانی و عوامل عملیاتی به طور ویژه توجه گردد .

(علی اکبر احمدیان، ناصر پورصادق، محمداسماعیل شریفان, ۱۳۹۷) در مقاله ای اصول، مبانی و چگونگی بهره‌برداری از پهپادها در افزایش توان رزمی نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران را مورد مطالعه و بررسی قرار داده اند.

(مجتبی قمری زاده، مرتضی ازدانش, ۱۴۰۲) در مقاله‌ای با استفاده از نرم افزار آماریSPSS، پرسش اصلی بنا عنوان "راهکارهای ارتقاء مراقبت و شناسایی پهپادها در صحنه نبردهای آینده کدامند؟"مورد تحلیل قرار داده است.نتایج حاصل در قالب آزمون فریدمن،نشان داد که میانگین نمونه مورد بررسی به طور معنا داری بزرگتر از میانگین فرضی و مورد انتظار جامعه اماری می‌باشد. نتایج این تحقیق استفاده از شبکه سازی در عملیات پهپاد بوده است.

روش تحقیق

به دلیل اینکه چارچوب معماری وزارت دفاع با ادبیات فرماندهی و کنترل در سال‌های اخیر بهینه و به روز شده است و به واسطه اینکه اساساً خاستگاه آن در سازمان‌های نظامی است، این چارچوب اولویت بالاتری به سایر چارچوب‌ها برای ملاک قرار دادن معماری سازمانی و اثربخشی عملیات در پهپاد برخودار است. در این تحقیق با ملاحظاتی از جمله متناسب سازی و خلاصه‌سازی از آن استفاده خواهد شد.

سؤالات پژوهش

با توجه به محوریت فناوری در سازمان‌های تابع نیروهای مسلح این مجموعه ها به صورتی چشم‌گیر متاثر از پیشرفت‌های دانشی، تولیدات علمی و تجهیزات نظامی فناورانه است. با توجه به نقش کلیدی و کاربردی پهپاد در ماموریت‌های آتی صحنه نبرد آینده لزوم تدوین چارچوب سازمانی و اثربخشی عملیات پهپاد ضروری است.

سیستم پهپادی کشور در حال حاضر نیازمند استفاده از مدلی مناسب بر پایه تحقیقات و پژوهشهای دقیق می‌باشند تا ضمن افزایش توان و قدرت خود، راههای استفاده از تجهیزات را بهینه و اثربخشی عملیات را در ماموریت‌های نظامی بیشتر نماید. این مدل علاوه بر اینکه می‌تواند هزینه‌های خرید یا تولید تجهیزات را هدفمند نماید، روش‌های بکارگیری پهپادها را ماموریت‌های مختلف را نیز بهینه نموده تا حداکثر بهره‌وری از منابع موجود بدست آید. مدل‌های ارزیابی معماری موجود معمولاً

ناقص هستند و تمامی ویژگی‌های پویایی عملیاتی متناسب با شرایط متغییر صحنه نبرد که باید در ارزیابی معماری در نظر گرفته شوند را لحاظ نمی‌کنند.این تحقیق در صدد است به سوالات زیر پاسخ دهد؟

۱. معماری سازمامی استاندارد به منظور افزایش اثربخشی عملیات پهپاد چیست؟
۲. الزامات فنی و عملیاتی و کارکردی و استانداردی که می تواند بر عملکرد مطلوب پهپاد در صحنه نبرد تاثیرگذار باشد کدام موارد هستند؟
۳. چارچوب معماری مناسب به منظور اثربخشی در عملیات متناسب با ماموریت ها و دکترین و راهبردها نیروهای مسلح در حوزه پهپاد چگونه باید باشد؟

یافته‌های پژوهش

مبانی ارزیابی پهپاد: مبانی ارزیابی پهپاد به اصول و روش‌هایی اشاره دارد که برای تحلیل و اندازه‌گیری توانایی پهپاد در انجام مأموریت‌های نظامی و رزمی به کار گرفته می‌شود. این مبانی شامل عوامل مختلفی مانند طراحی سیستم، عملکرد عملیاتی، هماهنگی میان پهپادها، و تأثیر محیط رزمی بر کارایی سیستم هستند. این ارزیابی برای طراحی، توسعه، بهینه‌سازی و تصمیم‌گیری در مورد استفاده عملیاتی پهپادها اهمیت دارند.

اهداف ارزیابی پهپاد شامل موارد زیر است:

- تعیین اثربخشی مأموریت: سنجش میزان موفقیت پهپاد در انجام وظایف تعریف‌شده.
- تحلیل عملکرد فنی:ارزیابی ویژگی‌های پروازی مانند سرعت، برد، پایداری، و زمان پرواز.
- شناسایی نقاط ضعف:آشکارسازی محدودیت‌ها برای بهبود طراحی و بهره‌وری.
- تصمیم‌گیری عملیاتی:انتخاب پهپاد مناسب برای مأموریت‌های خاص

ابعاد کلیدی ارزیابی پهپاد شامل موارد زیر است:

الف) عملکرد فنی

- ابعاد پروازی: برد، ارتفاع عملیاتی، سرعت، و زمان پرواز.
- پایداری و کنترل: توانایی در حفظ ثبات و مانورپذیری.
- بار مفید : ظرفیت حمل دوربین‌ها، سنسورها، یا تجهیزات دیگر.

ب) عملکرد مأموریتی

- دقت: میزان موفقیت در شناسایی اهداف، جمع‌آوری اطلاعات، یا اجرای عملیات.

□انعطاف‌پذیری: توانایی انطباق با شرایط و مأموریت‌های متغیر.

□قابلیت اطمینان: عملکرد پایدار در شرایط چالش‌برانگیز.

ج) ملاحظات عملیاتی

□سهولت استفاده: ساده بودن راه‌اندازی و کنترل.

□نگهداری و تعمیرات: زمان و هزینه‌های مرتبط با سرویس‌دهی.

