

# نشریه علمی پدافند غیرعامل

سال یازدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، (پیاپی ۴۱): صص ۶۱-۵۱

علمی - ترویجی

اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عملکرد پهپادها در صحنه نبرد ناهمتر از آینده

با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

علیرضا پیکام<sup>۱</sup>، حمید شاهبندرزاده<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۸

## چکیده

تحولات نوین در حوزه علوم و فناوری‌ها و همچنین تحولات سیاسی و نظامی سبب توجه کشورهای مختلف به حوزه جنگ نوین و به خصوص توسعه عوامل جدید و روش‌های نوین تهاجم علیه اهداف زیربنایی جهت آسیب‌رسانی شده است. در این بین پهپادها با توجه به نوع، امکانات و تجهیزات، قادرند مأموریت‌های متنوع اطلاعاتی شناسایی، مراقبت و هدف‌یابی و جمع‌آوری الکترونیکی شوند را با اولویت استفاده بهینه از امکانات و به خصوص منابع انسانی انجام دهند. به عبارت دیگر هواپیماهای بدون سرنشین از جمله تجهیزات پیشرفته عصر حاضرند که در جنگ‌های آینده که جنگ‌هایی ناهمتر از و ناهمگون خواهند بود جایگاه ویژه‌ای خواهند داشت. از این رو در این مقاله سعی شده است پس از معرفی جامعی از پهپادها، شاخص‌های تأثیرگذار بر مأموریت‌های اطلاعاتی پهپادها شناسایی و با استفاده از نظرات خبرگان نظامی و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) به وزن‌دهی و اولویت‌بندی آن‌ها پرداخته شود. نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهنده این است که معیار شناسایی تأثیرگذارترین معیار در ارتقاء توان مأموریتی پهپادها و زیر معیار قابلیت دید دوربین‌های پهپاد مهم‌ترین زیر معیار تأثیرگذار بر معیار شناسایی در پهپادهای اطلاعاتی در نبردهای ناهمتر از آینده خواهد بود.

**کلیدواژه‌ها:** پهپاد، مأموریت اطلاعاتی، نبرد ناهمتر از، تحلیل سلسله مراتبی فازی

۱- کارشناسی ارشد، دانشگاه خلیج فارس بوشهر،

۲- دانشیار، مدیریت صنعتی، دانشگاه خلیج فارس بوشهر (shahbandarzadeh@pgu.ac.ir) - نویسنده مسئول

شرایط بحران استفاده مستقیم از نیروهای آموزش دیده و در معرض خطر قرار دادن آن‌ها و نیز استفاده از هواپیماهای با سطح مقطع راداری بالا و ... می‌تواند صدمات جبران‌ناپذیری به بار آورد.

### ۳. پیشینه پژوهش

در خصوص بررسی مطالعات انجام شده در رابطه با موضوع، به کتابخانه‌ها و سایر منابع اطلاعاتی موجود مراجعه شد. بررسی و کاوش‌ها نشان داد که در ایران اغلب مطالعات انجام گرفته در زمینه پهپادها بیشتر تحقیقات صنعتی بوده‌اند و نیز برخی از آنان فقط به موضوع‌هایی همچون مأموریت‌ها و قابلیت‌های پهپادی، نقش فناوری‌های جدید در صنعت پهپاد، توسعه پهپاد و ... پرداخته‌اند. از سویی دیگر در محیط خارجی مخصوصاً در کشورهایی که در صنعت پهپاد پیشرفت قابل‌ملاحظه‌ای دارند مقالات و تحقیقات گسترده‌ای در حوزه‌های مختلف، مربوط به پهپاد صورت گرفته است که به‌طور معمول مطالعات صورت گرفته در این کشورها که هم‌راستا با تحقیقات صنعتی در زمینه پهپادها انجام شده و باعث آشکار شدن نقاط ضعف و کمبود در زمینه‌های طراحی، ساخت، تولید و می‌شوند و با تحقیقات تئوری و صنعتی متناسب، این نقاط ضعف برطرف می‌گردند. شاید در بین پژوهش‌های مرتبط با موضوع این پژوهش، بتوان به پژوهش شکوهی و عندلیبی اشاره کرد که در این پژوهش، نگارندگان به تبیین آرایه‌های پهپادی مطلوب در صحنه نبرد ناهمگون برای اجرای مأموریت اطلاعاتی پرداخته‌اند که مدل مفهومی این پژوهش نیز بر اساس مطالعه آن‌ها شکل گرفته است [۸].

### ۴. مبانی نظری

#### • پهپاد (پرنده هدایت‌پذیر از راه دور)

هواپیماهای بدون سرنشین تجهیزات نقلیه هوایی بدون خلبان هستند که برای به پرواز درآمدن از نیروهای آیرودینامیک استفاده می‌کنند و به‌صورت مستقل انواع محموله‌ها را بر اساس نوع مأموریت حمل می‌کنند. این پرنده‌ها از راه دور قابل هدایت و کنترل هستند؛ یا به‌طور خودکار و بر اساس برنامه از پیش تعیین شده و با سامانه‌های پویای پیچیده هوشمند می‌توانند به‌صورت شبانه‌روزی پرواز کنند [۹].

#### • پهپاد در ایران

سابقه به‌کارگیری پهپاد در ایران به قبل از انقلاب اسلامی برمی‌گردد. بعد از خرید هواپیماهای جدید برای نیروی هوایی به‌ویژه بعد از خرید اف-۱۴ فرماندهان نیروی هوایی تصمیم به خرید تعدادی پهپاد هدف AQM-37 از ایتالیا برای تست توانایی این هواپیماها و موشک‌های آن‌ها به‌ویژه موشک جدید فونیکس گرفتند. در آن زمان بیشتر این تست‌ها با موفقیت انجام شد. اما

