

## تدوین راهبرد ارتقای تاب آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک

فرهاد فرنیا<sup>1\*</sup>، محمدرضا موحدی صفت<sup>2</sup>، وحید کریمی<sup>3</sup>، سید رضا زاهدی<sup>4</sup>

تاریخ پذیرش: 1401/05/20

تاریخ دریافت: 1401/02/21

### چکیده

با ارتقای تکنیک‌های جنگ الکترونیک در عملیات‌های نظامی بویژه در حوزه پدافند هوایی، تاب‌آوری سامانه‌های راداری در برابر انواع حملات جنگ الکترونیکی در صحنه نبرد می‌تواند نقش بسزایی در توازن قوا و تعیین پیروز میدان داشته باشد. تحقیق حاضر با هدف طراحی و تدوین راهبردهای ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک انجام شده و از نوع کاربردی-توسعه‌ای می‌باشد. نمونه آماری پژوهش 31 نفر از صاحب نظران و اساتید حوزه‌های رادار و جنگ الکترونیک هستند. گردآوری داده‌ها از طریق منابع کتابخانه‌ای و پرسشنامه می‌باشد. پرسشنامه در سه مرحله تنظیم گردیده و شامل تعیین مؤلفه‌ها و شاخصه‌ها، رتبه بندی نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدهای ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک است که روایی آن توسط چند نفر از خبرگان تأیید و پایایی آن با روش آلفای کرونباخ (0/82) حاصل شده است. داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی تجزیه و تحلیل گردیده و هر یک از عوامل داخلی و خارجی احصا گردیده است. وضعیت میزان تاب‌آوری سامانه‌های راداری WT تعیین شده و متناسب با آن چهار راهبرد اصلی برای تدوین برنامه راهبردی ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک شناسایی و اولویت بندی شده است.

واژگان کلیدی: تاب‌آوری، رادار، جنگ الکترونیک.

- 1- دانشجوی دکترا، مدیریت راهبردی فضای سایبری، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) fa.farnia99@sndu.ac.ir
- 2- استادیار، دانشکده امنیت ملی، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران movahedi@sndu.ac.ir
- 3- دکترای مدیریت دفاعی، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران Karimi.V053@gmail.com
- 4- کارشناس ارشد مدیریت دفاعی، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران Srz.rezazahedi@gmail.com

## 1. کلیات

پدافند هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران به عنوان خط مقدم دفاع از حیثیت و موجودیت کشور (برابر فرمایش فرماندهی محترم کل قوا و مقام معظم رهبری حضرت آیت الله العظماء خامنه ای عزیز<sup>1</sup>) همواره از اهمیت بالا و تأثیرگذاری برخوردار می‌باشد. عملکرد درست و صحیح سنسورهای راداری در صحنه نبرد به عنوان چشم‌های همیشه بیدار، نقش بسزایی در شناسایی تهدید و اقدام متناسب با آن دارند. با بررسی جنگ‌های دهه‌های اخیر بویژه جنگ ارمنستان و قره باغ، استفاده از فناوری‌های جدید بویژه جنگ الکترونیک به عنوان عامل تعیین کننده پیروز میدان بسیار محسوس است. لذا ضروری است نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران به ویژه نیروی پدافند هوایی ارتش، توجه ویژه‌ای به عملیات جنگ الکترونیک و نحوه مقابله با آن در میدان نبرد مبذول دارد.

با بررسی نبردهای اخیر، استفاده گسترده از سامانه‌های جنگ الکترونیک جهت اختلال در عملکرد و یا غیر موثر نمودن عملکرد انواع سامانه‌های مخابراتی - الکترونیکی بویژه از سوی کشورهای توسعه یافته مشاهده می‌گردد، در این میان پدافند هوایی به عنوان یکی از اولویت‌های درگیری در صحنه نبرد باید قادر باشد علاوه بر شناسایی عوامل اختلالی در سامانه‌های راداری و هدایت گر موشک، بالاترین بهره‌روی را داشته باشد. انجام این مهم بدون شناخت میزان تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک میسر نیست [1].

مطالعه اسناد دفاعی آمریکا و نحوه عمل آن در عملیات‌های دو دهه اخیر، نشان می‌دهد که در گام نخست سامانه‌های جنگ الکترونیک دشمن نسبت به اختلال عملکرد و یا کاهش موثر برد سامانه‌های راداری اقدام و ضمن ایجاد اهداف کاذب و هدر دادن موشک‌های زمین به‌وای کشور مورد تهاجم، با شناسایی سکوه‌های پرتاب موشک، نسبت به از بین بردن آنها اقدام و در گام دوم با هواپیماهای بمب افکن و موشک‌های هوشمند، مراکز حساس و حیاتی کشور را مورد هدف قرارداده

و با کمترین خسارت، پیروزی قاطع را در کمترین زمان بوجود می‌آورند [2].

مسئله اصلی در این تحقیق تطبیق تاب‌آوری سامانه‌های راداری در مقابل حملات جنگ الکترونیک دشمن می‌باشد. هدف از این تحقیق تدوین راهبردهای مناسب جهت ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری پدافند هوایی در محیط جنگ الکترونیک است. تدوین این راهبردها عملاً گام‌های حرکت نیروهای مسلح در جهت ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری پدافند هوایی را در برابر حملات جنگ الکترونیک دشمن در محیط عملیاتی بوجود آورده و بستری برای تمرکز تلاش‌ها و فعالیت‌ها و ارائه راهکارهای مربوطه ایجاد می‌کند. استفاده از سامانه‌های راداری با قابلیت تاب‌آوری محدود در برابر حملات جنگ الکترونیک علی‌رغم برخورداری از مشخصات فنی بالا در حوزه کشف و رهگیری در صحنه نبرد موجب بی‌اثر شدن قابلیت‌های موثر این سامانه‌های در برابر تکنیک‌های جنگ الکترونیک دشمن گردیده و ضمن برهم زدن توازن قوا در میدان، مزیت‌های عملیاتی را برای دشمن ارتقا می‌دهد.

### 1-1. اهمیت و ضرورت موضوع تحقیق

با انجام این تحقیق، نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدات سامانه‌های راداری جهت انجام عملیات در محیط جنگ الکترونیک شناسایی می‌شود؛ مؤلفه‌ها، شاخصه‌ها و راهبردهای ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک شناسایی و راهبردهای اولویت‌دار تعیین خواهند شد.

عدم انجام پژوهش مذکور، موجب عدم شناخت موقعیت راهبردی حال حاضر تاب‌آوری سامانه‌های پدافند هوایی در محیط جنگ الکترونیک گردیده و به تبع آن نوع راهبرد های مورد نیاز جهت رسیدن از وضعیت موجود به وضعیت مطلوب مشخص نخواهد بود. با عدم شناسایی موقعیت راهبردی در این حوزه، شکست در عملیات رزمی افزایش قابل توجهی خواهد

1- دیدار فرماندهان و مسئولان قرارگاه پدافند هوایی حضرت خاتم الانبیاء (ص) آجا در

داشت و ممکن است اصل غافل‌گیری در این حوزه به وقوع بپیوندد. عدم تعیین راهبرد جهت خروج از شرایط موجود و حرکت در جهت وضعیت افزایش و بهبود تاب‌آوری سامانه‌های رادار متناسب با تهدیدات، فناوری موجود، زمان و ... از دیگر ضرورت‌های انجام این تحقیق می‌باشد.

