



Designing and validating the model of electronic attack on ground-based air defense

Reza Hosseinpour¹ | Mahdi Soleimani² 

Abstract

The main goal of this research is "designing a pattern of electronic offense measures in ground-based air defense". This research is applied in terms of purpose and in terms of combined method (qualitative-quantitative). The statistical population of the research in the qualitative part was 15 electronic warfare experts, and in the quantitative part there were 40 experts, managers and experts in the field of electronic warfare and ground-based air defense operations. The statistical sample in the qualitative part is 14 people (in full) and in the quantitative part 36 people who were determined through Morgan's table and selected by simple random method. The method of document study (library) was used in order to review the literature, background and upstream documents, and in the qualitative part of the structured interview and field method, and in the quantitative part, the survey method was used to collect data. Data collection tools were form, structured interview and researcher-made questionnaire. Descriptive statistics (mean, standard deviation and graphs) were used to describe the data, and confirmatory factor analysis and structural equation modeling were used to analyze the quantitative data and answer the research questions and determine the validity of the final model. The findings showed that the designed model had two main components including non-communicative and communicative, both of which were confirmed at a significance level of 0.05. The final model of the research was checked with seven model fit indices and its fit was confirmed.

Keywords: Pattern Design, Electronic Offense Measures, Ground-Based Air Defense.

1. Corresponding author: PhD, Assistant Professor, Imam Hossein University, Tehran, Iran
hosseinpour_reza@yahoo.com
2. Master of Science in Other, Imam Hossein University, Tehran, Iran
DOR: 20.1001.1.20086121.1403.23.106.45





طراحی و اعتباریابی الگوی آفند الکترونیکی در پدافند هوایی زمین پایه

رضا حسین پور^۱ | مهدی سلیمانی^۲

چکیده

هدف اصلی این پژوهش "طراحی الگوی اقدامات آفند الکترونیکی در پدافند هوایی زمین پایه" است. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش ترکیبی (کیفی-کمی) است. جامعه آماری پژوهش در بخش کیفی ۱۵ نفر از خبرگان جنگ الکترونیک بودند و در بخش کمی ۴۰ نفر از خبرگان، مدیران و کارشناسان صاحب نظر در حوزه جنگ الکترونیک و عملیات پدافند هوایی زمین پایه بودند. نمونه آماری در بخش کیفی ۱۴ نفر (بصورت تمام شمار) و در بخش کمی ۳۶ نفر که از طریق جدول مورگان تعیین و با روش تصادفی ساده انتخاب شدند. از روش مطالعه اسنادی (کتابخانه‌ای) به منظور بررسی ادبیات، پیشینه و اسناد بالادستی، و در بخش کیفی از مصاحبه ساختار یافته و روش میدانی، و در بخش کمی از روش پیمایشی برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده شد. ابزار گردآوری داده‌ها فیش، مصاحبه ساختار یافته و پرسشنامه محقق ساخته بود. برای توصیف داده‌ها از آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار و نمودارها) و برای تحلیل داده‌های کمی و پاسخ به سوال‌های تحقیق و تعیین اعتبار الگوی نهایی از تحلیل عاملی تاییدی و مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده شد. یافته‌ها نشان داد الگوی طراحی شده دارای دو مؤلفه اصلی شامل غیر ارتباطی و ارتباطی بوده که هر دو در سطح معنی داری ۰/۰۵ مورد تایید قرار گرفتند. همچنین ۱۳ مؤلفه فرعی الگو در سطح معنی داری ۰/۰۵ مورد تایید پاسخ‌دهندگان قرار گرفت. الگوی نهایی تحقیق با هفت شاخص برازش مدل بررسی و برازش آن مورد تایید قرار گرفت.

کلیدواژه‌ها: طراحی الگو، اقدامات آفند الکترونیکی، پدافند هوایی زمین پایه

۱. نویسنده مسئول: دکترای تخصصی، استادیار، دانشگاه امام حسین (ع)، تهران، ایران
hosseinpour_reza@yahoo.com