### ۱. مقدمه

اگرچه اصطلاح هواپیمای بدون سرنشین<sup>۱</sup> یا پهپاد (پرنده هدایت‌پذیر از دور) اخیراً وارد ادبیات سیاسی و رسانه‌ای ایران شده اما این اصطلاح دارای پیشینه‌ای بیش از یک قرن در ادبیات جهانی است [۱]. پهپادها دارای انواع مختلفی هستند که از اندازه بسیار کوچک تا اندازه بسیار بزرگ با وزن ۲۵۰۰ پوند (بیش از یک تن) با قابلیت‌های متفاوت متغیرند. از این پهپادها می‌توان برای شناسایی و جاسوسی و همچنین برای حملات و کشتارهای هدفمند استفاده کرد [۲]. ایالت متحده اولین بار در قرن معاصر از این فناوری در سال ۲۰۰۱ در جنگ افغانستان علیه القاعده و طالبان استفاده کرده است [۳]. ولی پهپادها در چند سال اخیر به‌طور گسترده توسط ارتش ایالت متحده و سازمان سیا در عملیات نظامی این کشور در افغانستان، عراق، پاکستان، یمن و سومالی به کار گرفته شده‌اند. بنابر گزارش‌ها، ایالت متحده از این فناوری غالباً برای عملیات بمباران و کشتار نظامیان و غیرنظامیان بهره گرفته که نمونه آن را امروزه در یمن و پاکستان مشاهده می‌کنیم [۴]. افزون بر آن حملات پهپادها در راستای اقدامات ضد تروریسم، در این سال‌ها تبدیل به بخش وسیعی از عملیات ارتش ایالت متحده شده است [۵]. از این‌رو، استفاده از پرنده‌های بدون سرنشین امروزه نقش بسیار مهمی در مجموعه قدرت نظامی کشورهای مختلف پیدا کرده و آنچه نظر مدافعان و مسئولان نظامی کشورها را به خود جلب کرده است، توان اجرای عملیات در شب و روز در مناطق دور و نزدیک بر ضد اهداف ساکن و متحرک و در تمام شرایط آب و هوایی و امکان پروازهای هدایت‌شونده از دور و یا تمام‌خودکار است [۶].

### ۲. بیان مسئله

با توجه به برتری تسلیحاتی و اطلاعاتی کشورهای قدرتمند و معارض جمهوری اسلامی ایران، جنگ‌های آینده به احتمال از نوع ناهمگون خواهند بود و پیروزی در این جنگ‌ها، مستلزم به‌کارگیری ابتکارهای تاکتیکی و بهره‌گیری از تجهیزات مناسب با آن است. هواپیماهای بدون سرنشین از جمله تجهیزات پیشرفته عصر حاضرند که در جنگ‌های آینده جایگاه ویژه‌ای خواهند داشت. از طرفی پیشرفت علمی جهان، وضعیت تهدیدهای فراروی کشور و الزامات سازمانی نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران، به‌کارگیری این‌گونه پرنده‌ها را در کنار دیگر تجهیزات هوایی اجتناب‌ناپذیر و ضروری نموده است [۷].

بدیهی است عدم توجه کافی به مسئله به‌کارگیری سامانه‌های مطلوب پهپادهای اطلاعاتی در صحنه‌های نبرد ناهمگون، اثرات زیان‌بار و خسارات جبران‌ناپذیری بر توان و سرعت تصمیم‌گیری فرماندهان، وارد می‌نماید؛ همچنین در

<sup>1</sup> Unmanned Aerial Vehicle

## ۵. عوامل مؤثر بر مأموریت اطلاعاتی پهپاد

پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای و انجام مصاحبه با خبرگان و صاحب‌نظران نظامی به منظور گردآوری اطلاعات پیرامون شاخص‌های پهپادی، و استفاده از نتایج مطالعه شکوهی و عندلیبی [۸] مدل سلسله مراتبی عوامل مؤثر بر مأموریت اطلاعاتی پهپاد به دست آمد که در این مدل شاخص‌های مراقبت و هدف‌یابی، شناسایی و جمع‌آوری الکترونیکی شوند به‌عنوان مهمترین شاخص‌های تأثیرگذار بر مأموریت اطلاعاتی پهپاد شناسایی شدند. همچنین زیر شاخص‌های این شاخص‌های سه‌گانه نیز در (شکل ۱) مشاهده می‌شوند. هواپیماهای بدون سرنشین از جمله تجهیزات پیشرفته عصر حاضرند که در جنگ‌های آینده جایگاه ویژه‌ای خواهند داشت. بنابراین، نیازمند پهپادهای اطلاعاتی با قابلیت‌های متناسب با انواع مأموریت‌های اطلاعاتی (شناسایی، مراقبت و هدف‌یابی، جمع‌آوری الکترونیکی) شوند وجود دارد که توصیف مختصری از این پهپادها عبارت‌اند از:

### • پهپاد شناسایی

شناسایی، کشف هدف و هدایت آتش را می‌توان از مهم‌ترین مأموریت‌های هواپیمای بدون سرنشین انگاشت که با استفاده از انواع دوربین‌های تصویربرداری و حسگرهای متنوع در شب و روز صورت می‌گیرند.

### • پهپاد مراقبت و هدف‌یابی

مراقبت و هدف‌یابی از مهم‌ترین مأموریت‌های هواپیمای بدون سرنشین است که با استفاده از انواع دوربین‌های تصویربرداری در شب و روز صورت می‌گیرد.

### • پهپاد جمع‌آوری الکترونیکی (شنود)

یکی از عمده‌ترین وظایفی که پهپادها در زمینه مأموریت اطلاعات بر عهده‌دارند، جمع‌آوری الکترونیکی (شنود) است. این قابلیت در صحنه نبرد ناهمگون، با توجه به جابه‌جایی سریع نیروها، امکان استفاده از پهپادها را برای فرماندهان در کنار استفاده از ایستگاه کنترل زمینی شلوند فراهم می‌کند.

## ۶. اهداف و سؤالات تحقیق

با توجه به ماهیت این پژوهش، اهداف و سؤالات به شرح زیر بیان می‌شوند:

### • هدف تحقیق

هدف اصلی این پژوهش اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عملکرد پهپادها در صحنه نبرد ناهم‌تراز آینده است.

سابقه به‌کارگیری پهپادهای شناسایی در ایران به بعد از انقلاب اسلامی و زمان جنگ باز می‌گردد. در زمان جنگ، رزمندگان ایرانی به‌گونه‌ای ساده از هواپیماهای کنترل از راه دور اسباب‌بازی و یک دوربین بسیار ساده فیلم‌برداری برای شناسایی استفاده می‌کردند و توانستند با استفاده از این پهپادها بسیار ابتدایی، اطلاعات خوبی را از دشمن به دست آورند. در سال‌های ۱۳۶۲ و ۱۳۶۳ که شرایط خاصی بر فضای جنگ حاکم بود پس از مطالعه در زمینه‌ساخت وسایل پرنده هدایت‌پذیر و شناخت کاربرد و توانایی‌های آن‌ها با توجه به امکانات داخل کشور و وجود زمینه‌های گوناگون کاربردی در جنگ، فعالیت‌های به نسبت گسترده‌ای برای طراحی و ساخت این نوع هواپیماها در صنایع دفاع، چند دانشگاه و صنایع سپاه شروع شد. نتیجه این فعالیت‌ها ساخت چند نوع هواپیما بود که تعدادی از آن‌ها نیز به‌طور گسترده در جنگ استفاده شد و اکنون نیز فعالیت‌ها در زمینه تکمیل این سامانه‌ها و عملیاتی نمودن آن‌ها ادامه دارد [۱۰].