علاوه بر موارد بیان شده بالا، انجام این تحقیق می‌تواند کمک موثری در شناخت نقاط آسیب‌پذیری سامانه‌های رادار در برابر عملیات جنگ الکترونیک ایجاد نموده و خلأهای پژوهشی موجود چه از لحاظ فنی و چه از لحاظ راهبردی را مشخص نماید.

## 1-2. پرسش تحقیق

راهبردهای ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک کدام است؟

## 1-3. هدف تحقیق

هدف این تحقیق تدوین راهبرد های ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک می‌باشد.

## 1-4. پیشینه تحقیق

تحقیقات انجام شده پیرامون موضوع تحقیق را می‌توان در قالب چند حوزه دسته‌بندی نمود. حوزه اول کتاب‌های منتشر شده علمی داخلی و ترجمه متون خارجی معتبر می‌باشند که به تعاریف علمی رادار، انواع روش‌های جنگ الکترونیک و اثر آنها بر عملکرد سیستم‌های راداری و همچنین روش‌های مقابله با حملات جنگ الکترونیک پرداخته‌اند. کتاب‌های اصول جنگ الکترونیک، مقدمه‌ای بر جنگ الکترونیک، پدافند و آفند الکترونیک، پشتیبانی الکترونیک و کتاب مقدمه‌ای بر سامانه‌های دفاع الکترونیک منابعی هستند که اصول، مفاهیم و روش‌های جنگ الکترونیک را به تفصیل بیان می‌نمایند. کتاب تاریخ شفاهی دفاع مقدس به روایت علی اسحاقی در حوزه جنگ الکترونیک درباره تجربیات استفاده از جنگ الکترونیک در دفاع مقدس می‌باشد که نگارنده از مصاحبه با مسئول واحد جنگ الکترونیک سپاه پاسداران انقلاب اسلامی جمع‌آوری و نگارش نموده است [3-6].

حوزه دوم مقالات ارائه شده در مجلات علمی - پژوهشی و کنفرانس‌های علمی معتبر داخلی می‌باشند که مباحث تاب‌آوری را در شاخه نظامی از منظرهای مختلف مانند شبکه فرماندهی و کنترل، سامانه آماد رزمی<sup>1</sup> و ... مورد بررسی قرار داده و رویکردهای بعضاً پدافند غیرعامل را پیگیری می‌نمایند. بهزاد غفاری در مقاله‌ای تحت عنوان "تبیین نقش فرماندهی و کنترل در برتر سازی و ارتقای توان رزمی پدافند هوایی" به شناسایی و تبیین مهمترین مؤلفه‌های تأثیرگذار بعد برترساز همچنین نقش فرماندهی و کنترل در ارتقای توان رزمی پدافند هوایی می‌پردازد [7]. محمد سپهری در مقاله‌ای تحت عنوان "مناسب‌ترین راهبردهای پدافند غیرعامل سامانه‌های ارتباطی شبکه فرماندهی و کنترل در برابر تهدیدهای شنود الکترونیکی توسط حساسه‌های اطلاعات ارتباطی دشمن"، از پدافند غیرعامل ارتباطی برای افزایش بازدارندگی، کاهش آسیب‌پذیری، تداوم فعالیت‌های ضروری، ارتقای پایداری ملی و غیره استفاده نموده و راهبردهایی را جهت ارتقای تاب‌آوری شبکه کنترل و فرماندهی پدافند هوایی که مشتمل بر سامانه‌های راداری نیز می‌باشد، استخراج می‌نماید [8].

اردشیر محمدی و همکارانش در مقاله‌ای تحت عنوان "تحلیل پایداری شبکه فرماندهی و کنترل پدافند هوایی و ارائه راهکار مناسب برای ارتقای میزان پایداری"، میزان دوام، استقامت و بقای سامانه فرماندهی و کنترل پدافند هوایی را در عرصه نبرد در برابر سه عامل اصابت‌پذیری، آسیب‌پذیری و برگشت‌پذیری مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیده است که عدم تمرکز در فرماندهی و کنترل و اجرا روش مناسب و بهینه می‌باشد [9]. شهرآئینی و فرنیا در مقاله‌ای تحت عنوان "تدوین راهبردهای پدافند غیرعامل در حوزه رادار متناسب با تهدید ناهمطراز"، به بررسی ویژگی‌های پدافند غیرعامل در حوزه ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های پدافند هوایی پرداخته و راهبردهایی متناسب با تهدید ناهمطراز جهت تاب‌آوری سامانه‌های راداری ارائه نموده‌اند [10]. باقری منش و همکاران در مقاله‌ای تحت عنوان "ارزیابی وضعیت تاب‌آوری سیستم‌های آمادی دفاعی (مطالعه مورد فرماندهی آماد و

<sup>1</sup> - Combat logistics

جدول شماره 1: مشخصات جامعه آماری از لحاظ تخصص

ردیف	مشخصات اعضای جامعه نمونه آماری	تعداد
1	خبرگان عملیاتی رادار	6
2	خبرگان فنی رادار	7
3	خبرگان فنی - عملیاتی جنگ الکترونیک	2
4	اساتید دانشگاه و مراکز پژوهشی	6
جمع		21

### 1-5-1. تعیین حجم نمونه

با استفاده از فرمول کوکوران حجم نمونه 28,75 محاسبه گردیده که با توجه به عدم تفاوت عمده با جامعه آماری (حجم نمونه زیر 100 نفر)، حجم نمونه را تمام شمار در نظر می‌گیریم.

### 2-5-1. روش گردآوری اطلاعات

روش گردآوری اطلاعات بصورت کتابخانه‌ای و میدانی (مصاحبه و تنظیم پرسشنامه) می‌باشد. نقشه راه انجام تحقیق در شکل 1 نشان داده شده است.



شکل 1: بلوک دیاگرام روش انجام تحقیق

## 2. ادبیات و مبانی نظری تحقیق

### 2-1. مفاهیم و تعاریف

راهبرد: به معنی تعیین اهداف و طرح نمودن برنامه‌ای برای رسیدن به آنها است. به بیان دیگر راهبرد طرح دراز مدتی است که برای نیل به یک هدف بلند مدت مشخص طراحی و تبیین می‌گردد [13].

تاب‌آوری: براساس تعریف دولت آمریکا، تاب‌آوری برای سیستم‌های زیرساختی عبارت است از توانایی سیستم‌ها، زیرساخت‌ها، دولت، کسب‌وکار، جوامع و افراد برای مقاومت، تحمل، جذب، بازیابی، آماده‌سازی یا سازگاری با یک حادثه ناگوار که مانع از آسیب، نابودی یا از دست رفتن موارد مهم ملی شود [14].