□دوام: مقاومت در برابر شرایط محیطی مانند باد، دما، و رطوبت.

د) هزینه‌ها

□هزینه اولیه: طراحی و تولید.

□هزینه عملیاتی: مصرف انرژی، قطعات یدکی، و نیروی انسانی.

□ارزش افزوده: تطابق هزینه‌ها با عملکرد و اثربخشی مأموریتی.

هـ) ایمنی و امنیت

□ایمنی پرواز: قابلیت جلوگیری از تصادف و خسارت.

□امنیت سایبری: حفاظت از سیستم‌های کنترل و داده‌های انتقالی.

روش‌های ارزیابی پهپاد

الف) تحلیل داده‌های پروازی:جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات از سیستم‌های سنجش و پایش.

ب) شبیه‌سازی:استفاده از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی برای ارزیابی عملکرد در شرایط مختلف.

ج) آزمایش‌های میدانی:انجام پروازهای واقعی برای بررسی عملکرد در محیط‌های عملیاتی.

د) ارزیابی مقایسه‌ای:مقایسه عملکرد پهپادهای مختلف برای انتخاب بهترین گزینه.

هـ) معیارهای استاندارد:استفاده از استانداردهای بین‌المللی مانند MIL-STD، STANAG، یا ISO.

معیارهای کلیدی ارزیابی شامل موارد زیر است:

□پایداری در پرواز: سنجش عملکرد در شرایط نامساعد جوی.

□دقت مأموریت: ارزیابی موفقیت در انجام مأموریت‌های خاص مانند شناسایی یا حمل‌ونقل.

□مدت زمان پرواز: مدت زمانی که پهپاد بدون نیاز به شارژ یا سوخت‌گیری قادر به پرواز است.

- برد عملیاتی: فاصله‌ای که پهپاد می‌تواند از ایستگاه کنترل طی کند.
- ظرفیت بار مفید: توانایی حمل سنسورها یا تجهیزات مختلف.
- مصرف انرژی: کارایی در استفاده از باتری یا سوخت.

مراحل ارزیابی اثربخشی پهپاد با DoDAF

۱. شناسایی مأموریت و اهداف (OV):

- تعریف دقیق مأموریت‌هایی که پهپاد باید انجام دهد (مثلاً نظارت مرزی، حمله تاکتیکی، یا جستجو و نجات).
- شبیه‌سازی جریان اطلاعات و تعاملات بین پهپادها و پایگاه‌های زمینی.
- بررسی وظایف اختصاص‌یافته به هر پهپاد در سناریوهای مختلف.

۲. مدل‌سازی سیستم‌ها (SV):

- طراحی مدل‌های سیستمی برای نشان دادن اجزای فنی پهپاد.
- رزیابی شبکه‌های ارتباطی، توانایی پردازش داده، و هماهنگی میان پهپادها.
- بررسی استحکام سیستم در برابر تهدیدات سایبری یا اختلالات ارتباطی.

۳. ارزیابی ظرفیت‌ها (CV):

- تحلیل عملکرد پهپاد در برابر معیارهایی مانند سرعت، دقت، و برد مأموریتی.
- شناسایی محدودیت‌ها و پیشنهاد راه‌حل‌های بهبود.
- ارزیابی اثربخشی رزمی در سناریوهای پیچیده و محیط‌های متغیر.

۴. استفاده از شبیه‌سازی و داده‌کاوی:

- شبیه‌سازی سناریوهای جنگی یا عملیاتی در محیط‌های مجازی برای تحلیل بهتر.
- استخراج داده‌های عملکردی از عملیات گذشته و استفاده از داده‌کاوی برای بهبود اثربخشی.

برای تدوین مدل به جزئیات و اهمیت هر یک از مولفه‌های تأثیرگذار بر عملیات پهپادی در دسته‌بندی‌های فنی، محیطی، و عملیاتی خواهیم پرداخت.

۱. مولفه‌های فنی

مولفه‌های فنی شامل تجهیزات و زیرسیستم‌های درون پهپاد است که به طور مستقیم بر دقت، عملکرد، و قابلیت‌های پهپاد تأثیر می‌گذارند:

سنسورها و ابزارهای شناسایی

□سنسورهای تصویربرداری نوری و حرارتی: این سنسورها برای مأموریت‌های شناسایی و نظارتی استفاده می‌شوند و می‌توانند تصاویر با کیفیتی از محیط تهیه کنند. در مأموریت‌های شبانه، سنسورهای حرارتی کارآمدتر هستند و برای شناسایی موجودات زنده در محیط‌های تاریک استفاده می‌شوند.

□سنسورهای راداری: برای شناسایی و تعقیب اهداف در شرایط جوی نامساعد مانند مه یا گردوغبار از سنسورهای راداری استفاده می‌شود. این سنسورها قابلیت تشخیص اهداف پشت موانع نوری و در شرایط جوی نامناسب را فراهم می‌کنند.

□حسگرهای GPS و اینرسی: این سنسورها برای مکان‌یابی دقیق پهپاد و کنترل حرکت آن استفاده می‌شوند. دقت سیستم GPS بر حفظ مسیر صحیح تأثیرگذار است و در مأموریت‌های حساس به موقعیت مکانی بسیار مهم است.

سامانه‌های پردازش و هوش مصنوعی

□پردازنده‌های بلادرنگ: پهپادها نیازمند پردازش سریع داده‌ها هستند، به ویژه زمانی که در محیط‌های پرمخاطره و متغیر قرار دارند. پردازنده‌های بلادرنگ به پهپاد این امکان را می‌دهند که اطلاعات حسگرها را به سرعت تحلیل کند و تصمیمات بهینه را اتخاذ کند.