۲. کارشناسی ارشد سائر، دانشگاه امام حسین (ع)، تهران، ایران



مقدمه

با گذشت زمان، فناوری الکترونیک نقش مهم و رو به افزایشی در عملیات نظامی پیدا کرده است. رادیو و جهت یابی رادیویی برای اولین بار جهت یافتن موقعیت سکو، استفاده از رادارها جهت کشف و موقعیت یابی سکوها دشمن از لحاظ زاویه و برد در گام بعدی و در آخرین و شاید مخرب ترین گام، استفاده از وسایل الکترونیکی برای هدایت دقیق موشک ها، نمونه هایی از استفاده فناوری الکترونیک می باشد. از این رو کارایی سامانه های تسلیحاتی هدایت الکترونیکی که با احتمال انهدام^۱ بیان می شوند، به مقادیر بسیار نزدیک به عدد یک افزایش یافته است، به گونه ای که برای اهداف بی دفاع امید کمی برای گریز باقی می ماند. به همین دلیل امروزه در تمام سلاح های مؤثر، از وسایل هدایت الکترونیک استفاده می شود. با این وجود پیچیدگی های سامانه های تسلیحات امروزی چنان است که اگر مدارهای الکترونیکی آنها به طور صحیح عمل نکنند فاقد ارزش خواهند بود. بنابراین سودمندی روش های مقابله الکترونیکی به سرعت آشکار و در نتیجه بهره گیری از اقدامات آفند الکترونیکی که قادر به کاهش کارایی وسایل هدایت سلاح باشند، ضرورت پیدا کرده است. دلیل توسعه این روش ها قابلیت کاهش جدی کارایی تقریباً تمام سامانه های تسلیحاتی می باشد. اجتناب ناپذیری بعدی، گسترش اقدامات ضد مقابله الکترونیکی برای حفظ کارایی حسگرهای تسلیحاتی می باشد.

با عنایت به هوشمندی، دورایستایی، تنوع، انبوهی تهدیدات هوایی و از طرفی محدودیت های موجود در سامانه های پدافند هوایی زمین پایه، استفاده از دانش، هنر، فنون و تجهیزات جنگ الکترونیک با بهره گیری از انتشارات الکترومغناطیس دشمن در تمامی بخش های طیف الکترومغناطیس، علاوه بر ارتقاء تاب آوری سامانه های راداری، تسلیحاتی و ارتباطی خودی در محیط جنگ الکترونیک دشمن، امکان کشف و شناسایی سیگنالی، مکان یابی و جهت یابی سیگنالی، رهگیری سیگنالی، حمله و آفند الکترونیکی علیه تهدیدات متصور، میسر می گردد و بعنوان مکمل پدافند گرم، پاسخگوی عمده محدودیت ها در این بخش، در زمان صلح و جنگ خواهد بود. لذا هم افزایی پدافند الکترونیکی با پدافند گرم ضرورتی اجتناب ناپذیر می باشد و می توان آفند الکترونیکی را بعنوان دست برتر (نفوذ در عمق آرایش الکترونیکی دشمن) در پدافند

1 . Kill Probability

هوایی زمین پایه دانست. این مقاله از آن جهت اهمیت دارد که می‌تواند زمینه ساز توجه بیشتر پدافند هوایی زمین پایه به حوزه جنگ الکترونیک و بهره‌وری و اثر بخشی فعالیت‌های این حوزه در صحنه نبرد را فراهم آورد. در صورت انجام نشدن این پژوهش، ضرورت بهره‌مندی از جنگ الکترونیک در سطح راهبردی، عملیاتی و تاکتیکی مورد غفلت واقع شده و پدافند هوایی زمین پایه را از قابلیت‌ها و فرصت‌های حاصل از آن بی‌نصیب و یا کم بهره می‌سازد. از این رو این پژوهش به این مساله اصلی که الگوی اقدامات آفند الکترونیکی بمنظور ارتقاء توان رزم در پدافند هوایی زمین پایه کدام است؟ پاسخ خواهد داد.

برای پاسخ به این سوال اصلی، سوال‌های جزئی به شرح زیر تعریف شد:

۱. مؤلفه‌های اصلی الگوی اقدامات آفند الکترونیکی در پدافند هوایی زمین پایه کدام است؟
۲. مؤلفه‌های فرعی الگوی اقدامات آفند الکترونیکی در پدافند هوایی زمین پایه کدام است؟
۳. رتبه بندی هر کدام از مؤلفه‌های فرعی الگوی اقدامات آفند الکترونیکی در پدافند هوایی زمین پایه کدام است؟
۴. میزان برآزش و اعتبار الگوی اقدامات آفند الکترونیکی در پدافند هوایی زمین پایه چقدر است؟

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

مبانی نظری

جنگ الکترونیک: طبق تعریف به فعالیت‌هایی شامل استفاده از طیف الکترومغناطیس یا انرژی هدایت شده برای کنترل طیف، حمله دشمن و جلوگیری از حمله دشمن از طریق طیف اتلاق می‌شود (FM 3-12, 2017, 1-25).

جنگ الکترونیک عملیاتی نظامی است شامل به کارگیری انرژی الکترومغناطیسی به منظور کشف و شنود طیف الکترومغناطیسی دشمن (اقدامات پشتیبانی الکترونیکی) یا ممانعت و یا کاهش به کارگیری این طیف توسط دشمن (حمله الکترونیکی) و استفاده مطلوب نیروهای خودی از آن علیرغم اقدامات دشمن (دفاع الکترونیکی) (نیازمند، ۱۳۹۵).