پشتیبانی یک یگان نظامی)، به بررسی تاب‌آوری زنجیره تامین و اثر آن بر توسعه قابلیت انطباق‌پذیری بمنظور آمادگی در برابر حوادث غیر قابل پیش‌بینی و همچنین پاسخگویی در برابر اختلالات و بازیابی از آن‌ها پرداخته است [11]. شیخی‌وند و هم‌کارانش در مقاله‌ای تحت عنوان "بررسی ب‌م‌ب‌های الکترومغناطیسی (EMP) بر سامانه‌های الکترونیکی و ارائه راهکارهای مقابله با آن"، بر حوزه‌های پدافند غیرعامل از نقطه نظر الکترونیکی، الکترونیکی و مخابراتی پرداخته و راهکارهایی را ارائه نموده است [12].

با توجه به جمیع موارد بالا، تاکنون پژوهشی در حوزه رادار و جنگ الکترونیک با رویکرد جامع شامل روش‌های فنی، پدافند غیرعامل و ... و متناسب با ویژگی‌های بومی و شرایط فعلی کشور مورد بررسی قرار نگرفته است.

### 5-1. روش شناسی تحقیق

این پژوهش از نوع کاربردی - توسعه‌ای و روش آن آمیخته می‌باشد. پس از بیان مسئله و معرفی روش‌ها و نحوه عملیات جنگ الکترونیک و مبانی نظری مرتبط با موضوع، از طریق مطالعه کتابخانه‌ای و مصاحبه با متخصصین و کارشناسان ارشد، مؤلفه‌ها و شاخصه‌های مرتبط با تدوین راهبردها تعیین و مبتنی بر تحلیل SWOT راهبردها استخراج و متناسب با آن راهکارهای تحقیق ارائه می‌شوند.

جامعه آماری این پژوهش شامل متخصصین و صاحب نظران عملیاتی و جنگ الکترونیک پدافند هوایی، دانشگاه‌ها و مراکز علمی پژوهشی در حوزه رادار و جنگ الکترونیک می‌باشند که براساس نوع تخصص و تجربه کاری نسبت به انتخاب آنها اقدام شده است و توزیع آنها برابر جدول (1) است. لازم بذکر است بمنظور تأیید و روایی اسناد و مدارک و همچنین استخراج و اولویت‌بندی راهبردها، از نظرات گروهی به عنوان گروه مشاورین راهبردی متشکل از 5 نفر از فرماندهان عالی رتبه نظامی در سطح ارتش و سپاه و دارای مدرک دکترا استفاده می‌شود.

جنگ الکترونیک قرار می‌گرفته‌اند، قادر بودند تا حدودی تهدیدات دشمن را خنثی کنند. در کنار این گام، متخصصین الکترونیک روش‌هایی را پایه‌ریزی کردند که سلاح‌ها بتوانند همزمان که دشمن سعی در گمراه کرده آن دارند به خوبی وظایف خود را انجام دهند.

همزمان با گسترش این دو شاخه و همچنین پیشرفت‌های شگفت در رادار متخصصین متوجه شدند که اگر بتوان به نوعی اطلاعات مخابراتی و راداری دشمن را به دست آورد، پیش‌بینی‌ها و آمادگی‌های لازم بهتر صورت می‌گیرد. بنابراین جنگ الکترونیک در سه شاخه با سرعت چشم‌گیری شروع به رشد کرد. این شاخه‌ها عبارت‌اند از:

اقدامات ضد الکترونیک ( $ECM^2$ ) یا آفند الکترونیک: هدف این بخش از جنگ الکترونیک از کار انداختن سیستم‌های راداری و مخابراتی دشمن است.

اقدامات ضد ضد الکترونیک ( $ECCM$ ) یا پدافند الکترونیک: هدف از این شاخه مقاومت کردن رادارها و سیستم‌های مخابراتی خودی در برابر اقدامات ضد الکترونیک دشمن است.

اقدامات پشتیبانی الکترونیک ( $ESM^3$ ): در این شاخه هدف کشف اطلاعات راداری و مخابراتی دشمن حین مدت جنگ است.

در ادامه شاخه‌ی مشابه به اقدامات پشتیبانی نیز به وجود آمد. این شاخه جاسوسی سیگنالی ( $SIGINT^4$ ) خوانده می‌شود. خود جاسوسی سیگنالی دو بخش عمده دارد که شامل جاسوسی مخابراتی ( $COMINT^5$ ) و جاسوسی الکترونیک ( $ELINT^6$ ) می‌شود.

با گذر زمان متخصصین جنگ الکترونیک به این نتیجه رسیدند که باید سلاح‌های هدایت شونده را نیز در شمار تسلیحات جنگ الکترونیک به حساب آورند. در نتیجه تقسیم‌بندی زیر از طرف ناتو ( $NATO^7$ ) پذیرفته شد.

رادارنیک دستگاه رادیویی است که برای مشاهده، تشخیص یا آشکارسازی اجسام و نیز اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های آنها به کمک موج‌های رادیویی به کار می‌رود [15].

پدافند هوایی: کلیه اعمال و اقداماتی که به منظور انهدام، خنثی کردن و یا تقلیل اثرات عملیات هواپیماها، موشک‌های بالستیک و سایر انواع موشک‌های هوایی دشمن در هوا انجام می‌گیرد و شامل پدافند هوایی عامل و غیرعامل می‌باشد. پدافند هوایی شامل 5 مرحله کشف، شناسایی، رهگیری، درگیری و انهدام است [14].

جنگ الکترونیک: هر عملی شامل استفاده از طیف الکترومغناطیسی، طیف انرژی هدایت شده برای کنترل طیف، حمله به دشمن یا جلوگیری از حمله دشمن است. هدف از جنگ الکترونیک انکار مزیت حریف و اطمینان از دسترسی دوستانه و بدون مانع طیف الکترومغناطیس است [16].

اقدامات ضد الکترونیک: اقدامات ضد الکترونیک ( $ECCM^1$ ) که عملیاتی که ما را برای استفاده از طیف الکترومغناطیسی در مقابل جنگ الکترونیک دشمن توانمند می‌سازد، ECCM نامیده می‌شود [14].

جنگ الکترونیک و روش‌های آن: امروزه سامانه‌های الکترونیک نقش کاملاً تعیین کننده‌ای در سرنوشت نبردها دارند. اولین گام این فناوری در دنیای نظامی به زمان پیدایش رادار و کشف اشیاء در دور دست برمی‌گردد. دومین گام موقعیت‌یابی اهداف بود. کم‌کم دقت رادارها در تخمین پارامترهای اشیاء بهبود یافت. گام نهایی و مهملک‌ترین گام، ترکیب این فناوری با سلاح و به وجود آمدن سلاح‌های هدایت شونده بود. احتمال نابودی هدف که توسط سلاح‌های هدایت شونده تهدید می‌شوند، بسیار به یک نزدیک است.