□الگوریتم‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی: استفاده از هوش مصنوعی برای تشخیص الگوها، تحلیل داده‌های سنسوری، و پیش‌بینی مسیر حرکت پهپاد، باعث می‌شود تا پهپادها بتوانند خودمختارانه به تهدیدات و تغییرات محیطی پاسخ دهند.

سیستم‌های کنترل و هدایت

خلبان خودکار: خلبان خودکار به پهپاد امکان می‌دهد تا در مسیرهای از پیش تعیین‌شده حرکت کند و در شرایط اضطراری، مسیرهای جایگزین را انتخاب کند.

سیستم‌های مانور و کنترل پرواز: این سیستم‌ها نقش مهمی در پایداری و مانورپذیری پهپاد دارند. سیستم‌های کنترل پرواز پیشرفته به پهپاد کمک می‌کنند تا در شرایط جوی نامساعد و در نزدیکی موانع، مسیر خود را به‌خوبی کنترل کند.

توان باتری و مصرف انرژی

نوع و ظرفیت باتری: انتخاب باتری با ظرفیت بالا و قابلیت شارژ سریع به پهپاد این امکان را می‌دهد که مدت زمان بیشتری در پرواز باشد و مأموریت‌های طولانی‌تری انجام دهد.

مدیریت مصرف انرژی: استفاده از سیستم‌های مدیریت انرژی هوشمند باعث می‌شود پهپاد در

شرایطی که به انرژی کمتری نیاز دارد، مصرف خود را بهینه‌سازی کند و عمر باتری را افزایش دهد.

۲. مولفه‌های محیطی

این مولفه‌ها به عواملی اشاره دارند که در محیط پروازی پهپاد تأثیرگذار هستند و می‌توانند به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر عملکرد پهپاد اثر بگذارند.

شرایط جوی

□باد: بادهای شدید می‌توانند باعث ایجاد مشکلاتی در تعادل پهپاد شوند و دقت مانورهای آن را کاهش دهند. در بادهای قوی، پهپاد باید دارای سیستم‌های پایدارسازی پیشرفته باشد.

□دما و رطوبت: دما و رطوبت بالا می‌توانند بر کارایی باتری‌ها و سیستم‌های الکترونیکی تأثیر منفی بگذارند و عمر مفید آن‌ها را کاهش دهند.

□شرایط بارندگی و برف: پهپادها در شرایط بارندگی و برف ممکن است با مشکلاتی مانند کاهش کارایی سنسورها یا نفوذ آب به سیستم‌های داخلی روبرو شوند.

موانع فیزیکی و جغرافیایی

□ناهمواری‌ها و موانع زمینی: در مناطق کوهستانی یا جنگلی، پهپادها باید بتوانند موانع طبیعی را شناسایی کرده و از آن‌ها اجتناب کنند.

□مناطق با پوشش گیاهی متراکم: در مناطق جنگلی یا با پوشش گیاهی زیاد، ممکن است سیگنال‌های راداری و ارتباطی دچار مشکل شوند.

تداخلات الکترومغناطیسی

□نواحی با تداخل فرکانس رادیویی: در مناطق نظامی یا صنعتی که دارای تداخلات الکترومغناطیسی زیاد هستند، سیستم‌های ارتباطی پهپاد ممکن است دچار اختلال شوند.

□امنیت اطلاعات: در عملیات حساس، تداخل‌های الکترومغناطیسی می‌توانند بر امنیت اطلاعات ارسالی از پهپاد اثر بگذارند و تهدیدات امنیتی را ایجاد کنند.

۳. مولفه‌های عملیاتی

مولفه‌های عملیاتی شامل راهبردها، نیازهای مأموریتی، و مسائل امنیتی است که پهپاد باید به آن‌ها پاسخ دهد.

- سطح خودمختاری
  - خودمختاری کامل: در برخی مأموریت‌ها، نیاز است که پهپاد به طور کامل خودمختار عمل

کند و تصمیمات را بر اساس شرایط محیطی بگیرد. این سطح از خودمختاری برای پهپادهایی که در مناطق دوردست یا خطرناک کار می‌کنند ضروری است.

- ❖ کنترل نیمه‌خودمختار: در این حالت، پهپاد همچنان به تعامل با ایستگاه کنترل نیاز دارد و تنها بخشی از تصمیمات را خودمختارانه می‌گیرد. این سطح مناسب مأموریت‌های نظارتی یا تجاری است.

- ➢ نوع مأموریت

- ❖ مأموریت‌های شناسایی و نظارت: پهپاد باید بتواند داده‌های دقیق و باکیفیت را از محیط جمع‌آوری کند و به صورت بلادرنگ تحلیل کند.
- ❖ مأموریت‌های حمل و نقل: در مأموریت‌های حمل و نقل، ظرفیت بار و مدیریت انرژی برای افزایش برد پهپاد مهم است.
- ❖ مأموریت‌های رزمی: پهپادهای رزمی باید به سیستم‌های شناسایی تهدید، سیستم‌های دفاعی، و توانایی اجتناب از حملات مجهز باشند.

- ➢ مسائل امنیتی و پایداری

- ❖ امنیت سایبری: در عملیات نظامی یا امنیتی، امنیت سایبری بسیار حیاتی است. پهپاد باید در برابر حملات سایبری و تداخلات الکترومغناطیسی مقاوم باشد.
- ❖ پایداری در برابر شرایط محیطی: پهپادها باید به سیستم‌های حفاظت از تجهیزات و قابلیت بازیابی در شرایط اضطراری مجهز باشند تا در صورت بروز مشکل، بتوانند با کمترین آسیب به عملیات بازگردند.

- ➢ توانایی‌های بازگشت و فرود اضطراری

- ❖ بازگشت خودکار: پهپاد باید بتواند در شرایط اضطراری مانند کمبود باتری، به نقطه شروع بازگردد.
- ❖ سیستم فرود اضطراری: پهپاد باید به سیستم‌هایی مجهز باشد که در صورت بروز نقص فنی، فرود ایمن داشته باشد و از آسیب دیدن خود و محیط جلوگیری کند.