### • نبرد ناهم‌تراز

نخستین بار اصطلاح جنگ ناهم‌تراز در سال ۱۹۹۷ میلادی و در گزارش‌های رسمی وزارت دفاع آمریکا استفاده شد. در همین سال مفهوم «عدم تقارن» برای اولین بار در راهبرد نظامی ملی آمریکا و نیز در راهبرد امنیت ملی این کشور ظاهر شد. در تعریف نبرد ناهم‌تراز بر مفهوم «تأثیر نامتناسب» و اهمیت عملیات روانی تأکید می‌شود. منظور از تأثیر نامتناسب، تحقق اهداف راهبردی با استفاده از منابع اندک و عملیات تاکتیکی است. در واقع یک بازیگر جنگ ناهم‌تراز می‌تواند از طریق یک عملیات (حتی یک عملیات ناموفق) که از دید یک قدرت بزرگ‌تر، تنها یک حمله تاکتیکی به حساب می‌آید، به اهداف راهبردی خود دست یابد [۱۱]. بنابراین، جنگ ناهم‌تراز را می‌توان از دیدگاه عملیاتی و تاکتیکی به‌صورت زیر تعریف نمود:

«نبرد ناهم‌تراز عبارت است از به‌کارگیری کلیه‌ی امکانات نظامی و غیرنظامی نامتعارف و نامتجانس به روش‌ها، اصول و شیوه‌های متفاوت از عملیات متعارف نظامی، برای مواجهه‌شدن با دشمن قدرتمندتر، به‌منظور دسترسی به اهداف موردنظر» [۱۲]. البته قدمت مفهوم جنگ ناهمگون برابر با قدمت مفهوم خود جنگ است و حمله به نقاط ضعف دشمن با ابزار جدید و ناشناخته و در عین حال پرهیز از رویارویی با توانمندی‌های دشمن قدمتی به دیرینه‌خود جنگ دارد [۱۳].

### • دسته‌بندی پهپادهای اطلاعاتی

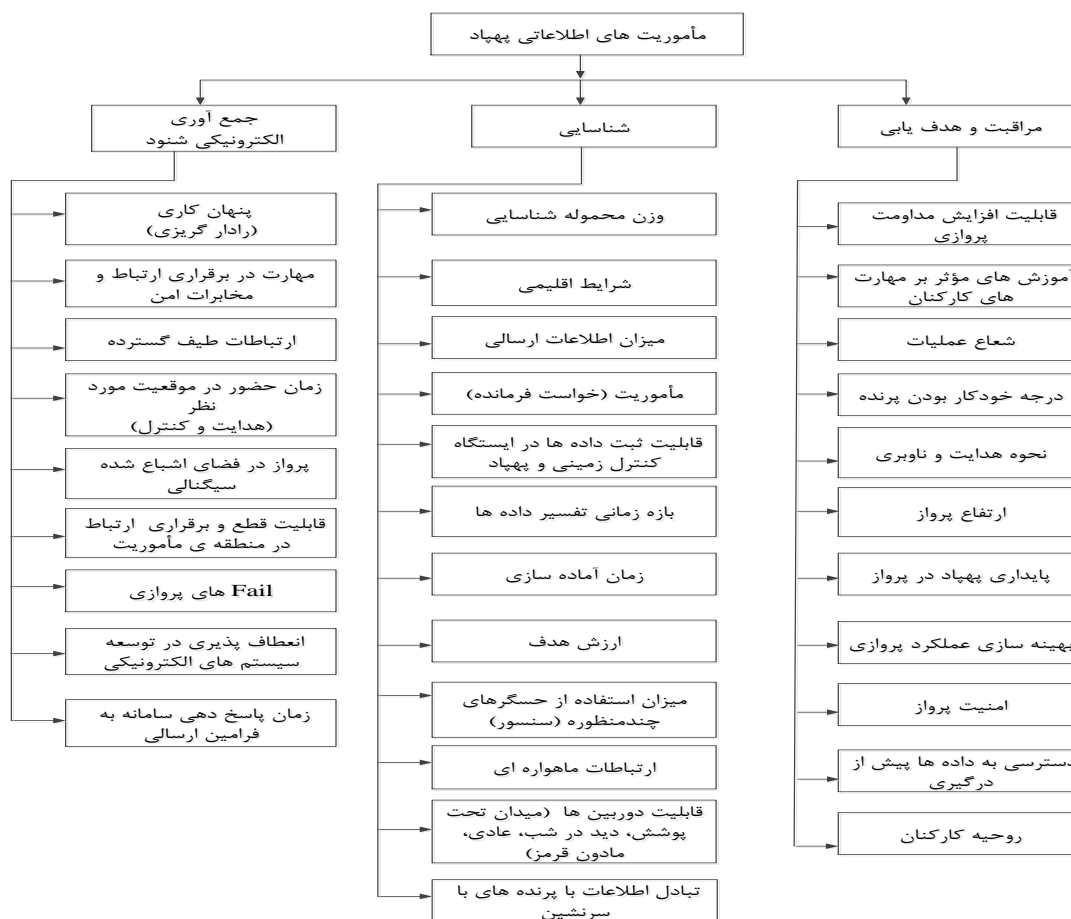
هواپیماهای بدون سرنشین با توجه به تجهیزات قادر به انجام سه مأموریت کلی اطلاعات، عملیات و پشتیبانی هستند که مأموریت اطلاعاتی پهپاد شامل سه زیر مأموریت مراقبت و هدف‌یابی، شناسایی و جمع‌آوری الکترونیکی شلوند می‌شود [۱۰].