استفاده گسترده نیروهای نظامی از سامانه‌های الکترونیکی و طی امواج الکترومغناطیس در انواع تجهیزات و جنگ افزارها و بکارگیری آن‌ها در نبردهای امروزی به عنوان یک اقدام راهبردی و تاکتیکی محسوب شده و بدون اغراق در معادلات نظامی دنیا، جزء پارامترهای تعیین کننده است (فرجخت و همکاران، ۱۳۹۷: ۸).

بخشی از جنگ الکترونیک، بهره‌برداری از طیف الکترومغناطیس منتشر شده توسط دشمن برای پی بردن به اهداف، توانایی‌ها و در نهایت استفاده از نقاط ضعف برای ضربه زدن به سامانه‌های تسلیحاتی و مخابراتی دشمن و دستیابی به مقاصد خودی می باشد (همان، ۱۳۹۷: ۸).

تعیین دقیق موقعیت اهداف نظامی، هدایت هوشمند موشک‌های دور برد و راهبردی به سوی اهداف از پیش تعیین شده، با استفاده از سامانه‌های الکترونیکی و حساسه‌های ویژه جنگ الکترونیک، در شبکه‌های فرماندهی و کنترل نیروهای مسلح، نقش و جایگاهی راهبردی و حیاتی دارد. کمینه کردن کارایی آن دسته از تسلیحات و ادوات نظامی دشمن که در عملکرد آن‌ها تجهیزات الکترونیکی نقش حیاتی دارند از جمله اقدامات جنگ الکترونیک می باشد. بنابر این توان اطلاعاتی و عملیاتی جنگ الکترونیک بخشی از توان رزمی نیروهای مسلح هر کشور محسوب می شود (همان، ۱۳۹۷: ۸).

جنگ الکترونیک مخابراتی و غیر مخابراتی

جنگ الکترونیک معمولاً به دو بخش مخابراتی و غیرمخابراتی تقسیم می‌شود. بخش مخابراتی معمولاً دارای قدمتی به اندازه خود مخابرات الکترونیکی است و معمولاً در میدان جنگ، به منابع مخابراتی که در باندهای بین اف ۱ (۳۰-۳ مگاهرتز) و اس اف ۲ (۳۰-۳ گیگاهرتز) کار می‌کنند، اتلاق می‌گردد. شنود و تجزیه و تحلیل ارتباطات رادیویی معمولاً مهمتر از سنجش مشخصات فرستنده است. جنگال غیرمخابراتی از زمان به کارگیری رادارها و سامانه‌های ناوبری در جنگ جهانی دوم توسعه پیدا کرد. این موارد در اصل برای حفاظت از سکوها بوده و معمولاً به سامانه‌های راداری در باند یو اف ۳ و بالاتر اختصاص داده می‌شوند. در جنگال غیر مخابراتی، سنجش مشخصه‌های منتشرکننده امواج عامل اصلی است و از این مشخصه‌ها برای تشخیص و در صورت امکان شناسایی بخشی از یک تجهیزات و یا عملکرد آن استفاده می‌شود.

1. High Frequency
2. Super High Frequency
3. Ultra High Frequency

صرف نظر از موارد گفته شده، همچنین اطلاعات سیگنالی و یا سیگنت^۱ دارای دو مؤلفه اصلی است: اطلاعات ارتباطی (کامینت^۲) و اطلاعات الکترونیکی (الینت^۳). به طور کلی این دسته از اطلاعات حوزه عملکرد جنگال مخابراتی و غیر مخابراتی را منعکس می‌کنند اما در محیطی راهبردی به جای محیط تاکتیکی (نظافتی و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۶ و ۱۷).

اقدامات جنگ الکترونیک:

به طور کلی اقدامات جنگ الکترونیک سه دسته زیر را در بر می‌گیرد:

۱. **حفاظت الکترونیکی**^۴: اقداماتی که برای حفاظت از اشخاص، امکانات یا تجهیزات در مقابل تأثیرات استفاده خودی یا دشمن از طیف الکترومغناطیس که قابلیت‌های جنگی خودی را کاهش، خنثی یا تخریب می‌کند (فرحیخت و همکاران، ۱۳۹۷: ۹).

۲. **پشتیبانی جنگ الکترونیکی**^۵: فعالیت‌هایی است که تحت کنترل مستقیم یک فرمانده عملیاتی با هدف جستجو، شناسایی، جهت یابی، مکانیابی و رهگیری سیگنالی منابع انرژی الکترومغناطیس دشمن، به منظور تشخیص فوری تهدید، هدف گیری، طراحی و اجرای عملیات های بعدی انجام می‌شود (فرحیخت و همکاران، ۱۳۹۷: ۹).