در نهایت، این مولفه‌ها هرکدام به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم بر کارایی و اثربخشی مأموریت‌های پهپاد تأثیر می‌گذارند. تجمیع و تنظیم بهینه این مولفه‌ها با توجه به نوع مأموریت و شرایط محیطی می‌تواند به پهپادها کمک کند تا به طور موثر و با دقت بالا به اهداف خود برسند و در شرایط محیطی و عملیاتی مختلف به خوبی عمل کنند.

اجزای کلیدی DoDAF در ارزیابی پهپاد

۱. دیدگاه عملیاتی

این بعد بر نیازها و مأموریت‌های پهپاد تمرکز دارد و درک روشنی از نحوه عملکرد آن در یک سناریوی واقعی ارائه می‌دهد.

- نشان‌دهنده فرآیندها و تعاملات مأموریتی پهپادها.
- شناسایی اهداف مأموریتی مانند شناسایی، حمله، یا نظارت.
- مدل‌سازی ارتباطات میان پهپادها و سایر سیستم‌ها.
- تحلیل جریان اطلاعات و تصمیم‌گیری در مأموریت‌ها.

OV-1 (نمودار مفهومی عملیاتی)

- مأموریت‌های اصلی پهپاد مانند شناسایی مناطق نظامی، نظارت یا امداد و نجات را تعریف می‌کند.
- نحوه هماهنگی پهپاد با سایر تجهیزات (مانند پایگاه‌های زمینی یا پهپادهای دیگر) مشخص می‌شود.

OV-2 (توصیف گره‌های عملیاتی)

- ارتباط و جریان اطلاعات بین پهپاد و ایستگاه کنترل زمینی یا سایر کاربران عملیاتی مانند نیروهای نظامی یا گروه‌های امدادی. مثال: داده‌های ویدیویی و تصویری گرفته‌شده توسط حسگر پهپاد باید به‌سرعت به ایستگاه کنترل منتقل شود.

OV-3 (ماتریس تبادل اطلاعات عملیاتی)

- بررسی اینکه پهپاد چه نوع اطلاعاتی (مانند تصاویر، داده‌های GPS یا وضعیت پرواز) ارسال و دریافت می‌کند.مثال: اطلاعات جمع‌آوری‌شده از یک منطقه نظارتی، به‌طور مستقیم به واحدهای اطلاعاتی ارسال می‌شود.

OV-4 (مدل فعالیت عملیاتی)

- شناسایی فعالیت‌های کلیدی مانند جمع‌آوری داده‌ها، تحلیل اطلاعات و ارائه گزارشات. این بعد کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که پهپاد به نیازهای عملیاتی خاص پاسخ می‌دهد و می‌تواند به‌خوبی با سایر عناصر عملیات تعامل کند.

۲. دیدگاه سیستمی

این بعد مشخص می‌کند که سیستم پهپاد چگونه طراحی شده است و اجزا و زیرسیستم‌های مختلف چگونه با یکدیگر کار می‌کنند.

- بررسی اجزای فنی و زیرساخت‌های پهپاد.
- تحلیل قابلیت‌های ارتباطی پهپاد (مانند لینک‌های داده و شبکه‌های مخابراتی).
- بررسی طراحی فنی سیستم‌های ناوبری، حسگرها، و سلاح‌ها.

SV-1 (توصیف رابط‌های سیستم)

- مشخص می‌کند که چگونه اجزای پهپاد، مانند حسگرها، دوربین‌ها، پردازنده‌ها و موتورها، به هم متصل هستند. مثال: دوربین‌های پهپاد به واحد پردازش و ذخیره‌سازی اطلاعات متصل می‌شوند که اطلاعات ویدئویی را پردازش و ذخیره می‌کند.

SV-2(مدل عملکردی سیستم)

- بررسی عملکرد اجزا، مانند عملکرد سیستم ناوبری خودکار که مسیر را مشخص می‌کند یا حسگرهایی که شرایط محیطی را جمع‌آوری می‌کنند. مثال: حسگرهای مادون قرمز برای شناسایی حرکات در مناطق کم‌نور.

SV-3 (ماتریس کارکرد سیستم)

- ارتباط بین فعالیت‌های عملیاتی و توانمندی‌های سیستمی.مثال: ارتباط بین فعالیت‌های عملیاتی مانند شناسایی دشمن و توانمندی‌های سیستم مانند پردازش تصاویر در زمان واقعی.

SV-4 (ماتریس تبادل داده‌های سیستم)

- مشخص می‌کند که چه نوع داده‌هایی بین سیستم‌های پهپاد و سیستم‌های دیگر ردوبدل می‌شود.مثال: اطلاعات پرواز، وضعیت موتور و داده‌های حسگر به ایستگاه زمینی ارسال می‌شود.

این بعد به بهبود عملکرد اجزای سیستم و تضمین تعامل مؤثر بین زیرسیستم‌ها و سایر سیستم‌ها کمک می‌کند.

۳. دیدگاه ظرفیتی

- ارزیابی قابلیت‌های پهپاد در اجرای مأموریت‌ها.
- بررسی نقاط قوت و ضعف در اجرای مأموریت‌ها.

- تحلیل تطابق قابلیت‌های پهپاد با الزامات عملیاتی.

۴. دیدگاه فنی

- این بعد استانداردها و الزامات فنی موردنیاز پهپاد را تعیین می‌کند و تضمین می‌کند که پهپاد با فناوری‌های روز و استانداردهای بین‌المللی هماهنگ است.

TV-1 (پروفایل استانداردهای فنی)

- مشخص کردن استانداردهایی که برای سیستم‌های پهپاد نیاز است. مثال: استانداردهای ارتباطی برای انتقال ایمن داده‌ها بین پهپاد و پایگاه زمینی.