## • سؤالات تحقیق

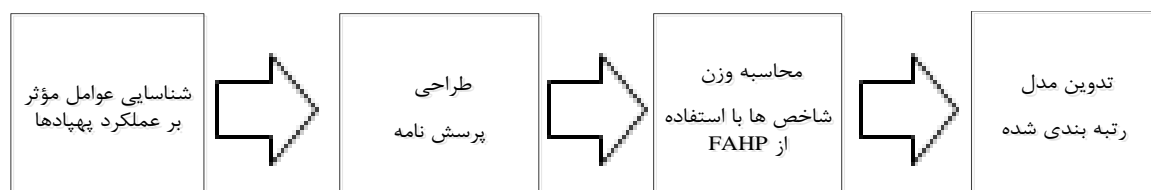
## ۷. روش شناسی پژوهش

روش پژوهش حاضر از نوع کاربردی است. در این پژوهش، با استفاده از مطالعات پیشین شاخص‌های مربوطه از ادبیات موضوعی استخراج و اقدام به شناسایی عوامل مؤثر بر مأموریت اطلاعاتی پهباد شده است. در نهایت شاخص‌های شناسایی شده با استفاده از دیدگاه اندیشمندان و متخصصان نظامی از طریق روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و با استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای چانگ<sup>۱</sup> رتبه‌بندی شده‌اند. در مدل سلسله مراتبی مربوط به این پژوهش سعی شده است که تأثیر هر کدام از عوامل مؤثر بر مأموریت اطلاعاتی پهباد با توجه به زیر شاخص‌های آن‌ها به صورت وزن هر کدام مشخص شود.

سؤال اصلی: اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر عملکرد پهبادها در صحنه نبرد ناهم‌تراز آینده چگونه است؟  
سؤال فرعی اول: اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر مأموریت مراقبت و هدف‌یابی پهبادها چگونه است؟  
سؤال فرعی دوم: اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر مأموریت شناسایی پهبادها چگونه است؟  
سؤال فرعی سوم: اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر مأموریت جمع‌آوری الکترونیکی چگونه است؟



شکل (۱): عوامل مؤثر بر مأموریت‌های اطلاعاتی پهباد [۸]



شکل (۲): روش پژوهش

گرفته است [۱۴].

### • اعداد فازی

منطق فازی مبتنی بر استدلال با مجموعه فازی است. مجموعه فازی توسط ماکس بلک<sup>۱</sup> و علی لطفی‌زاده ارائه گردید. ابتدا در سال ۱۹۳۷ ماکس بلک مقاله‌ای راجع به تجزیه و تحلیل «ابهام» را منتشر کرد. در آن سال مقاله بلک نادیده گرفته شد. در سال ۱۹۶۵ لطفی‌زاده مقاله‌ای تحت عنوان مجموعه فازی منتشر کرد. در این مقاله او از منطق چند مقداری لوکاشویچ<sup>۲</sup> برای مجموعه استفاده کرد. او نام فازی را برای این مجموعه‌ها در نظر گرفت تا مفهوم فازی را از منطق دودویی دور سازد. او واژه فازی را انتخاب کرد تا همچون خاری در چشم علم مدرن فرو رود [۱۵]. منطق فازی در واقع شکل تکامل یافته و عمومی شده منطق کلاسیک هست. در منطق کلاسیک که منطق دو ارزشی است، هر گزاره می‌تواند درست یا نادرست باشد. در حالی که در منطق فازی که منطق چند ارزشی است، ارزش درستی هر گزاره می‌تواند عددی بین صفر و یک باشد. لذا قضاوت تقریبی و نادقیق با به‌کارگیری منطق فازی ممکن می‌شود، در حالی که در نظریه‌ی مجموعه‌های قطعی هر مجموعه با ویژگی مشخص تعریف می‌شود. در این پژوهش از منطق فازی و اعداد مربوط به آن برای بیان مقایسات زوجی بین زیر معیارها و معیارها همان‌طور که در (جدول ۱) آمده است استفاده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد مقیاس‌های فازی مثلثی در مقابل مقیاس‌های فازی مثلثی معکوس قرار دارند. استفاده از این جدول بدین صورت است که اگر عاملی در مقایسه با عامل دیگر یکی از مقادیر زبانی به آن تعلق گیرد، در جدول مقایسات زوجی مقیاس‌های فازی مثلثی مربوطه به آن داده می‌شود [۱۶].

## ۸. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

### • فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی توسط فردی عراقی‌الاصل به نام توماس ساعتی در دهه ۱۹۷۰ پیشنهاد شد. این روش مانند آنچه در مغز انسان انجام می‌شود به تجزیه و تحلیل مسائل می‌پردازد و تصمیم‌گیرندگان را قادر می‌سازد تا تأثیرات متقابل و هم‌زمان بسیاری از وضعیت‌های پیچیده و نامعین را تعیین کنند. این فرایند، تصمیم‌گیرندگان را یاری می‌کند تا اولویت‌ها را بر اساس اهداف، دانش و تجربه خود تنظیم کنند به گونه‌ای که احساسات و قضاوت‌های خود را به‌طور کامل در نظر گیرند. روش تصمیم‌گیری سلسله مراتبی به دلیل امکانات و ویژگی‌های متعدد، یکی از پرکاربردترین روش‌های حل مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) است. در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، ارتباط هر عنصر با سایر عناصر در ساختار رده‌ای و در سطوح مختلف مشخص گردیده و ارتباط هدف اصلی مسئله با پایین‌ترین رده موجود از سلسله مراتب تشکیل شده به‌طور دقیق روشن می‌شود. اولین قدم در این روش تشکیل سطوح و عناصر تصمیم‌گیری است به طوری که هدف تصمیم‌گیری، شاخص‌ها (معیارها) و گزینه‌ها به‌صورت سلسله مراتبی نوشته می‌شوند. سطح اول در واقع همان هدف اصلی است که در بالاترین سطح قرار دارد که و به سطح هدف معروف است که هدف تصمیم‌گیری را مشخص می‌سازد. سطح یا سطوح میانی همان معیارها و شاخص‌هایی است که بعد از سطح هدف قرار می‌گیرد. سطح آخر مربوط به گزینه‌ها است. در این ساختار باید توجه داشت که هر عنصر در هر سطح، فقط به تمام عناصری در سطح پایین‌تر متصل است که به آن مربوط است و به عناصری متصل نیست که به آن عنصر ارتباطی ندارد. علی‌رغم عمومیت و کارایی AHP، اغلب به دلیل در نظر نگرفتن عدم قطعیت و اطمینان در ادراکات و قضاوت‌های ذهنی تصمیم‌گیرندگان، مورد انتقاد قرار

<sup>1</sup> Max Black

<sup>2</sup> Lukashevich

### • فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (FAHP)

عدم اطمینان موجود در قضاوت‌های ترجیحی، عدم اطمینان اولویت‌بندی گزینه‌ها را افزایش می‌دهد و به همان نسبت، تعیین توافق (ثبات منطقی) اولویت‌ها را مشکل می‌سازد [۱۷].