۳. **تهاجم الکترونیکی**^۶: حمله الکترونیکی شامل استفاده از انرژی الکترومغناطیس، انرژی هدایت شده یا جنگ افزارهای ضد تشعشع برای حمله به نیروها، تأسیسات و تجهیزات دشمن به منظور کاهش، خنثی سازی یا تخریب توانایی‌های رزمی دشمن بوده و نوعی آتش محسوب می‌شود (FM3-38, 2014, 101).

حمله الکترونیکی شامل اختلال، فریب الکترونیکی و خنثی سازی است. اختلال الکترونیکی، استفاده از انرژی الکترومغناطیسی برای جلوگیری از فعالیت مطلوب یک گیرنده رادیویی است. فریب الکترونیکی، ارسال اطلاعات غلط یا گمراه کننده برای به اشتباه انداختن دشمن است. خنثی سازی، استفاده از سطوح بسیار بالای انرژی الکترومغناطیسی برای بی اثر کردن یا از بین بردن تسلیحات الکترونیکی و مخابراتی دشمن است (دهقان، ۱۳۹۲: ۵۰).

1. Signal Intelligence.
2. Communication Intelligence
3. Electronic Intelligence
4. Electronic Protection
5. Electronic Support
6. Electronic Attack

اخلالگرهای راداری به دو گونه فعال و غیرفعال تقسیم می‌گردند. در اخلالگرهای فعال فرستنده وجود دارد که با ارسال سیگنال به رادار، آن را مختل می‌کند اما در اخلالگرهای غیرفعال فرستنده وجود ندارد و اخلالگر تنها با استفاده از خواص ذاتی خود توجه رادار را از هدف دور کرده به خود جلب می‌کند (جعفری، ۱۳۹۲: ۶).

حمله الکترونیکی فعال: آفندی که مستلزم انتشار مستقیم انرژی الکترومغناطیس به سمت گیرنده هدف است. حمله الکترونیکی فعال شامل اقدامات: ۱. اختلال ۲. فریب ۳. دکوی فعال می‌باشد (کسائی، ۱۴۰۰: ۴).

حمله الکترونیکی غیرفعال: آفندی که مستلزم انعکاس و جذب انرژی الکترومغناطیس بدون استفاده از انتشار است (کسائی، ۱۴۰۰: ۴).

حمله الکترونیکی غیرفعال شامل اقدامات زیر می‌باشد:

۱. روش‌های شیمیایی مانند رنگ‌های جاذب امواج الکترومغناطیس ۶
۲. روش‌های مکانیکی مانند چف، دکوی غیرفعال و کاهش سطح مقطع پرنده یا شناور (بالا زاده، ۱۳۹۵)

اختلال نویزی^۱: در اختلال نویزی با ارسال نویز با توان بالا، نسبت سیگنال به نویز در گیرنده دشمن را کاهش می‌دهیم. در این روش سطح نویز پیرامون سیگنال هدف، زیاد شده و در نتیجه برد آشکارسازی گیرنده کم می‌شود. با توجه به تعریف بالا روشن است که اخلالگر نویزی نیاز به توان بالایی دارد (جعفری، ۱۳۹۲: ۷).

اختلال فریب^۲: در اختلال فریب با ارسال سیگنال‌های فریب کاری می‌کنیم که پردازشگر آن به اشتباه افتاده یا اشباع شود و نتواند سیگنال مطلوب را دنبال کند (جعفری، ۱۳۹۲: ۷۱).

اخلال مخابراتی و اخلال راداری

منظور از اخلال مخابراتی اخلال سیگنال‌های مخابراتی است. این مسئله عموماً بصورت مختل کردن یک سیگنال تاکتیکی اچ اف، وی اچ اف، یو اچ اف به وسیله اخلال پوششی سیگنال‌های مدوله شده نویز و یا اخلال پیوند‌های مخابراتی نقطه به نقطه ریز موج و یا پیوندهای فرمان یا داده به و یا از وسایل دور دست است. اخلال راداری به وسیله ایجاد یک سیگنال فریب دهنده یا پوششی از تعیین مکان یا ردیابی شدن هدف توسط رادار جلوگیری می‌کند (دیوید آدامی، ۲۰۰۱: ۱۷۸).