TV-2 (پیش‌بینی استانداردهای فنی)

- پیش‌بینی تغییرات در استانداردهای فنی و تعیین قابلیت پهپاد برای سازگاری با این تغییرات. مثال: در آینده ممکن است پهپاد نیاز به استفاده از ارتباطات کوانتومی یا فناوری‌های رمزنگاری پیشرفته داشته باشد. این بعد تضمین می‌کند که پهپاد به استانداردهای فنی موردنیاز پایبند است و توانایی ارتقا و هماهنگی با استانداردهای جدید را دارد.

برای درک بهتر فرآیندها و تعاملات مأموریتی پهپاد، مثالی از یک پهپاد نظارتی نظامی مانند ام‌کیو-۹ ارائه می‌دهیم. این پهپاد به‌طور گسترده در مأموریت‌های شناسایی، نظارت و حمله مورد استفاده قرار می‌گیرد و سیستم‌های پیچیده‌ای برای هماهنگی و تعامل در مأموریت‌های خود دارد. یک سامانه معمولی ام‌کیو-۹ شامل چندین هواپیما، ایستگاه کنترل زمینی، تجهیزات ارتباطی، لوازم یدکی تعمیر و نگهداری و پرسنل است. یک خدمه پرواز نظامی شامل یک خلبان، اپراتور حسگر و هماهنگ‌کننده اطلاعات مأموریت است. ام‌کیو-۹ با طول بال‌های ۲۰ متری و حداکثر بار ۱۷۰۰ کیلوگرم، می‌تواند به انواع تسلیحات از جمله موشک‌های هلفایر و یگان‌های بمب هدایت لیزری ۵۰۰ پوندی (۲۳۰ کیلوگرم) مسلح شود. استقامت آن در هنگام انجام ماموریت‌های اطلاعاتی، مراقبتی و شناسایی ۳۰ ساعت است که در صورت حمل بار کامل سلاح به ۲۳ ساعت کاهش می‌یابد. شکل ۳ شماتیکی از این پهپاد رزمی عملیاتی را نمایش می‌دهد.

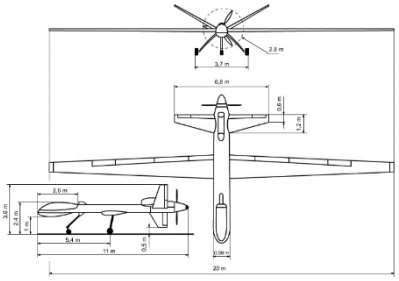
۱. اجزای اصلی سیستم پهپادی ام‌کیو-۹

الف) پهپاد:

- مجهز به سیستم‌های پروازی پیشرفته برای برد بلند و ارتفاع زیاد

- حسگرها و دوربین‌های نظارتی برای شناسایی اهداف در روز و شب
- قابلیت حمل موشک‌هایی مانند Hellfire برای مأموریت‌های حمله





شکل ۱- شماتیکی از پهپاد رزمی برد بلند مداومت پروازی بالا پریدیتور

ب) ایستگاه کنترل زمینی

- خلبان و اپراتور در ایستگاه زمینی عملیات را کنترل می‌کنند.
- استفاده از سیستم‌های ارتباطی برای ارسال و دریافت فرمان‌ها و داده‌ها.

ج) بار مفید

- دوربین‌های الکترواپتیکی و مادون‌قرمز برای پایش محیط.
- تجهیزات شناسایی سیگنال برای جمع‌آوری اطلاعات.

د) شبکه ارتباطی

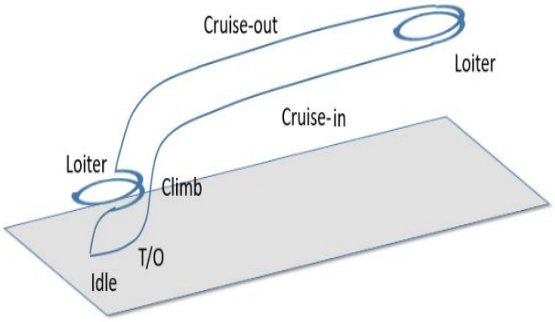
- استفاده از لینک‌های ماهواره‌ای برای ارتباطات برد بلند.

۲. فرآیند مأموریتی ام‌کیو-۹

مرحله ۱: برنامه‌ریزی مأموریت

- تعیین اهداف و وظایف: شناسایی یک منطقه خاص یا هدف مشخص.

- تعریف مسیر پروازی: انتخاب مسیرهایی برای حداقل‌کردن شناسایی توسط دشمن.
- بارگذاری تجهیزات مناسب: نصب حسگرها و تسلیحات براساس نوع مأموریت.



شکل ۲- شماتیکی ازپروفایل و مسیرپرواز در پهپاد رزمی برد بلند مداومت پروازی بالا پریدیتور

مرحله ۲: اجرای مأموریت

- پرواز به منطقه مأموریت: ام‌کیو-۹ به کمک GPS و داده‌های پروازی به نقطه هدف حرکت می‌کند.
- عملیات نظارتی: جمع‌آوری تصاویر و داده‌های ویدئویی از منطقه.
- تعاملات بین اجزا: ارسال داده‌های حسگرها به ایستگاه زمینی برای تحلیل و تصمیم‌گیری.

مرحله ۳: بازگشت و تحلیل داده‌ها

- بازگشت به پایگاه و فرود خودکار یا کنترل‌شده.
- تحلیل داده‌های جمع‌آوری‌شده برای ارزیابی موفقیت مأموریت.

۳. تعاملات مأموریتی ام‌کیو-۹

الف) ارتباط بین پهپاد و ایستگاه زمینی

- ✓ ارتباط کنترلی: ایستگاه زمینی دستورات پروازی و مأموریتی را به پهپاد ارسال می‌کند.
- ✓ دریافت داده: اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط حسگرها به‌صورت زنده به ایستگاه منتقل می‌شود.