به‌منظور رفع این مشکل مطالعات زیادی از جنبه‌های مختلف انجام شد و در نهایت منجر به ارائه روش AHP فازی شد. AHP فازی برای اجتناب از این مخاطرات عملکردی توسعه یافت تا مسایل سلسله مراتبی دارای ابهام را حل کند. در این روش بر اساس جواب‌هایی که تصمیم‌گیرندگان به سئوالات می‌دهند، مقادیر مثلثی فازی، جایگزین داده‌های مبهم می‌شوند و برای یک سطح خاص سلسله مراتب، ماتریس مقایسات زوجی تشکیل می‌شود. در رویکرد منطق فازی، برای هر مقایسه زوجی، نقطه تقاطع پیدا می‌شود و سپس مقدار عضویت نقطه با وزن آن برابر می‌شود. بعد از تعریف معیارها، یک پرسشنامه تهیه شده تا سطوح اهمیت این معیارها تعیین شود. برای ارزیابی سئوالات، افراد تنها متغیر توصیفی مربوطه را انتخاب می‌کنند، سپس گزینه‌های منتخب، به مقیاس‌های (جدول ۱) (که شامل اعداد فازی مثلثی است) تبدیل می‌شوند [۱۸] و برای انجام محاسبات و تحلیل نتایج، تصمیم داده می‌شوند.

در پژوهش حاضر از دیدگاه FAHP مطابق با روش تجزیه و تحلیل توسعه‌ای چانگ برای ارائه قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان استفاده می‌شود تا عوامل مؤثر بر عملکرد پهبادهای اولویت‌بندی شوند. در این بررسی، مقایسات تصمیم‌گیرنده با واژه‌های زبان‌شناسی توصیف‌شده و با اعداد فازی بیان می‌شود. پرسشنامه‌ها توسط تعدادی از فرماندهان و صاحب‌نظران یگان‌های توپخانه، تعدادی از صاحب‌نظران و خبرگان صنایع هوایی هسا وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح و تعدادی از فرماندهان و صاحب‌نظران یگان پهباد نزاچا پاسخ داده شده است. میانگین این پرسش‌ها، محاسبه و با گرد کردن این اعداد به نزدیک‌ترین مقدار زبان‌شناسی، داده‌های ورودی برای تجزیه و تحلیل AHP فازی تشکیل داده شده است. در ادامه خلاصه‌ی روش تحلیل توسعه‌ای چانگ ارائه می‌شود که منطبق بر اصول فازی به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است. مراحل اجرای روش به‌صورت زیر است:

**مرحله (۱) ترسیم درخت سلسله مراتبی:** ابتدا ساختار سلسله مراتبی تصمیم با استفاده از سطوح هدف، معیار و زیر معیار تشکیل داده می‌شود.

**مرحله (۲) تشکیل ماتریس مقایسات زوجی:** ماتریس‌های توافقی را مطابق با درخت تصمیم و با استفاده از نظرات خبرگان تشکیل داده، نرخ ناسازگاری آن‌ها حساب می‌شود (در این مقاله نرخ ناسازگاری پرسشنامه‌ها با نرم‌افزار Expert choice محاسبه شد و چون از ۰٫۱ کمتر است، می‌توان گفت ماتریس مقایسات از سازگاری برخوردار است).

**مرحله (۳) میانگین حسابی نظرات:** میانگین حسابی نظرات تصمیم‌گیرندگان را محاسبه کرده تا ماتریس زیر حاصل شود.

$$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{M}_{12} & \dots & \tilde{M}_{1n} \\ \tilde{M}_{21} & 1 & \dots & \tilde{M}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{M}_{n1} & \tilde{M}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

میانگین حسابی نظرات تصمیم‌گیرندگان از رابطه (۱) به دست می‌آید.

$$SUM = \sum_{j=1}^n A_{ij}, j=1,2,\dots,n \quad Mean = SUM / n \quad (1)$$

سپس با استفاده از اعداد مثلثی فازی حد بالا و پایین هر ستون ماتریس و معکوس آن به‌دست می‌آید. فرض کنید  $\tilde{A}_{ij} = \{\tilde{M}_{ij}\}$  یک ماتریس میانگین مقایسه زوجی فازی باشد که به‌صورت بالا تعریف می‌شود. آن‌گاه رابطه (۲) برقرار خواهد بود.

$$\tilde{M}_{ij} = 1 / \tilde{M}_{ji} \quad (2)$$

**مرحله (۴) استفاده از روش تحلیل توسعه‌ای (EA) برای بی‌مقیاس کردن:** حال برای حل مدل با روش EA در هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی، ارزش  $S_k$ ‌ها که خود یک عدد فازی مثلثی به‌صورت  $(l_i, m_i, u_i)$  است، مطابق رابطه (۳) محاسبه می‌شود که در آن،  $K$  بیانگر شماره سطر و  $i$  و  $j$  به‌ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها هستند.

$$S_k = \sum_{j=1}^n M_{ij} \otimes \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1} \quad (3)$$

**مرحله (۵) تعیین درجه احتمال بزرگ‌تر بودن:** در این روش، پس از محاسبه  $S_k$ ‌ها درجه بزرگی آن‌ها را نسبت به هم باید به‌دست آورد. به‌طورکلی، اگر  $M_1$  و  $M_2$  دو عدد فازی مثلثی باشند (مطابق جدول (۱))، روابط ۴ و ۵ درجه بزرگی  $M_1$  بر  $M_2$  را نشان می‌دهد.

سلسله‌مراتب فازی بر روی داده‌هایی که از این پرسش‌نامه جمع‌آوری شده است، پس از محاسبات مربوط به فرآیند سلسله مراتبی فازی به صورت جداول (۲) تا (۵) نشان داده شده است.