کارآیی سامانه‌هایی که بتوانند در برابر تهدیدات راداری دشمن مقاومت کند به سرعت مورد توجه نیروهای نظامی قرار گرفت. این سیستم‌های جدید که در گروه سیستم‌های

4 - Signal Intelligence (SIGINT)

5 - Communication Intelligence (COMINT)

6 - Electron Intelligence (ELINT)

7 - North Atlantic Treaty Organization (NATO)

1 - Electronic Counter-Counter Measurement

2 - Electronic Counter Measures (ECM)

3 - Electronic Support Measures (ESM)

تدوین راهبرد ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط.....

رادارهای دشمن را از کار انداخته تا جنگنده‌های خودی در محیطی امن پرواز کنند.

روش دیگر استفاده از اخلا لگر، اسکورت یک جنگنده با اخلا لگری روی هواپیمای دیگر است (EJ<sup>10</sup>). این روش کلیدی مانند SOJ دارد، با این تفاوت که اخلا لگر نیز وارد ناحیه درگیری می‌شود. در مأموریت‌های EJ می‌توان از هر دو روش اختلال فریب یا نویزی استفاده کرد، اما در اختلال از راه دور تنها می‌توان اختلال نویزی را به کار گرفت [4].

به موازات پیشرفت تکنیک‌های حمله جنگ الکترونیک، تکنیک‌های محافظت الکترونیک نیز توسعه پیدا نمود. لازم بذکر است تکنیک‌های محافظت الکترونیک شامل تکنیک‌های حمله الکترونیک ضد رادارها و سیستم‌های هدایت شونده راداری و ارتباطی دشمن نیز می‌شود. کنار این دسته، بعضی از مقدرات راداری وجود دارند که بصورت درون سامانه ای (تکنیک‌های RGPO, VGPO, STC و ...) و برون سامانه ای (مانند دکوها، بازتاب کننده‌ها و ...) برای حفاظت سامانه‌های راداری در برابر حملات الکترونیکی استفاده می‌شوند [17].

## 2-2. مراحل تدوین راهبرد

تدوین راهبرد را می‌توان در چارچوب تصمیم‌گیری سه مرحله‌ای گنجانید. روش‌های ارائه شده در این پژوهش برای انواع سازمان‌های مناسب است و به راهبردپردازان کمک می‌کند که راهبردها را شناسایی، ارزیابی و گزینش کنند. مرحله اول چارچوب (تدوین راهبرد) شامل ارزیابی عوامل داخلی و ماتریس ارزیابی عوامل داخلی است. ماتریس ارزیابی عوامل داخلی حاصل بررسی راهبردی عوامل داخل سازمان است که این ماتریس، قوت‌ها و ضعف‌های اساسی سازمان را تدوین

حمله‌ی الکترونیک (EA<sup>1</sup>): این بخش شامل دو شاخه‌ی کشتار سخت<sup>2</sup> و کشتار نرم<sup>3</sup> می‌شود. کشتار نرم همان ECM سابق است. کشتار سخت هم شامل سلاح‌های هدایت شونده می‌شوند.

محافظت الکترونیک (EP<sup>4</sup>): حفاظت سامانه‌های خودی از حملات دشمن است. (ECCM سابق)

پشتیبانی الکترونیک (ES<sup>5</sup>): همان ESM سابق است.

سامانه‌های جنگ الکترونیک هم می‌توانند روی یک سکوی<sup>6</sup> سوار باشد و هم می‌توانند به صورت مستقل قرار گرفته و خود به فعالیت ادامه دهد.

در مباحث جنگ الکترونیک تلاش‌هایی که هدف آن‌ها، مختل کردن آشکار سازی توسط دشمن است، اقدامات ضد الکترونیکی راداری نامیده می‌شوند. اخلا لگر مهم‌ترین سیستم در مجموعه سیستم‌های ECM است.

اخلا لگرها به دو گونه فعال و غیرفعال تقسیم می‌گردند. در اخلا لگرهای فعال فرستنده‌ای وجود دارد که با ارسال سیگنال به رادار، آن را مختل می‌کند. اما در اخلا لگرهای غیرفعال، فرستنده‌ای وجود ندارد و اخلا لگر تنها با استفاده از خواص ذاتی خود، توجه رادار را از هدف دور کرده، به خود جلب می‌کند.

سیستم‌های ECM می‌توانند به صورت خود محافظ (SPJ<sup>7</sup>) به کار گرفته شوند. در این روش سیستم اخلا لگر از سکویی که روی آن سوار شده محافظت می‌کند.

اخلا لگر می‌تواند از راه دور نیز، از جنگنده‌های خودی محافظت کند (SOJ<sup>8</sup>). در این حالت اخلا لگری بسیار پر قدرت بیرون از آرایش نظامی<sup>9</sup>، با ارسال سیگنال‌های نویزی پر قدرت،

7 - Self Protection Jamming (SPJ)

8 - Stand-off jamming

9 - Battle Formation

10- Escort Jamming (EJ)

1 - Electronic Attack (EA)

2 - hard Kill

3 - Soft Kill

4 - Electronic Protection (EP)

5 - Electronic Support (ES)

6 - Platform



تدوین راهبرد ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط....

بهبود، فرصت‌ها و تهدیدهای طرح در هر یک از این شاخص‌ها را فهرست نمایند.

جدول 3: مؤلفه‌ها و شاخص‌های تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط

### جنگ الکترونیک

مؤلفه	شاخص	حاصل شده از	
		نظر خبرگان	مراجع علمی
حفاظت	استاندارد سازی EMC		*
	استاندارد سازی EMI		*
ارتباط	مدیریت سیگنال (در سامانه‌های راداری و ارتباطی)	*	*
	استفاده از کدهای بومی در سیگنال های راداری و ارتباطی	*	*
مستند سازی	داشتن نسخه‌های پشتیبانی از سامانه‌های ESM	*	
	استفاده از طیف‌های فرکانسی برای رصد یک منطقه	*	*
کنترل	استفاده از سیگنال‌های رادیو و تلویزیون (broadcast) برای شناسایی اهداف	*	*
	استفاده از سامانه‌های نوین مانند لیدار، رادارهای کوانتومی و ...	*	*
تعمیر	استفاده از رادارهای پسیو	*	*
	استفاده از دیتا فیوژن	*	
توسعه	استفاده از فناوری شناختی در شناسایی اهداف در محیط جنگ الکترونیک	*	*
	استفاده از فناوری بلاکچین برای تلفیق شبکه فرماندهی و کنترل	*	*

روایی پرسشنامه‌ها از طریق تأیید اعضای شورای راهبردی حاصل شده و پایایی نیز با محاسبه آلفای کرونباخ ( $r=0,82$ ) بدست آمده است.

3-2-1. تعیین شاخص‌های تاب‌آوری سامانه‌های رادار در محیط جنگ الکترونیک

پس از بررسی مؤلفه‌ها و شاخص‌های بدست آمده از پرسشنامه شماره 1، موارد به اعضای شورای راهبردی ارائه و در نهایت، شاخص‌های تاب‌آوری سامانه‌های رادار در محیط جنگ الکترونیک مورد تأیید شورای مذکور در جدول 4 آورده شده است.