1. Noise Jamming
2. Deceptive Jamming

حمله الکترونیکی سخت

در روش‌های متعارف جنگ الکترونیک، مقابله بصورت اختلال علیه سیستم ناوبری، لینک‌های کنترلی، رادار و سنسورهای شناسایی تهدیدات صورت می‌گیرد. که بایستی تخمین دقیقی از فرکانس کاری و مشخصات سیگنالی، ارتباطی و کنترلی از اهداف داشت تا بصورت موقت بر روی اهداف تاثیر گذاشت. ولی سلاح‌های انرژی مستقیم^۱، مستقل از فرکانس و مشخصات سیگنالی، ارتباطی و کنترلی از اهداف عمل می‌کنند و تاثیر بر روی الکترونیک هدف می‌گذارند که این تاثیرات بصورت دائمی و موجب سقوط و انهدام هدف می‌گردد. سلاح‌های انرژی مستقیم، بخشی از حمله الکترونیکی است، که خود زیر مجموعه جنگ الکترونیک محسوب می‌گردد (مجله آنلاین JED، ۱۴۰۱: ۲).

فناوری‌های سلاح‌های انرژی مستقیم معمولاً به شکل زیر هستند:

(۱) لیزرهای پرانرژی^۲.

(۲) سیستم‌های مایکروویو پر قدرت^۳ یا فرکانس رادیویی با توان بالا^۴ (همان: ۲).

پیشینه پژوهش

پیشینه یابی پژوهش از طریق مراجعه و بررسی منابع مرتبط توسط محقق انجام شده است. هر چند در مراکز مورد بررسی (دافوس آجا و سپاه، دانشگاه امام حسین^(ع)) تحقیقی مشابه با عنوان این پژوهش مشاهده نگردید، اما برخی از تحقیقات صورت گرفته که به نوعی با کلید واژه‌های این پژوهش مرتبط هستند به شرح زیر است:

دهقان، احمد (۱۳۹۲) در پژوهشی به "تبیین اصول طرح ریزی و کنترل جنگ الکترونیک در سطح قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا(ص) آجا" پرداخته است. محقق ضرورت ساختار، نیروی انسانی خبره، توانمندی تجهیزاتی را از مهم‌ترین مسائل در طرح ریزی جنگ الکترونیک برمی-شمارد. همچنین مدیریت صحنه جنگ در منطقه عملیات را یکی از راهکارهای کنترل محیط عملیات جنگ الکترونیک می‌داند.

1. directed energy weapons
2. high-energy lasers
3. high-power microwave
4. high-power radio frequency

بیکر نگار، عبدالله (۱۳۹۰) پژوهشی با عنوان "ارایه ساختار مناسب جنگ الکترونیک قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا(ص) آجا در مقابل تهدیدات آتی" نوشته است. که به اهمیت و ضرورت ساختار و سازمان مناسب و پاسخگو، سامانه‌ها، تجهیزات و مقدورات جنگ الکترونیک و نیز جذب و تربیت نیروی انسانی متخصص، متناسب با نیاز اشاره کرده است.

قاسمی، علی رضا (۱۳۸۸) در پژوهشی با عنوان "یگان‌های مناسب عملیات جنگال نزاجا در مقابله با تهدیدات جنگ الکترونیک نیروهای فرمانطقه‌ای" آموزش نیروی انسانی بر پایه تخصص در راستای فناوری روز و متناسب با تهدیدات فرمانطقه‌ای، تجهیزات مدرن، پیشرفته و متناسب با فناوری روز و همچنین تحرک پذیری نیروی انسانی و تجهیزات را از اقدامات مناسب در موفقیت عملیات جنگال نزاجا دانسته است.

یزدان پناه، رهام و همکاران (۱۳۹۸) در مقاله‌ای با عنوان "آینده پژوهی فناوری‌های جنگ الکترونیک و تعیین نقاط ضعف، قوت، فرصت‌ها و تهدیدات این حوزه" به بخش‌های مختلف جنگ الکترونیک و ارائه درخت فناوری جنگ الکترونیک می‌پردازد و مورد توجه بودن جنگ الکترونیک در همه سطوح شناسایی و هدف یابی، بکارگیری سلاح، تحلیل سریع و دقیق اخبار و انتقال سریع اطلاعات را عامل موفقیت در عملیات نظامی دانسته است.

فرحبخت، احمد رضا و همکاران (۱۳۹۷) در مقاله‌ای با عنوان "همگرایی جنگ الکترونیک و جنگ سایبری و الزامات اجرای آن در سازمان‌های نظامی" اشاره می‌دارد که ادغام اقدامات جنگ الکترونیک و جنگ سایبری و شکل‌گیری فعالیت‌های سایبر الکترومغناطیس، قابلیت جدید و ارتقاء یافته‌ای را ایجاد نموده و می‌تواند هم افزایی و بهره‌وری در ساختار سازمانی، منابع انسانی و تجهیزاتی را به ارمغان آورده و اثر بخشی اقدامات را در صحنه نبرد افزایش دهد. وجود ساختار و سازمان یکپارچه در تمامی سطوح، ایجاد یگان‌های سایبر الکترومغناطیس رزمی در سطح تاکتیک و طرح‌ریزی و عملیات مشترک تحت فرماندهی واحد را از الزامات همگرایی این دو حوزه دانسته است.