جدول (۲): وزن معیارهای مؤثر بر مأموریت‌های اطلاعاتی پهباد

ردیف	معیارهای تأثیرگذار بر مأموریت‌های اطلاعاتی پهباد	وزن	رتبه
۱	مراقبت و هدف‌یابی	۰/۲۱۳	۲
۲	شناسایی	۰/۵۹۰	۱
۳	جمع‌آوری الکترونیکی و شنود	۰/۱۹۶	۳

همان‌طور که در جدول (۲) مشخص است، شناسایی با وزنی برابر ۰/۲۹۲ با اهمیت‌ترین معیار مأموریت‌های اطلاعاتی پهباد است. این جدول نشان می‌دهد که متخصصان و تولیدکنندگان پهباد و فرماندهان ارشد باید به معیار شناسایی پهباد توجه بیشتر نسبت به معیارهای دیگر بکنند. به عبارت دیگر تولیدکنندگان و استفاده‌کنندگان از این پهبادها باید بیشترین توجه خود را به شناسایی، کشف هدف و هدایت آتش معطوف کنند تا بیشترین بهره را از این پهبادها ببرند.

جدول (۳): وزن زیر معیارهای مؤثر بر معیار مراقبت و هدف‌یابی

ردیف	معیارهای تأثیرگذار بر مراقبت و هدف‌یابی	وزن	رتبه
۱	قابلیت افزایش مداومت پروازی	۰/۰۱۱	۱۱
۲	آموزش‌های مؤثر بر مهارت‌های کارکنان	۰/۱۱۱	۶
۳	شعاع عملیات	۰/۱۳۰	۴
۴	درجه خودکار بودن پرنده	۰/۱۱۶	۵
۵	نحوه هدایت و ناوبری	۰/۱۳۴	۳
۶	ارتفاع پرواز	۰/۰۱۶	۱۰
۷	پایداری پهباد در پرواز	۰/۲۲۲	۱
۸	بهینه‌سازی عملکرد پروازی	۰/۰۱۷	۹
۹	امنیت پرواز	۰/۰۴۲	۷
۱۰	دسترسی به داده‌ها پیش از درگیری	۰/۱۸۱	۲
۱۱	روحیه کارکنان	۰/۰۱۹	۸

جدول (۱): تابع عضویت متغیرهای زبانی تعیین وزن معیارها [۱۹]

ارجحیت سطر به سطر			ارجحیت سطر به ستون		
عدد فازی معادل			عدد فازی معادل		
متغیر زبانی	متغیر زبانی	متغیر زبانی	متغیر زبانی	متغیر زبانی	متغیر زبانی
اهمیت یکسان	۱	۱	اهمیت یکسان	۱	۱
یکسان تا نسبتاً مهم‌تر	۰/۳۷	۰/۷۵	یکسان تا نسبتاً مهم‌تر	۱/۳۳	۲
نسبتاً مهم‌تر	۰/۲۷	۰/۴۳	نسبتاً مهم‌تر	۲/۳۳	۳
نسبتاً تا بسیار مهم‌تر	۰/۲۱	۰/۳۰	نسبتاً تا بسیار مهم‌تر	۳/۳۳	۴
بسیار مهم‌تر	۰/۱۸	۰/۲۳	بسیار مهم‌تر	۴/۳۳	۵

اگر  $M_1 \geq M_2$  باشد، آنگاه:

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 \\ V(M_1 < M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) \end{cases} \quad (4)$$

در غیر این صورت:

$$hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)} \quad (5)$$

• مرحله ۶) محاسبه وزن شاخص‌ها به صورت بی‌مقیاس شده: برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسات زوجی از رابطه (۶) استفاده می‌شود.

$$W'(X_i) = \min\{V(S_i \geq S_k)\} \quad k=1,2,\dots,n; k \neq i \quad (6)$$

بنابراین، بردار وزن شاخص‌ها طبق رابطه (۷) خواهد بود که همان بردار ضرایب نابهنجار AHP فازی است.

$$W' = [W'(X_1), W'(X_2), \dots, W'(X_n)] \quad (7)$$

بر اساس رابطه  $W_i = \frac{W'_i}{\sum W'_i}$  اوزان به‌هنگار شده شاخص‌ها به‌دست می‌آید [۱۸].

## ۹. جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها

بر اساس مفهوم مأموریت اطلاعاتی پهباد و مروری بر ادبیات مربوط، یک نمودار سلسله مراتبی مأموریت‌های اطلاعاتی پهباد طبق نمودار (۱) به‌دست آمده است. پرسش‌نامه‌ای با فرمت مرسوم AHP (مقایسه زوجی) بر اساس سلسله‌مراتب مذکور تهیه گردید. ۳۰ پرسش‌نامه بین تعدادی از فرماندهان و صاحب‌نظران یگان‌های توپخانه، تعدادی از صاحب‌نظران و خیرگان صنایع هوایی هسا، وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح و تعدادی از فرماندهان و صاحب‌نظران یگان پهباد نازجا توزیع شد. نرخ بازگشت پرسش‌نامه ۲۰ عدد بوده است. نتایج حاصل از محاسبات

**جدول (۵):** وزن زیر معیارهای مؤثر بر معیار جمع‌آوری الکترونیکی  
شوند

ردیف	معیارهای تأثیرگذار بر معیار جمع‌آوری الکترونیکی شوند	وزن	رتبه
۱	پنهان‌کاری (رادار گریزی)	۰/۲۳۱	۱
۲	مهارت در برقراری ارتباط و مخابرات امن	۰/۲۱۲	۲
۳	ارتباطات طیف گسترده	۰/۰۱۵	۹
۴	زمان حضور در موقعیت موردنظر (هدایت و کنترل)	۰/۱۵۴	۳
۵	پرواز در فضای اشباع‌شده سیگنالی	۰/۱۱۷	۵
۶	قابلیت قطع و برقراری ارتباط در منطقه مأموریت	۰/۱۴۵	۴
۷	Fail های پروازی	۰/۰۴۷	۷
۸	انعطاف‌پذیری در توسعه سیستم‌های الکترونیکی	۰/۰۲۰	۸
۹	زمان پاسخ‌دهی سامانه به فرامین ارسالی	۰/۰۵۸	۶

همان‌طور که در جدول (۵) مشخص است زیر معیار پنهان‌کاری یا همان رادار گریزی با وزنی برابر ۰/۲۳۱ بیش‌ترین تأثیر را بر معیار جمع‌آوری الکترونیکی شوند در مأموریت‌های اطلاعاتی پهباد ایفا می‌کند. زیر معیارهای مهارت در برقراری ارتباط و مخابرات امن، زمان حضور در موقعیت موردنظر (هدایت و کنترل) و معیارهایی که در جدول فوق مشخص شده‌اند به ترتیب بر معیار جمع‌آوری الکترونیکی شوند پهبادهای اطلاعاتی تأثیرگذار هستند.