جدول 4: شاخص‌های تاب‌آوری سامانه‌های رادار در محیط

### جنگ الکترونیک مورد تأیید شورای راهبردی

ردیف	شاخصه
1	طراحی رادار براساس استاندارد سازی EMC
2	طراحی رادار براسا استاندارد سازی EMI
3	مدیریت سیگنال رادار
4	بهره مندی از کد بومی
5	تهیه نسخه پشتیبان از اطلاعات رادار
6	استفاده از طیف های فرکانسی برای رصد یک منطقه
7	استفاده از سیگنال های رادیو و تلویزیون به عنوان سیگنال های شناسایی
8	استفاده از فناوری های نوین شناسایی (لیدار، رادارهای کوانتومی ...)
9	استفاده از رادارهای پسیو
10	استفاده از دیتا فیوژن برای تبادل داده های نوین راداری
11	بهره مندی از بستر ارتباطی با استفاده از فناوری شناختی جهت تبادل داده های رادار
12	استفاده از فناوری بلاکچین بعنوان بستر شبکه فرماندهی و کنترل

3-2-2. تعیین ماتریس عوامل داخلی (IFE) و خارجی (EFE) اطلاعات گردآوری شده در جلسه‌های بحث، اولویت و دسته‌بندی شدند. در پرسشنامه سوم هم از شرکت‌کنندگان مرحله اول و دوم خواسته شد به منظور ارزیابی و شناسایی عوامل داخلی و خارجی بر حسب تأثیری که بر شاخص‌های

### 3-2. تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش بمنظور تحلیل داده‌ها از روش دلفی و ماتریس SWOT با رویکرد توصیفی - تحلیلی استفاده شده است. ابزار اندازه‌گیری شامل سه پرسشنامه می‌باشد که به روش دلفی طراحی و تنظیم شده و در سه مرحله توزیع شده است.



جدول 5: ماتریس عوامل داخلی

عامل	رتبه	ضریب	ارزیابی عوامل داخلی IFE
1	2	0/06	بهره مندی از نیروی متخصص با توانمندی علمی در بدنه ن.م
2	2	0/07	توانمندی دانشگاههای کشور و شرکت های دانش بنیان در حوزه جنگ الکترونیک
3	1	0/07	دستیابی به دانش بومی در حوزه جنگ الکترونیک
4	3	0/04	آشنایی متخصصین دفاعی با سامانه های راداری تولید کشورهای شرقی و غربی
5	3	0/06	تعامل با مراکز علمی و تحقیقاتی داخلی
6	3	0/03	وجود سازمان استاندارد دفاعی
7	3	0/06	گسترش رشته های کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا در دانشگاههای نظامی در رشته جنگ الکترونیک
1	2	0/05	نیود استاندارد جامع و یکپارچه
2	2	0/04	عدم هماهنگی بین سازمان های تحقیقاتی
3	4	0/08	عدم وجود بازار رقابتی بواسطه انحصار صنعت در حوزه رادار و جنگ الکترونیک
4	2	0/06	وجود قطعات گلوگاهی در حوزه رادار و جنگ الکترونیک
5	3	0/05	عدم وجود مقدرات ضد جنگ الکترونیک در سامانه های قدیمی و تحویل گیری شده
6	3	0/05	کمبود بودجه تحقیقاتی در حوزه جنگ الکترونیک
7	1	0/06	عدم توانمندی صنایع تولید کننده رادار در دستیابی به مقدرات جنگ الکترونیک مطابق تهدیدات روز
8	2	0/04	عدم وجود متولی مشخص و مستقل در حوزه جنگ الکترونیک در آجا و ستاد کل ن.م
9	3	0/03	تناخل وظایف در حوزه مدیریت طیف الکترومغناطیس در ن.م
10	1	0/04	عدم هماهنگی بین آموزش و کاربری در حوزه جنگ الکترونیک
11	3	0/06	عدم شناخت کامل مسئولین از تأثیرات جنگ الکترونیک بر سامانه های راداری در صحنه نبرد
12	4	0/05	عدم وجود الگوی مقدرات جنگ الکترونیک برای سامانه های متنوع راداری
جمع		1	2/44

با توجه به نتایج جدول (5) (ماتریس عوامل داخلی)، تعامل با مراکز تحقیقاتی داخلی، بهره مندی از نیروی دانشی و متخصص در بدنه نیروهای مسلح و همچنین ایجاد رشته های کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترا در رشته جنگ الکترونیک در دانشگاه های نظامی از عمده نقاط قوت داخلی محسوب شده و همچنین عدم وجود بازار رقابتی بواسطه انحصار صنعت در حوزه رادار و جنگ الکترونیک و عدم شناخت کامل مسئولین از تأثیرات جنگ الکترونیک بر سامانه های راداری در صحنه نبرد از عمده نقاط ضعف داخلی می باشند. با توجه به سهم 41% نقاط قوت در برابر سهم 59% نقاط ضعف، نقاط ضعف بیش از نقاط قوت اثر گذار بوده و وضعیت حال حاضر سامانه های راداری در محیط جنگ الکترونیک در موقعیت ضعف قرار دارد.

مشخص شده دارند به گزینه های پرسشنامه به شیوه زیر، نمره دهند:

- پس از بررسی عوامل داخلی و خارجی، مهم ترین عوامل فهرست شوند.
- به این عوامل از صفر (اهمیت ندارد) تا یک (بسیار مهم است) ضریب داده شود؛ به گونه ای که جمع ضرایب عوامل داخلی (قوت و ضعف) و عوامل خارجی (فرصت و تهدید) باید یک باشد.
- به هر یک از عوامل داخلی نمره 1 تا 4 داده شود. نمره 1 بیانگر ضعف اساسی و نمره 2 بیانگر ضعف کم، نمره 3 بیانگر قوت و نمره 4 بیانگر قوت زیاد عامل مورد بحث می باشد.
- به هر یک از عوامل خارجی نیز نمره 1 تا 4 داده شود. نمره 1 بیانگر ضعف اساسی و نمره 2 بیانگر ضعف کم، نمره 3 بیانگر قوت و نمره 4 بیانگر قوت زیاد عامل مورد بحث می باشد.
- برای تعیین نمره نهایی، ضریب هر عامل در نمره آن ضرب شود.
- مجموع نمره نهایی هر عامل محاسبه و در نهایت، نمره نهایی عامل مشخص می گردد.
- پس از بررسی نتایج حاصل از نظر سنجی جامعه آماری و تأیید نخبگان، ماتریس عوامل داخلی و خارجی به همراه نمره هر عامل استنتاج گردید که به ترتیب در جدول های (5) و (6) نشان داده شده است.

پس از تعیین نقاط قوت و ضعف درونی و فرصت ها و تهدید های خارجی، بمنظور تعیین موضوع های راهبردی ارتقای تاب آوری سامانه های رادار در محیط جنگ الکترونیک، فرایند های تدوین راهبردی های SO، WO، ST، و WT در برنامه های دفاعی نیروی پدافند هوایی با استفاده از ماتریس SWOT انجام گردید. سپس چهار راهبردی کلی از میان راهبردهای چهارگانه در جلسه های بحث توسط شورای راهبردی انتخاب می شود. در پایان اولویت بندی راهبردهای کلی با استفاده از ماتریس ارزیابی کمی راهبردها هر کدام از راهبردهای کلی با نقاط قوت، ضعف، فرصت ها و تهدیدها به صورت جداگانه امتیاز 1 تا 4 و ضریب 1 تا 9 دریافت کردند و امتیاز نهایی هر کدام برای تعیین اولویت آنها مشخص شد.