کسایی، هادی (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان "نحوه بکارگیری تجهیزات حمله الکترونیک راداری دور ایستا در عملیات جنگ الکترونیک نیروی هوایی" اشاره می‌دارد که اختلال راداری دور ایستا گامی موثر در جهت افزایش توان رزم هوایی و جلوگیری از تلفات در نبردهای احتمالی را در بر خواهد داشت. همچنین اختلال دور ایستا با شاخص‌هایی نظیر اختلال نویز و فریب امکان پذیر است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش ترکیبی (کیفی-کمی) که در بخش کیفی الگوی اولیه استخراج شده از مبانی نظری و پیشینه از طریق مصاحبه ساختاریافته بررسی و تکمیل شد و در بخش کمی الگوی مذکور توسط متخصصان مربوطه با روش پیمایشی، اعتباریابی و تایید شد. جامعه آماری پژوهش در بخش کیفی ۱۵ نفر از خبرگان جنگ الکترونیک و دارای مدرک دکتری یا کارشناسی ارشد و دافوس بودند که این افراد کسانی هستند که سال‌ها در زمینه جنگ الکترونیک دارای تجارب ارزشمندی بوده و در بخش کمی ۴۰ نفر از خبرگان، مدیران و کارشناسان صاحب نظر در حوزه جنگ الکترونیک و عملیات پدافند هوایی زمین پایه بودند. نمونه آماری در بخش کیفی ۱۴ نفر (بصورت تمام شمار) و در بخش کمی ۳۶ نفر که از طریق جدول مورگان تعیین و با روش تصادفی ساده انتخاب شدند. از روش مطالعه اسنادی (کتابخانه‌ای) به منظور بررسی ادبیات، پیشینه و اسناد بالادستی، و در بخش کیفی از مصاحبه ساختار یافته و روش میدان، و در بخش کمی از روش پیمایشی برای جمع آوری داده‌ها استفاده شد. ابزار گردآوری داده‌ها فیش، مصاحبه ساختار یافته و پرسشنامه محقق ساخته بود. به منظور دستیابی به الگوی اولیه پژوهش، مبانی نظری و پیشینه‌های مرتبط به شیوه‌ی قیاسی و استقرایی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و الگوی اولیه تهیه شد. برای تعیین روایی و اعتبار ابزار مصاحبه ساختار یافته و پرسشنامه نهایی از روایی صوری و محتوایی، استفاده شد. به این صورت که ابزار مصاحبه ساختار یافته و پرسشنامه در معرض قضاوت ۱۴ نفر از خبرگان حوزه جنگ الکترونیک قرار گرفت و روایی آنها از نظر صوری و محتوایی مورد تایید قرار گرفت. و در نهایت آزمون دو جمله‌ای برای سنجش گزاره‌های تایید شده، استفاده شد.

جدول ۱. نتایج آزمون دو جمله‌ای روی نظرات ۱۴ نفر از خبرگان

نتیجه آزمون	سطح معناداری	نسبت آزمون	نسبت مشاهده شده	تعداد داده‌ها	دسته	مؤلفه فرعی	مؤلفه اصلی	سامانه
تأیید	۰.۰۰۰	۰.۵	۱.۰۰	۱۴	موافق	اقدام الکترونیکی راداری	غیرارتباطی (تسلیماتی)	حمله الکترونیکی
			۰	۰	مخالفاً			

سامانه	مؤلفه اصلی	مؤلفه فرعی	دسته	تعداد داده‌ها	نسبت مشاهده شده	نسبت آزمون	سطح معناداری	نتیجه آزمون
		هشدار اولیه	کل	۱۴	۱.۰۰			
		اقدام الکترونیکی راداری تجسس	موافق	۱۴	۱.۰۰	۰.۵	.۰۰۰	تأیید
			مخال ف	۰	۰			
			کل	۱۴	۱.۰۰			
		اقدام الکترونیکی راداری موج میلیمتری	موافق	۱۴	۱.۰۰	۰.۵	.۰۰۰	تأیید
			مخال ف	۰	۰			
			کل	۱۴	۱.۰۰			
		اقدام الکترونیکی ناوبری	موافق	۱۴	۱.۰۰	۰.۵	.۰۰۰	تأیید
			مخال ف	۰	۰			
			کل	۱۴	۱.۰۰			
		شبیه ساز راداری	موافق	۱۴	۱.۰۰	۰.۵	.۰۰۰	تأیید
			مخال ف	۰	۰			
			کل	۱۴	۱.۰۰			
		اقدام اختلال (گمراه کننده)	موافق	۱۴	۱.۰۰	۰.۵	.۰۰۰	تأیید
			مخال ف	۰	۰			
			کل	۱۴	۱.۰۰			
		اقدام	موافق	۱۴	۱.۰۰	۰.۵	.۰۰۰	تأیید