در شکل (۳) ترتیب و رتبه‌بندی معیارهای هر سطح و همچنین وزن هر معیار و زیر معیار به‌خوبی مشخص است. در این نمودار مشخص است که معیار شناسایی با وزن ۰/۲۹۲ مهم‌ترین معیار در سطح اول و به‌عبارتی‌دیگر در سطح معیارهای اصلی است. همچنین زیر معیار قابلیت دوربین‌ها با وزنی برابر ۰/۲۰۶ مهم‌ترین زیر شاخص در این معیار اصلی است همچنین در این نمودار مشخص است که زیر شاخص پایداری پهباد در پرواز با وزنی برابر ۰/۲۲۲ مهم‌ترین زیر شاخص تأثیرگذار بر شاخص مراقبت و هدف‌یابی و زیر شاخص پنهان‌کاری (رادار گریزی) با وزنی برابر ۰/۲۳۱ تأثیرگذارترین زیر شاخص جمع‌آوری الکترونیکی شوند خواهد بود.

همان‌طور که در جدول (۳) مشخص است زیر شاخص پایداری پهباد در پرواز با وزنی برابر ۰/۲۲۲ مهم‌ترین زیر شاخص مربوط به شاخص مراقبت و هدف‌یابی شناخته می‌شود. پس از پایداری، شاخص‌های دسترسی به داده‌ها و نحوه هدایت و ناوبری و زیر معیارهایی که در جدول فوق نشان داده شده‌اند رتبه‌های بعدی تأثیر بر شاخص مراقبت و هدف‌یابی را در مأموریت‌های اطلاعاتی پهباد دارا هستند.

**جدول (۴):** وزن زیر معیارهای مؤثر بر معیار شناسایی

ردیف	معیارهای تأثیرگذار بر شناسایی	وزن	تعداد
۱	وزن محموله شناسایی	۰/۰۰۴	۱۱
۲	شرایط اقلیمی	۰/۰۵۴	۷
۳	میزان اطلاعات ارسالی	۰/۱۲۸	۴
۴	مأموریت (خواست فرمانده)	۰/۰۲۴	۸
۵	قابلیت ثبت داده‌ها در ایستگاه کنترل زمینی و پهباد	۰/۱۳۲	۳
۶	بازه زمانی تفسیر داده‌ها	۰/۱۲۸	۵
۷	زمان آماده‌سازی	۰/۰۱۸	۱۰
۸	ارزش هدف	۰/۰۲۳	۹
۹	میزان استفاده از حسگرهای چندمنظوره (سنسور)	۰/۱۷۷	۲
۱۰	قابلیت دوربین‌ها (میدان تحت پوشش، دید در شب، عادی، مادون‌قرمز)	۰/۲۰۶	۱
۱۱	تبادل اطلاعات با پرنده‌های باسنشین	۰/۰۰۰۱	۱۲
۱۲	ارتباطات ماهواره‌ای	۰/۱۰۶	۶

همان‌طور که در جدول (۴) مشخص است قابلیت دوربین‌ها از نظر میدان تحت پوشش، دید در شب، دید در روز و قابلیت مادون‌قرمز بیش‌ترین تأثیر را در مأموریت شناسایی پهبادهای اطلاعاتی دارد. زیر معیارهای میزان استفاده از حسگرها، قابلیت ثبت داده‌ها در ایستگاه کنترل زمینی و پهباد و زیر معیارهایی که در جدول فوق نشان داده شده‌اند به ترتیب بر معیار مأموریت شناسایی تأثیر دارند.





شکل (۳): اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر مأموریت‌های اطلاعاتی پهپاد

## ۱۰. نتیجه‌گیری و پیشنهادات

سخت‌افزاری دوربین‌های متصل به این پهپادها جایگاه بسیار بالایی در آینده خواهد داشت. همچنین مبحث رادار گریزی نیز می‌تواند پهپادها را از چشم یگان‌های توپخانه دشمن مصون کرده و در افزایش اطلاعات ارسالی و پایداری پهپاد در پرواز تأثیر چشم‌گیری داشته باشد. همچنین تمرکز بر مبحث رادار گریزی پهپادها می‌تواند کشورمان را نیز در امر شناسایی پهپادهایی دشمن و کشف سیگنال‌های پهپادهای رادار گریز دشمن توانمندتر و قدرتمندتر کند. علاوه بر آن باید بیان کرد شناسایی، کشف هدف و هدایت آتش از مهم‌ترین مأموریت‌های هواپیمای بدون سرنشین است که با استفاده از انواع دوربین‌های تصویربرداری و حسگرهای متنوع در شب و روز صورت می‌گیرند.

## ۵. مراجع

- Henderson, Ian, Cavanagh, and Bryan, "Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): Do They Pose Legal," Asia Pacific Centre for Military Law and Royal Australian Air Force, p. 22, P. 2, 2013.
- D. Kilcullen and E. Andrew McDonald, "Death From Above, Outrage down Below," N. Y. TIMES, Mar, p. 17, p. 5, 2009.
- O'Connell and M. Ellen, "Unlawful Killing with Combat Drones, A Case Study of Pakistan, 2004-2009," Notre Dame Law School Legal Studies Research, p.11, 2010.
- I. Henderson, "International Law Concerning the Status and Marking of Remotely Piloted Aircraft," Denver Journal of International Law and Policy, vol. 39, no. 4, 2011.
- Y. Ziyaei and A. Mohamadi Motlag, "The arrival of Spy UAVs to Iranian airspace from the perspective of international law," Strategic Studies Quarterly, vol. 18, no. 1, 2015. (In persian)
- H. Sahami and A. Ramezani, "UAVs path Optimization For maximum coverage in preparing images," Passive Defense Journal, vol. 9, no. 3, pp. 1-10, 2018. (In persian)
- N. Kaviyani, H. Mahmoodi, and M. Abdolahi, "Investigating the Legal Dimensions of UAVs in the Fight against Terrorism in International Law," Tehran: Master thesis, International Law Tendency, 2014. (In persian)
- H. Shokouhi and A. Hemat Andalibi, "Desired UAV indicators Heterogeneous battle scene To execute intelligence missions," Military Management Quarterly, vol. 12, no. 46, 2012. (In persian)
- S. Wezeman, "UAVs and UCAVs: Developments in the European Union," Available at: [http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies/download.do?file=19483\\_p:5g\\_2007](http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies/download.do?file=19483_p:5g_2007).
- Bina, "Deputy of Information The aerospace of the Revolutionary Guards, UAV missions," UAV Magazine, 2009. (In persian)
- J. Raei, "Redesigning Pattern of Logistics and Support System of in asymmetric War, with an emphasis on