جدول شماره 6: ماتریس عوامل خارجی

عمل	ردیف	ارزیابی عوامل خارجی EFE	ضریب	رتبه	نمره
توسعه	1	تأیید عملکرد و اثرگذاری اقدامات جنگ الکترونیک بر سامانه‌های راداری در جنگ‌های منطقه‌ای	0/09	1	0/09
	2	مشخص شدن نوع روش‌های جنگ الکترونیک مورد استفاده توسط دشمن در منطقه	0/15	2	0/30
	3	برقراری ارتباط نظامی با کشورهای صاحب فناوری پس از تحریم‌ها	0/11	2	0/22
	4	امکان تست و ارزیابی مقدرات بومی ضد جنگ الکترونیک تولید شده در کشورهای هم پیمان (سوریه و عراق) در محیط عملیاتی	0/07	2	0/14
	5	امکان برگزاری رزمایش مشترک با کشورهای صاحب فناوری و بهره‌برداری از تجربیات مربوطه در محیط عملیاتی	0/11	2	0/22
پایه	1	تحریم سامانه‌ها و فناوری‌های مرتبط با مقدرات ضد جنگ الکترونیک	0/12	3	0/36
	2	تغییر سریع فناوری‌ها و تکنیک‌های جنگ الکترونیک	0/16	4	0/64
	3	سیطره دشمن بر کشورهای منطقه	0/09	2	0/18
	4	شوند فضای سیگنالی ج.ا. ایران توسط دشمن	0/1	2	0/2
جمع			1		2/35

با توجه به نتایج جدول (6) (عوامل خارجی)، امکان برگزاری رزمایش مشترک با کشورهای صاحب فناوری و بهره‌برداری از تجربیات مربوطه در محیط عملیاتی و برقراری ارتباط نظامی با کشورهای صاحب فناوری پس از تحریم‌ها از عمده نقاط فرصت خارجی بوده و همچنین تغییر سریع فناوری‌ها و روش‌های جنگ الکترونیک و تحریم سامانه‌ها و فناوری‌های مرتبط با مقدرات ضد جنگ الکترونیک از عمده عوامل تهدید خارجی می‌باشد. با توجه به سهم 35% فرصت‌ها در برابر سهم 65% تهدیدها، قابلیت تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک در موقعیت تهدید قرار دارد. پیرو بررسی ماتریس عوامل داخلی و خارجی و محاسبات انجام شده، موقعیت راهبردی کشور در حوزه ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک در موقعیت ضعف - تهدید بوده و راهبردهای تدافعی باید لحاظ گردند.

### 3-3-3. تعیین راهبردهای چهارگانه

#### 3-3-1. راهبردهای قوت-فرصت (SO)

• تدوین، اجرا و ارزیابی الگوهای مقدرات ضد جنگ الکترونیک سامانه‌های راداری با بهره‌گیری از

- توانمندی علمی دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش بنیان داخلی با توجه به اقدامات انجام شده توسط کشورهای صاحب فناوری و تعامل به مراکز علمی کشورهای متحد
- باز طراحی مقدرات ضد جنگ الکترونیک سامانه‌های راداری (درون سامانه‌ای و برون سامانه‌ای) با تکیه بر ظرفیت دانشی و تجربه عملیاتی کارشناسان و متخصصان نیروی‌های مسلح بویژه نیروی پدافند هوایی
  - استفاده از فرکانس‌های دارای محدودیت جنگ الکترونیک (فرکانس‌های رادیو و تلویزیون و ...) در سامانه‌های راداری با دانش بومی
  - تولید و طراحی راداری‌های پسیو مبتنی بر سامانه‌های جمع‌آوری سیگنالی جهت مکانیابی و رهگیری پسیو انواع اهداف راداری
  - بررسی فناوری‌های نوین مورد استفاده در کشورهای صاحب فناوری (همانند فناوری کوانتوم، بلاک‌چین، رایانش ابری و ...) در حوزه نظامی و راداری جهت استفاده و بومی‌سازی در حوزه پدافند هوایی
- ### 3-3-2. راهبردهای ضعف-فرصت (WO)
- تامین قطعات گلوگاهی از طریق کشورهای هم پیمان صاحب فناوری همانند روسیه و چین
  - بهره‌برداری از سامانه‌های راداری مقاوم در برابر جنگ الکترونیک کشورهای صاحب فناوری
  - تدوین استنادار سامانه‌های راداری مقاوم در برابر جنگ الکترونیک با مطالعه و بررسی سندهای استاندارد کشورهای صاحب فناوری
  - تقویت مراکز علمی کشور و ارتقای تعامل نیروهای مسلح با مراکز دانشی کشورهای صاحب فناوری جهت ایجاد دانش فنی مورد نیاز در حوزه ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک
  - استفاده از تجارب کسب شده توسط نیروهای مسلح ج.ا.

3-4. راهبردهای بهینه ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های رادار در

#### محیط جنگ الکترونیک

- بهره‌گیری از نیروهای متخصص نظامی و کارشناسان مراکز علمی کشور و شرکت‌های دانش بنیان در حوزه جنگ الکترونیک از طریق جذب و همکاری در مراکز پژوهشی نیروی پدافند هوایی و صنایع مرتبط با وزارت دفاع
- تعامل با مراکز تحقیقاتی داخل و خارج از کشور از طریق برگزاری همایش‌ها و نمایشگاه‌های نظامی، انجام پروژه‌های کسر خدمت و یا پشتیبانی از پایان نامه‌های مرتبط در دانشگاه‌های فنی - مهندسی

- ارتقای استراتژی‌های نارسا سازی در حوزه مقدمات جنگ الکترونیک سامانه‌های راداری متناسب با توان فنی - مهندسی داخلی توسط متخصصان و دانشمندان نیروهای نظامی و صنایع دفاعی با بهره‌گیری از اسناد مرتبط تدوین شده در کشورهای توسعه یافته

- بهره‌گیری از روش‌های بومی مقابله با روش‌های جنگ الکترونیک و تقویت استفاده از فناوری‌های نوین همانند رادار کوانتوم و ... توسط مراکز دانشگاهی و محققان نیروهای مسلح

3-5. اولویت‌بندی راهبردهای بهینه ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های

#### رادار در محیط جنگ الکترونیک

بمنظور اولویت‌بندی راهبردهای کلی به دست آمده با استفاده از ماتریس ارزیابی کمی راهبردها هر کدام از راهبردهای کلی با نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها بصورت جداگانه توسط گروه مشاورین راهبردی امتیاز 1 تا 4 و ضریب 1 تا 9 دریافت کردند و امتیاز نهایی هر کدام برای تعیین اولویت آنها مشخص شد. نتایج بدست آمده در جدول 7 آورده شده است.