سامانه	مؤلفه اصلی	مؤلفه فرعی	دسته	تعداد داده‌ها	نسبت مشاهده شده	نسبت آزمون	سطح معناداری	نتیجه آزمون
		الکترونیکی ارتفاع یاب	مخال ف	۰	۰			
			کل	۱۴	۱.۰۰			
		اقدام الکترونیکی شناسایی هوایی	موافق	۱۴	۱.۰۰	۰.۵	۰.۰۰	تأیید
			مخال ف	۰	۰			
			کل	۱۴	۱.۰۰			
		اقدام انهدامی	موافق	۱۴	۱.۰۰	۰.۵	۰.۰۰	تأیید
			مخال ف	۰	۰			
			کل	۱۴	۱.۰۰			
		ارتباطی	اقدام الکترونیکی پیوند تاکتیکی	موافق	۱۴	۱.۰۰	۰.۵	۰.۰۰
	مخال ف			۰	۰			
	کل			۱۴	۱.۰۰			
	اقدام الکترونیکی پیوند هوایی		موافق	۱۴	۱.۰۰	۰.۵	۰.۰۰	تأیید
مخال ف			۰	۰				
کل			۱۴	۱.۰۰				
اقدام الکترونیکی پیوند ماهواره‌ای	موافق		۱۴	۱.۰۰	۰.۵	۰.۰۰	تأیید	
	مخال ف		۰	۰				
	کل		۱۴	۱.۰۰				

نتیجه آزمون	سطح معناداری	نسبت آزمون	نسبت مشاهده شده	تعداد داده‌ها	دسته	مؤلفه فرعی	مؤلفه اصلی	سامانه
تأیید	۰.۰۰۰	۰.۵	۱.۰۰	۱۴	موافق	اقدام الکترونیکی فرکانس بسیار بالا		
			۰	۰	مخال ف			
			۱.۰۰	۱۴	کل			

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول شماره ۱، کلیه مؤلفه‌های فرعی از کل الگوی اولیه بر اساس نظر خبرگان با سطح معناداری کمتر از ۰,۰۵ مورد تأیید قرار گرفتند.

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول شماره ۲، ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شده به منظور پایایی پرسشنامه برای تمامی مؤلفه‌های فرعی پژوهش بالای ۰,۷۰ بود.

جدول ۱. ضریب آلفای کرونباخ پرسشنامه

ضریب آلفای کرونباخ	تعداد مؤلفه‌های فرعی	مؤلفه اصلی	سامانه
۰,۷۰۱	۹	غیرارتباطی	اقدام
۰,۷۸۷	۴	ارتباطی	الکترونیکی

برای توصیف داده‌ها از آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار و نمودارها) و برای تحلیل داده‌های کمی ابتدا از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف برای مقایسه توزیع داده‌های متغیرهای پژوهش با توزیع نرمال و سپس پیش فرض‌های آزمون تحلیل عاملی مورد بررسی و کنترل قرار گرفت. برای پاسخ به سوال‌های تحقیق از روش تحلیل عاملی تاییدی استفاده شد. برای انجام تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار SPSS 20 و Lisrel 8.8 استفاده شد.

یافته‌های پژوهش

تحلیل توصیفی داده‌های کمی تحقیق حاصل از پاسخ جامعه نمونه به پرسشنامه محقق ساخته بر اساس طیف لیکرت، در قالب میانگین و انحراف معیار مولفه‌ها انجام شد.