ب) تعاملات بین پهپادها

- ✓ در مأموریت‌های گروهی ام‌کیو-۹ با دیگر پهپادها ارتباط برقرار کرده و اطلاعات را به اشتراک می‌گذارد.

ج) تعامل با محیط

- ✓ شناسایی تهدیدات محیطی مانند سیستم‌های ضدهوایی.
- ✓ انطباق مسیر پروازی براساس تغییرات شرایط محیطی.

۴. روش‌های نمایش فرآیندها و تعاملات

الف) نمودار جریان کار:برای مأموریتی که ام‌کیو-۹ باید منطقه‌ای را شناسایی کند:

- شروع مأموریت و پرواز به نقطه هدف.
- جمع‌آوری تصاویر با حسگرها.
- ارسال داده به ایستگاه زمینی.
- دریافت تأیید یا تغییر مسیر از ایستگاه.
- بازگشت و تحلیل داده.

ب) مدل معماری DoDAF

- OV-1 (نمای کلی عملیاتی): نشان می‌دهد که ام‌کیو-۹ چگونه با دیگر عناصر عملیاتی مانند پایگاه زمینی و شبکه ماهواره‌ای ارتباط دارد.
- SV-1 (نمای سیستم): روابط و تعاملات سیستم‌های داخلی ام‌کیو-۹ (مانند حسگرها و سیستم‌های ارتباطی).

۵. عوامل کلیدی در تعاملات مأموریتی ام‌کیو-۹

- قابلیت همکاری: ام‌کیو-۹ باید با پهپادهای دیگر، هواپیماهای سرنشین‌دار و نیروهای زمینی هماهنگ باشد.
- قابلیت اطمینان:عملیات در برد بلند نیاز به ارتباط پایدار ماهواره‌ای دارد.
- امنیت:داده‌های جمع‌آوری‌شده باید از هک یا دسترسی غیرمجاز محافظت شود.

۶. چالش‌های مأموریتی ام‌کیو-۹

- پیچیدگی محیط‌های عملیاتی: وجود تهدیدات مانند سیستم‌های دفاع هوایی.
- ارتباط پایدار: اختلال در ارتباطات ماهواره‌ای ممکن است مأموریت را مختل کند.

- نیاز به دقت بالا: در شناسایی اهداف، به‌ویژه در مأموریت‌های حمله.

ام‌کیو-۹ یک نمونه برجسته از پهپادهایی است که تعاملات مأموریتی پیچیده‌ای دارند. با استفاده از ابزارهایی مانند معماری DoDAF، می‌توان فرآیندها و روابط آن را بهینه کرد و نقاط ضعف را بهبود بخشید. این امر به بهبود عملکرد، کاهش ریسک، و افزایش اثربخشی در مأموریت‌های مختلف کمک می‌کند. استفاده از چارچوب معماری وزارت دفاع DoDAF در ارزیابی پهپادها مزایای بسیاری دارد، زیرا این چارچوب ابزارهایی استاندارد و ساختارمند برای مدل‌سازی، تحلیل و مستندسازی سیستم‌های پیچیده ارائه می‌دهد. در ادامه، مزایای اصلی استفاده از DoDAF در ارزیابی پهپادها به شامل موارد زیر است:

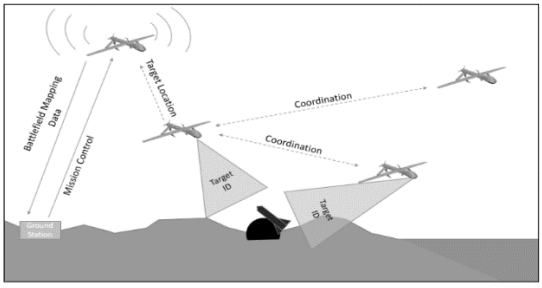
۱. ساختاردهی به تحلیل سیستم‌ها در ام‌کیو-۹

- با استفاده از SV-1 (نمای سیستم)، تمامی اجزای ام‌کیو-۹ از جمله حسگرها، سیستم‌های پروازی، و لینک‌های ارتباطی، به‌صورت یکپارچه مدل‌سازی می‌شوند.
- شناسایی روابط بین سیستم‌ها مانند ارتباط بین دوربین‌های مادون‌قرمز و لینک‌های داده.

مزیت:این ساختاردهی کمک می‌کند تا نقاط ضعف سیستم شناسایی و برای ارتقاء آن‌ها برنامه‌ریزی شود.

۲. بهبود قابلیت همکاری

- OV-2 (دیدگاه تعاملات عملیاتی) نشان می‌دهد که چگونه ام‌کیو-۹ با دیگر سامانه‌ها، مانند پایگاه‌های زمینی یا ماهواره‌ها، ارتباط برقرار می‌کند.
- تعریف استانداردهای ارتباطی برای ارسال داده‌های بلادرنگ به پایگاه.
- مزیت:قابلیت همکاری ب ام‌کیو-۹ با سامانه‌های سرنشین‌دار و بدون‌سرنشین دیگر افزایش می‌یابد، که برای مأموریت‌های ترکیبی بسیار حیاتی است.



شکل ۳- شماتیکی از دیدگاه تعاملات عملیاتی

۳. پشتیبانی از تصمیم‌گیری بهتر

- CV-3 (نمای قابلیت‌ها): قابلیت‌هایی مانند پرواز طولانی‌مدت یا تسلیحات دقیق به‌صورت مستقل ارزیابی می‌شوند.
- اطلاعات این مدل به فرماندهان کمک می‌کند تا تعیین کنند ام‌کیو-۹ در کدام مأموریت مؤثرتر است.

مزیت:این تحلیل، منابع مأموریتی را بهینه می‌کند و از تصمیم‌گیری‌های ناکارآمد جلوگیری می‌کند.