جدول 7: ماتریس ارزیابی کمی راهبردها (SWOT)

ردیف	R4		R3		R2		R1		SWOT		مجموع
	نقطه قوت	نقطه ضعف	نقطه قوت	نقطه ضعف	نقطه قوت	نقطه ضعف	نقطه قوت	نقطه ضعف	نقطه قوت	نقطه ضعف	
1	3	24	3	24	3	24	4	32	8	S	1

ایران و کشورهای دیگر که در سال‌های اخیر تجربه درگیری در میدان جنگ الکترونیک را داشته‌اند

3-3-3. راهبردهای قوت - تهدید (ST)

- استفاده از نیروی متخصص داخلی و مراکز دانشگاهی داخلی جهت بومی‌سازی سامانه‌های راداری و روش‌های ضد جنگ الکترونیک

- تعامل نزدیک بین مراکز علمی نیروهای مسلح و ظرفیت‌های علمی کشور جهت دستیابی به فناوری رادار کوانتوم و مرکز فرماندهی و کنترل بر بستر بلاکچین در کشور

3-3-2. راهبردهای تهدید - ضعف (WT)

- ایجاد هماهنگی بین مراکز تحقیقاتی برای انجام تحقیقات مشترک منطبق با نیازهای نیروهای مسلح در حوزه ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های رادار در محیط جنگ الکترونیک

- انجام تحقیقات جامع و وسیع جهت دستیابی به سامانه‌هایی با فناوری‌های نوین مانند کوانتوم، بلاکچین و ... بمنظور مقابله با اثرات جنگ الکترونیک دشمن

- متمرکز سازی اقدامات جنگ الکترونیک در نیروهای مسلح در حوزه اعتبارات، تحقیقات، آموزش و ... با ایجاد الگو و ساختار متناسب با تهدیدات و رفع ضعف‌های مربوطه

- تست و ارزیابی سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک واقعی با رویکرد جلوگیری و کاهش نشت سیگنالی و شنود توسط بیگانگان

- تقویت و پشتیبانی از شرکت‌های دانش بنیان و مراکز علمی کشور جهت مقابله با تحریم‌های تجهیزاتی و فناوریانه دشمن در دستیابی به سامانه‌های موثر مقابله با جنگ الکترونیک در حوزه رادار

- طراحی و استفاده از سیگنال‌های نامتعارف راداری متناسب با نیاز کشور با هماهنگی با ارگان‌های مربوطه جهت تخصیص فرکانس و جلوگیری از تداخلات سیگنالی

ناخواسته

اول، راهبرد شماره سه (ارتقای استانداردهای راداری در حوزه مقدرات ضد جنگ الکترونیک سامانه‌های راداری متناسب با توان فنی - مهندسی داخلی توسط متخصصان و دانشمندان نیروهای نظامی و صنایع دفاعی با بهره‌گیری از اسناد مرتبط تدوین شده در کشورهای توسعه یافته) به عنوان اولویت دوم، راهبرد شماره یک (بهره‌گیری از نیروهای متخصص نظامی و کارشناسان مراکز علمی کشور در حوزه جنگ الکترونیک از طریق جذب و همکاری در مراکز پژوهشی نیروی پدافند هوایی و صنایع مرتبط با در وزارت دفاع) به عنوان راهبرد سوم و در نهایت راهبرد شماره چهار (بهره‌گیری از روش‌های بومی مقابله با روش‌های جنگ الکترونیک و تقویت استفاده از فناوری‌های نوین همانند رادار کوانتوم و ... توسط مراکز دانشگاهی و محققان نیروهای مسلح) به عنوان اولویت چهارم در ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های رادار در محیط جنگ الکترونیک تعیین می‌گردند.

#### 4-2. محدودیت‌های پژوهش

- کمبود متخصصین آشنا به حوزه‌های رادار و جنگ الکترونیک در حد خبرگی
- تشکیل یگان‌های نوپا جنگ الکترونیک در نیروهای آجا که اشکالات ساختاری و سازمانی داشته و در اجرا با مشکلات عمده‌ای روبرو می‌باشند
- نبود سامانه جنگ الکترونیک با ویژگی‌هایی متناسب با نیاز پدافند هوایی
- عدم توانایی تولید سامانه‌های مقاوم در برابر روش‌های جنگ الکترونیک مدرن در سطح کشور

#### 5. مراجع

[1] A. J. Vick, S. M. Zeigler, J. Brackup and J. Meyers, "Air Defense," Rand corporation, 2020.

20	4	15	3	20	4	15	3	5	S	2
8	2	12	3	8	2	12	3	4	S	3
24	3	24	3	16	2	32	4	8	S	4
24	4	24	4	24	4	18	3	6	S	5
12	2	24	4	12	2	18	3	6	S	6
36	4	18	2	27	3	27	3	9	S	7
4	1	16	4	8	2	12	3	4	W	8
5	1	5	1	15	3	10	2	5	W	9
16	2	16	2	32	4	24	3	8	W	10
9	3	3	1	6	2	6	2	3	W	11
7	1	28	4	21	3	14	2	7	W	12
18	3	12	2	18	3	18	3	6	W	13
16	2	24	3	32	4	24	3	8	W	14
9	1	9	1	18	2	27	3	9	W	15
7	1	28	4	14	2	14	2	7	W	16
3	1	9	3	12	4	9	3	3	W	17
14	2	21	3	28	4	15	2	7	W	18
10	2	20	4	10	2	10	2	5	W	19
8	1	32	4	24	3	24	3	8	O	20
12	2	6	1	18	3	12	2	6	O	21
8	4	2	1	4	2	4	2	2	O	22
6	2	6	2	6	2	9	3	3	O	23
4	1	4	1	12	3	12	3	4	O	24
36	4	18	2	27	3	18	2	9	T	25
20	4	15	3	15	3	10	2	5	T	26
4	1	8	2	8	2	4	1	4	T	27
4	1	16	4	8	2	8	2	4	T	28
368		439		467		438			جمع	

#### 4. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

##### 4-1. نتیجه‌گیری

تحقیق پیش رو به دنبال تعیین راهبردهای ارتقای تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگ الکترونیک انجام گردیده است. برای این منظور، ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای مؤلفه‌ها و شاخص‌های مرتبط با تاب‌آوری سامانه‌های راداری در محیط جنگال احصا و پس از نظرسنجی از خبرگان، مؤلفه‌ها و شاخص‌ها نهایی گردید. سپس با تشکیل ماتریس SWOT و پرسشنامه از نمونه آماری وضعیت فعلی تعیین و راهبردهای متناسب با آن احصا و اولویت بندی گردید.