هواپیماهای بدون سرنشین از جمله تجهیزات پیشرفته عصر حاضرند که در جنگ‌های آینده جایگاه ویژه‌ای خواهند داشت. بنابراین نیازمند پهپادهای اطلاعاتی باقابلیت‌های متناسب با انواع مأموریت‌های اطلاعاتی (شناسایی، مراقبت و هدف‌یابی، جمع‌آوری الکترونیکی (شنود)) هستیم. تا جایی که با استفاده از این پهپادها بتوانیم اطلاعات جامعی از حرکات و وضعیت‌های مواضع حساس دشمن پیدا کرده تا توانسته شود این مواضع را از بین برد. از این‌رو در این مطالعه با بررسی و مطالعه پهپاد، انواع آن و مأموریت‌های اطلاعاتی پهپاد سعی شد که علاوه بر آشنایی با پهپادها و همچنین یگان‌های توپخانه، به بررسی عوامل مؤثر بر مأموریت‌های اطلاعاتی پهپادها و اولویت‌بندی این عوامل به پیشرفت ساخت و به‌کارگیری پهپادها توسط سازندگان و استفاده‌کنندگان از این پرنده‌های بدون سرنشین کمک کرده و درک نسبی از این مفاهیم در ذهن خوانندگان ایجاد شود. به این منظور با مطالعه پژوهش‌های پیشین و با استفاده از نظرات خبرگان تعدادی عامل اثرگذار بر مأموریت اطلاعاتی پهپادها شناسایی و با استفاده از نظرات فرماندهان و خبرگان درگیر و مطلع از ویژگی‌های پهپاد و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی این عوامل وزن دهی و رتبه‌بندی شده‌اند.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که از میان مأموریت‌های شناسایی، مراقبت و هدف‌یابی و جمع‌آوری الکترونیکی شنود، معیار شناسایی که بیان‌کننده قدرت شناسایی، کشف هدف و هدایت آتش توسط پهپاد است، بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد پهپادهای اطلاعاتی دارد. همچنین در این شاخص زیر معیار قابلیت‌های دوربین متصل به پهپاد از قبیل قابلیت دید در شب، فناوری مادون‌قرمز و میدان تحت پوشش دوربین مهم‌ترین زیر معیار تأثیرگذار بر مأموریت شناسایی پهپادهای اطلاعاتی می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که زیر معیار رادار گریزی مهم‌ترین زیر معیار تأثیرگذار بر معیار مأموریت جمع‌آوری الکترونیکی شنود پهپاد و زیر معیار پایداری پهپاد در پرواز مهم‌ترین زیر معیار تأثیرگذار بر مأموریت مراقبت و هدف‌یابی پهپاد می‌باشند. به عبارتی دیگر نتایج این پژوهش نمایان‌گر این موضوع است که در جنگ‌های ناهم‌تراز آینده و برای طراحی پهپادهای پیشرفته و برای پیروزی در این جنگ‌ها و همچنین دفاع از تمامیت ارضی کشورمان در مقابله با ورود این‌گونه پهپادها به داخل کشورمان باید بیش‌ترین توجه سازندگان و استفاده‌کنندگان از این نوع پهپادها در مأموریت شناسایی پهپادها متمرکز شود تا بتوان بیش‌ازپیش از این پهپادها در جنگ‌های ناهم‌تراز آینده استفاده کرد. به این منظور افزایش قابلیت

16. A. Peykam, H. Shahbandarzadeh, and A. Raghizadeh, "Introducing a framework for measuring the performance of food supply chain by an integrated BSC and FAHP approach," *Journal of Industrial Management Faculty of Humanities Islamic Azad University, Sanadaj Branch*, vol. 9, no. 28, pp. 13-28, 2014. (In Persian)
17. L. C. Leung and D. Chao, "On Consistency and Ranking of Alternatives in Fuzzy AHP," *European Journal of Operational Research*, vol. 124, pp. 102-113, 2000.
18. D. Y. Chang, "Applications of The Extent Analysis Method on Fuzzy-AHP," *European Journal of Operational Research*, vol. 95, pp. 649-655, 1996.
19. V. Host and M. Knie-Andersen, "Modeling Customer Satisfaction in Mortgage Credit Companies," *International Journal of Bank Marketing*, p. 22, no. 1, pp. 26-39, 2004.
- Logistics Continuity," *Military Management Quarterly*, vol. 14, no. 56, pp. 78-113, 2014. (In Persian)
12. M. Amini and V. VahidiMotlagh, "The pattern of modern wars," Tehran: Defense Science and Technology Future Research Center, 2008. (In Persian)
13. A. Ghasemi and H. Babaei, "Features of heterogeneous warfare (with confirmation of the future battle scene)," *Strategic Information Monthly*, vol. 65, pp. 51-61, 2009. (In Persian)
14. A. Peykam and Kh. Salimifard, "Introducing a framework for studying inter-organizational factors affecting the security of information systems by using FAHP," *Quarterly Journal of BI Management Studies*, vol. 4, no. 16, 2016. (In Persian)
15. A. Azar and H. Faraji, "Fuzzy management philosophy," 2008. (In Persian)

---

## Prioritize Factors Affecting the Operation of UAVs on Future Heterogeneous Wars by Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process

A. Paikam, H. Shahbandarzade\*

### Abstract

New developments in the field of science, technology, politics, and military have caused the attention of various countries to the field of new war and In particular, the development of new factors and methods of attack on the underlying targets to damage them. In this context, UAVs with regard to their kind, facilities, and equipment are able to perform a variety of intelligence missions including identification, surveillance and targeting and electronic intelligence by priority optimal use of facilities, especially human resources. In other words, UAVs are among the advanced equipment of current era that will have a special place in future wars that will be asymmetric and heterogeneous. Hence, in this article we have tried to comprehensive introduction of UAVs, Identification of influential indicators on UAV intelligence missions. In this way, we weighted and prioritized the indicators using the opinions of military experts and Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) method. The results of the present study indicates the identification Criterion is the most Influential criterion in promoting the UAVs mission and visibility UAV cameras is the most important sub-criteria affecting on identification criteria on information UAVs in the future asymmetric wars.

**Key Words:** *UAV, Mission information, War Heterogeneous, Fuzzy Analytical Hierarchy*

---

\* Persian Gulf University, Bushehr, Iran (shahbandarzadeh@pgu.ac.ir)- Writer-in-Charge