۴. تسهیل در تحلیل مأموریتی و عملیاتی

- b۵OV (نمای فرآیند عملیاتی): وظایف ام‌کیو-۹ در مأموریتی شناسایی مدل‌سازی می‌شود: پرواز به منطقه هدف.
- جمع‌آوری تصاویر و ارسال به پایگاه.
- تغییر مسیر براساس دستور فرمانده.
- c۶OV (نمای زمان‌بندی رویدادها): تحلیل توالی زمانی رویدادها در مأموریت.
- مزیت:این تحلیل کمک می‌کند تا مأموریت‌ها بهینه و اجرای آن‌ها دقیق‌تر شود.

۵. افزایش دقت در مدل‌سازی و کاهش ریسک

- مدل‌های PV برای زمان‌بندی و مدیریت مأموریت استفاده می‌شوند.
- پیش‌بینی ریسک‌هایی مانند اختلال در لینک‌های ارتباطی با استفاده از AV-2
- مزیت:این مدل‌ها ریسک‌های فنی و عملیاتی ام‌کیو-۹ را کاهش می‌دهند.

۶. مستندسازی جامع و قابل اشتراک

- مستندسازی عملکرد حسگرها، تسلیحات، و سیستم‌های ارتباطی ب ام‌کیو-۹ با استفاده از ابزارهای DoDAF.
- این مستندات به اشتراک‌گذاری اطلاعات بین تیم‌های توسعه و عملیات کمک می‌کنند.
- مزیت:مستندسازی باعث می‌شود دانش پروژه برای بهبودهای آینده حفظ شود.

۷. قابلیت تحلیل چندجانبه

- دیدگاه عملیاتی: برای تحلیل مأموریت‌های نظارتی و شناسایی.
- دیدگاه سیستمی: تحلیل سخت‌افزار (مانند دوربین‌ها) و نرم‌افزار (مانند سیستم‌های تحلیل داده).
- دیدگاه استانداردی: انطباق با استانداردهای ناتو یا وزارت دفاع آمریکا.

مزیت:این تحلیل جامع به هماهنگی عملکرد ام‌کیو-۹ با دیگر سامانه‌ها کمک می‌کند.

۸. شناسایی فناوری‌های مورد نیاز

- CV-3 (نمای وابستگی قابلیت‌ها): نشان می‌دهد که ام‌کیو-۹ برای بهبود توانایی شناسایی نیاز به حسگرهای پیشرفته‌تر یا ارتباطات امن‌تر دارد.

مزیت:کمک به برنامه‌ریزی برای ارتقاء فناوری‌ها در پهپاد.

۹. پشتیبانی از تحلیل هزینه-فایده

- ارزیابی هزینه‌های ارتقاء قابلیت پرواز طولانی‌مدت ام‌کیو-۹ و مقایسه آن با مزایای حاصل.
- تحلیل هزینه مأموریت‌های فعلی در مقابل خرید یا توسعه پهپادهای جدید.

مزیت:این تحلیل از تصمیمات مالی بهینه در پروژه‌های پهپادی حمایت می‌کند.

۱۰. پشتیبانی از مأموریت‌های پیچیده

- مدل‌سازی مأموریت‌های ترکیبی که ام‌کیو-۹ باید با پهپادهای کوچکتر، نیروهای زمینی، و ماهواره‌ها هماهنگ عمل کند.
- استفاده از OV-1 (نمای کلی عملیاتی) برای نمایش کل مأموریت.

مزیت:این ابزارها هماهنگی و اثربخشی مأموریت‌های پیچیده را تضمین می‌کنند.

با استفاده از چارچوب DoDAF در ارزیابی پهپاد ام‌کیو-۹ می‌توان به طراحی بهتر، کاهش ریسک‌های عملیاتی، افزایش قابلیت همکاری و بهبود عملکرد مأموریتی دست یافت. این رویکرد ساختاریافته، پهپاد را به ابزاری مؤثرتر برای مأموریت‌های نظامی و نظارتی تبدیل می‌کند.

بحث و نتیجه‌گیری

بهبود عملکرد شاخص‌ها و مؤلفه‌های اثرگذار در کارآیی و عملکرد یک سامانه یا یک مجموعه در قدم اول به ارزش‌گذاری، اثرگذاری و میزان اهمیت آن شاخص‌ها در ارتقاء کارآیی آن سامانه مربوط می‌شود. در قدم بعدی باید نقاط قوت و ضعف عملکردی هر کدام از این شاخصها شناسایی گردد.

پهپادها یک المان مهم از سخت افزار نظامی در جنگ مدرن هستند علاقه کشورهای تولید کننده سلاح به تولید و بکارگیری پهپادها روز به روز بیشتر می‌شود. آنها قصد دارند از این تجهیزات برای ماموریت‌های مختلف از جمله هشدار اولیه، شناسایی، جاسوسی، انهدام اهداف زمینی و هوایی و جمع‌آوری اطلاعات استفاده کنند. هواپیماهای بدون سرنشین نقش مهم و تعیین کنندهای در پنج جنگ بزرگ در چند سال گذشته (سوریه، لیبی، قره باغ، یمن و اوکراین) داشته‌اند.

یکی از ویژگی‌های منحصربه‌فرد چارچوب معماری وزارت دفاع آمریکا، تمرکز بر دیدگاه‌های معماری بجای تشریح یک روش‌شناسی تفصیلی برای یک کاربرد مشخص است، به زبان ساده‌تر این چارچوب با تبیین مفهوم دیدگاه‌ها و دیدهای معماری و ارائه انواعی از رهنمودها به مخاطبان کمک می‌کند معماری را در سطوح مختلف و با کاربردهای متنوعی پیاده‌سازی نمایند. در اسناد چارچوب به شش حوزه مختلف کاربرد چارچوب پرداخته شده است که از کاربردهای برنامه‌ریزی، بودجه‌ریزی و مدیریت راهبردی سازمان تا سطوح میانی و ایجاد قابلیت‌های عملیاتی و نظامی و نهایتاً سطوح پیاده‌سازی و اجرا را شامل می‌شود. از این جهت می‌توان گفت مفاهیم و عناصر کلیدی DODAF، قابلیت بسط و به‌کارگیری در سایر حوزه‌های غیرنظامی یا در کنار سایر چارچوب‌های معماری را نیز دارد.