براساس نتایج بدست آمده، راهبرد شماره دو (تعامل با مراکز تحقیقاتی داخل و خارج از کشور از طریق برگزاری همایش‌ها و نمایشگاه‌های نظامی، انجام پروژه‌های کسر خدمت و یا پشتیبانی از پایان‌نامه‌های مرتبط در دانشگاه‌های فنی - مهندسی) به عنوان اولویت

- [12] س. شیخی وند، آ. حکاری و ن. رموز، "بررسی بمب‌های الکترومغناطیس (EMP) بر سامانه های الکترونیکی و ارائه راهکارهای مقابله با آن"، در کنفرانس ملی پدافند غیرعامل و توسعه پایدار، تهران، 1395.
- [13] گروه واژه گزینی، فرهنگ واژه های مصوب فرهنگستان (جلد 13)، تهران: فرهنگستان زبان و ادب فارسی، 1396.
- [14] م. رستمی، فرهنگ واژه های نظامی، تهران: انتشارات ایران سبز، 1386، p. 208.
- [15] T. Bureau, Radar Definition, Canada: Public Words and Government Services Canada, 2013.
- [16] م. م. نائبی و ع. حرمتی، جنگ الکترونیک، تهران: انتشارات علمی، 1385، p. 3.
- [17] C. H. Cheng and J. Tsui, An Introduction to Electronic Warfare: from the First Jamming to Machine Learning, Florida, USA: CRC Press, 2021.
- [18] ف. رابرت، ک. فرخ و د. پروبرت، تدوین رهنگاشت برای راهبرد و فناوری، تهران: انتشارات موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاع، 1396.
- [19] V. M. Helvoort and M. Melenhorst, EMC for Installers: Electromagnetic Compatibility of Systems and Instalations, London: CRC press, 2020.
- [20] J. Zheng, Electromagnetic Compatibility (EMC) Design and Test Case Analysis, Hoboken, New Jersey, USA: Wiley press, 2019.
- [21] B. R. Mahafza, S. C. Winton and Z. A. Elsherbeni, Handbook of Radar Signal Analysis (Advanced in Applied Mathematics), London: Chapman and Hall/CRC press, 2021.
- [22] B. R. Mahafza, Radar systems analysis using MATLAB, Alabama USA: CRC press, 2016.
- [23] J. D. Taylor, Advanced Ultrawidwband Radar: signals, Target and Applicaton, London: CRC press, 2016.
- [24] S. Brazanjeh, S. Guha, C. Weedbrook, D. Vitali, J. H. Shaprio and S. Pirandola, "Quantum [2] "U.S. Strategy Attack: Air Force Doctrine Document," U.S. Department of Defense, 2011.
- [3] س. طلعتی و م. اصلی نژاد، اصول جنگ الکترونیک، تهران: انتشارات پشتیبان، 1396.
- [4] م. منیری همدانی و س. ب. جعفری، مقدمه ای بر جنگ الکترونیک، تهران: انتشارات قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیاء(ص) آجا، 1390.
- [5] م. م. نائبی و غ. نیک اندیش، مقدمه ای بر سامانه های دفاع الکترونیک، تهران: انتشارات موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، 1389، pp. 421-425.
- [6] ی. ایزدی، تاریخ شفاهی دفاع مقدس به روایت علی اسحاقی: جنگ الکترونیک، تهران: انتشارات سپاه پاسداران انقلاب اسلامی، 1397.
- [7] ب. غفاری، "تبیین نقش فرماندهی و کنترل در برتر سازی و ارتقای توان رزمی پدافند هوایی"، فصلنامه فرماندهی و کنترل، جلد 12، pp. 108-127, 1398.
- [8] م. سپهری، "مناسب ترین راهبردهای پدافند غیرعامل سامانه های ارتباطی شبکه فرماندهی و کنترل در برابر تهدیدهای شنود الکترونیکی توسط حساسه های اطلاعات ارتباطی دشمن"، فصلنامه فرماندهی و کنترل، جلد 10، pp. 87-99, 1398.
- [9] ا. محمدی، ا. بختیاری و م. چمنی، "تحلیل پایداری شبکه فرماندهی و کنترل پدافند هوایی و ارائه راه کار مناسب برای ارتقای میزان پایداری"، فصلنامه فرماندهی و کنترل، جلد 6، pp. 82-101, 1397.
- [10] س. ا. شهرآئینی و ف. فرنی، "راهبردهای پدافند غیرعامل در حوزه رادار متناسب با تهدید ناهمطراز"، فصلنامه فرماندهی و کنترل، جلد 1، pp. 97-113, 1395.
- [11] م. باقری منش، ا. زارعی و ا. علمداری، "ارزیابی وضعیت تاب آوری سیستم های آمادی دفاعی (مطالعه موردی: فرماندهی آمادو پشتیبانی یک یگان دفاعی)"، نشریه علمی اندیشه آماد، جلد 75، pp. 95-116, 1399.

multi-source data fusion: A deep transfer learning framework," *Information Fusion*, vol. 78, pp. 90-101, 2022.

[32] R. Raut, R. Sawant and S. Madbushi, *Cognitive Radio: Basic Concepts, Mathematical Modeling and Applications*, London: CRC press, 2020.

[33] S. Z. Gurbuz, H. D. Griffiths, A. Charlish, M. Rangaswamy, M. S. Greco and K. Bell, "An Overview of Cognitive Radar: Past, Present, and Future," *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 34, no. 12, pp. 6-18, 2019.

[34] N. B. Barnas, "Blockchains in national defense: trustworthy system in a trustless world," Maxwell air force base, Alabama, 2016.

[35] R. J. Reisman, "Air traffic Management Blockchain Infrastructure for Security, Authentication and Privacy," *Computer science*, San Diego, CA, 2019.

[36] م. اکبری، س. بابایی و م. نجات محمدی، تهیه و تدوین استراتژی به روش SWOT، تهران: انتشارات نگارستان غرب، 1395.

illumination at microwave wavelengths," *Physical Review letters*, vol. 114, pp. 1-15, 2015.

[25] G. Jin, Y. Deng, W. Wang, R. Wang, Y. Zhang and Y. Long, "Segmented Phase Code Waveforms: A Novel Radar Waveform for Spaceborne MIMO-SAR," *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 59, no. 7, pp. 5764-5779, 2021.

[26] S. Welschen, P. Leuchtman, J. Leuthold, C. Schupbach and S. Paine, "Localization of Micro Unmanned Aerial Vehicles using Digital Audio Broadcast Signals," in *IEEE Radar Conference (RadarConf20)*, Florence, Italy, 2020.

[27] W. Feng, J. M. Friedt, S. Wang, H. Liu and M. Sato, "Passive Bistatic Radar Using Digital Terrestrial Television Broadcasting Signal for Subsurface Target Detection," in *Photonics & Electromagnetics Research Symposium (PIERS)*, Xiamen, China, 2019.

[28] L. Maccone and C. Ren, "Quantum Radar," *Physical Review letters*, vol. 124, no. 20, 2021.

[29] R. G. Torrome, N. B. Bekhti-Winkel and P. Knott, "Introduction to Quantum Radar," Cornell University, 2021.

[30] J. R. Roal, *Data Fusion Mathematics: Theory and Practice*, London: CRC press, 2017.

[31] L. Wan, R. Liu, L. Sun, H. Nie and X. Wang, "UAV swarm based radar signal sorting via