منابع

احسان مراتی .(1391) .تدوین روش توسعه چارچوب های معماری سازمان‌های دفاعی .***مجله سیاست دفاعی***-23 , 60.

حمید رضا بیات، سید حسین اسدی .(1402) .ابعاد و مولفه های موثر بر ارتقاء توان پهپادی .***فصلنامه مدیریت نظامی***.122-85 ,

خسرو بوالحسنی ، احمد کریمی ، سید علی خلیلی پور،مهدی کاظمی .(1401) .مقاله پژوهشی: معماری نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران از دیدگاه فرماندهی معظم کل قوا(مدظله العالی) شرایط، راهکارها و پیامدها .***فصلنامه مطالعات دفاعی استراتژیک***.104-81 ,

رحمان علیمحمد زاده، مهدی فشارکی .(1395) .طراحی فرامدل جامع و ارایه زبان برنامه ریزی قابلیت آرایه های دفاعی .***فصلنامه فرماندهی و کنترل***.42-15 ,

سید رئوف خیامی .(1388) .ارزیابی و تحلیل معماری سازمانی .شیراز: رساله دکتری دانشگاه شیراز.

علی اکبر احمدیان، ناصر پورصادق، محمداسماعیل شریفان .(1397) .راهبردهای توسعه بهره‌گیری از پهپاد در افزایش توان رزمی نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران .***فصلنامه مطالعات دفاعی راهبردی***.176-153 ,

علیرضا نادری خورشیدی، هادی فقیه علی آبادی، رمضان میرعباسی .(1391) .معماری سازمانی زمینه ساز استقرار و توسعه ی معماری اطلاعات در دستگاه های دفاعی و اجرایی کشور .***مجله سیاست دفاعی***.96-61 ,

مجتبی قمری زاده، مرتضی ازدانش .(1402) .راهکارهای ارتقاء مراقبت و شناسایی پهپادها در صحنه نبردهای آینده . ***نشریه علمی پژوهشی مهندسی هوانوردی***.12-1 ,

محمد رضا ولوی، محمد رضا موحدی صفت .(1397) .ارائه یک چارچوب معماری امن برای شبکه دفاعی کشور . ***فصلنامه مطالعات دفاعی استراتژیک***.46-27 ,

مصطفی قنبرپور .(1403) .الگوی معماری کلان سازمانهای عملیاتی در نیروهای مسلح در افق چشم انداز ج. ا. ا. (مطالعه موردی: نیروی هوا فضای سپاه .(***فصلنامه علمی مطالعات مدیریت راهبردی دفا ع ملی***.140-113 ,

نیک بخش حبیبی .(1396) .ارائه مدل اثربخش بکارگیری بهینه پهپاد در توانمندسازی عملیات آینده سازمان های دفاعی)مطالعه موردی عملیات پروازی نیروی هوایی .(***آینده پژوهی دفاعی***62-35 ,

Babak Darvish Rouhani, Mohd Nazri Mahrin, Fatemeh Nikpay, Pourya Nikfard. (2013). A Comparison Enterprise Architecture Implementation Methodologies. *2013 International Conference on Informatics and Creative Multimedia* (pp. 23-59). Kuala Lumpur, Malaysia : IEEE.

Christy Mahendra, Andi Wahju Rahardjo Emanuel. (2019). Comparison of TOGAF and COBIT in Scale Out Implementation. *The 2nd STIKOM Yos Sudarso Biennial Conference on Computer Science, Information Technology*, (pp. 23-49). Purwokerto.

Danny Greefhorst, Erik Proper. (2011). The Role of Enterprise Architecture. In *Architecture Principles* (pp. 7–29). Berlin, Heidelberg: Springer.

Gerald Franzl, Stefan Wilker, Thomas Reisinger,Martin Hödl-Holl. (2023). *Technical Framework on Local Energy Communities TF-LEC Vol. 2 Version 0.5 First trial.* researchgate.

Hassan Alghamdi. (2024). Integrating Emerging Technologies into Enterprise Architecture: Challenges and Opportunities. *ACCESS Access to science business innovation in digital economy* , 8-24.

Heyder Paez-Logreira, Wilson Nieto Bernal, Garyn Carrilllo. (2016). Enterprise Architecture Framework Oriented to Cloud Computing Services. *Proceedings of 2016 6th International Conference on Computers Communications and Control (ICCCC)* (pp. 16-29). Oradea, Romania.: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

Juan Pablo Sáenz, Steve Cárdenas, Mario Sánchez,Jorge Villalobos. (2017). Semi-Automated Model-Based Generation of Enterprise Architecture Deliverables. *20th International Conference on Business Information Systems* (pp. 1-15). Poznań, Poland: Lecture Notes in Business Information Processing.

Montree Thirasakthana, Supaporn Kiattisin. (2021). Sustainable Government Enterprise Architecture Framework. *Sustainability*. doi:DOI:10.3390/su13020879

Nic Plum. (2024). *3736126-018 Impacts of the NATO AF (NAF) Metamodel Removal at Version 4.* Eclectica Systems Ltd.

Peter Hillmann, Mario Kesseler, Diana Schnell, Goran Mihelcic. (2024). Enterprise Architecture Governance of Excellence. *26th International Conference on Enterprise Information Systems.* doi:DOI:10.5220/0012399000003690

Scott A. Bernard. (2012). *An Introduction to Enterprise Architecture: Third Edition.* Phoenix, AZ, U.S.A.: Author House.

(2022). *Software, systems and enterprise — Architecture description-ISO/IEC/IEEE 42010:2022*. iso.