جدول ۲. آماره‌های توصیفی مربوط به اقدام آفند الکترونیکی غیرارتباطی

ردیف	مؤلفه‌های فرعی	گزینه‌ها (درصد)					میانگین	انحراف معیار
		کمتر از ۱۰	بین ۱۰ تا ۲۰	بین ۲۰ تا ۳۰	بین ۳۰ تا ۴۰	بیشتر از ۴۰		
۱	اقدام الکترونیکی راداری هشدار اولیه	۰	۰	۲۸	۱۱.۱	۸۶.۱	۴.۸۳	۰.۴۴۷
۲	اقدام الکترونیکی راداری تجسس	۰	۰	۰	۳۳.۳	۶۶.۷	۴.۶۷	۰.۴۷۸
۳	اقدام الکترونیکی راداری موج میلیمتری	۰	۲۸	۲۵.۰	۴۷.۲	۲۵.۰	۳.۹۴	۰.۷۹۱
۴	سامانه‌های حمله الکترونیکی ناوبری	۰	۰	۰	۲۵.۰	۷۵.۰	۴.۷۵	۰.۴۳۹
۵	شبیه‌ساز راداری	۰	۰	۱۶.۷	۵۲.۸	۳۰.۶	۴.۱۴	۰.۶۸۳
۶	اقدام اختلال (گمراه کننده)	۰	۰	۲۸	۳۸.۹	۵۸.۳	۴.۵۶	۰.۵۵۸
۷	اقدام الکترونیکی ارتفاع یاب	۰	۰	۰	۳۸.۹	۶۱.۱	۴.۶۱	۰.۴۹۴
۸	اقدام الکترونیکی شناسایی هوایی	۰	۰	۰	۲۵.۰	۷۵.۰	۴.۷۵	۰.۴۳۹
۹	اقدام انهدامی	۰	۰	۲۸	۳۶.۱	۶۱.۱	۴.۵۸	۰.۵۵۴
	میانگین مؤلفه‌های فرعی اقدام الکترونیکی (غیرارتباطی)	۰	۰.۳	۵.۵۳	۳۴.۳	۵۹.۸	۴.۵۳	۰.۵۴

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول شماره ۳، بیشترین میانگین مربوط به مؤلفه فرعی «

اقدام الکترونیکی راداری هشدار اولیه» با میانگین ۴/۸۳ (از ۵) و کمترین میانگین مربوط به مؤلفه

فرعی «اقدام الکترونیکی راداری موج میلیمتری» با میانگین ۳/۹۴ (از ۵) بود.

جدول ۳. آماره‌های توصیفی مربوط به اقدام آفند الکترونیکی ارتباطی

ردیف	مؤلفه‌های فرعی	گزینه‌ها (درصد)					میانگین	انحراف معیار
		کمتر از ۱۰	بین ۱۰ تا ۲۰	بین ۲۰ تا ۳۰	بین ۳۰ تا ۴۰	بیشتر از ۴۰		
۱	اقدام الکترونیکی پیوند تاکتیکی	۰	۰	۲۸	۱۹.۴	۷۷.۸	۴.۷۵	۰.۵۰۰
۲	اقدام الکترونیکی پیوند هوایی	۰	۰	۲۸	۱۹.۴	۷۷.۸	۴.۷۵	۰.۵۰۰
۳	اقدام الکترونیکی پیوند ماهواره‌ای	۰	۰	۰	۱۶.۷	۸۳.۳	۴.۸۳	۰.۳۷۸
۴	اقدام الکترونیکی فرکانس بسیار بالا	۰	۰	۱۱.۱	۴۴.۴	۴۴.۴	۴.۳۳	۰.۶۷۶
	میانگین مؤلفه‌های فرعی اقدام الکترونیکی (ارتباطی)	۰	۰	۴.۱۶	۲۵	۷۰.۸۳	۴.۶۶	۰.۵۱

با توجه به نتایج بدست آمده در جدول شماره ۴، بیشترین میانگین مربوط به مؤلفه فرعی «اقدام الکترونیکی پیوند ماهواره‌ای» با میانگین ۴,۸۳ (از ۵) و کمترین میانگین مربوط به مؤلفه فرعی «اقدام الکترونیکی فرکانس بسیار بالا» با میانگین ۴,۳۳ (از ۵) بود.

برای تحلیل استنباطی داده‌های کمی و پاسخ به سوال‌های تحقیق و تعیین اعتبار الگوی نهایی از روش تحلیل عاملی تاییدی و مدل‌سازی معادلات ساختاری استفاده شد.

ابتدا از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف برای مقایسه توزیع داده‌های متغیرهای پژوهش با توزیع نرمال استفاده شد، سایر آزمون‌های پیش فرض تحلیل عاملی بررسی و تایید شد.

جدول ۵. خروجی آزمون کولموگروف اسمیرنوف

	Kolmogorov-Smirnova		
	Statistic آماره	df درجه آزادی	Sig. سطح معنی‌داری
سؤال یکم	0.506	36	.000 ^c
سؤال دوم	0.424	36	.000 ^c
سؤال سوم	0.250	36	.000 ^c
سؤال چهارم	0.465	36	.000 ^c
سؤال پنجم	0.275	36	.000 ^c
سؤال ششم	0.371	36	.000 ^c
سؤال هفتم	0.395	36	.000 ^c
سؤال هشتم	0.465	36	.000 ^c
سؤال نهم	0.385	36	.000 ^c
سؤال دهم	0.469	36	.000 ^c
سؤال یازدهم	0.469	36	.000 ^c
سؤال دوازدهم	0.504	36	.000 ^c
سؤال سیزدهم	0.282	36	.000 ^c

با توجه به اینکه آماره K-S در سطح $\text{Sig} = 0 < 0.05$ معنادار است لذا توزیع داده‌های تحقیق در مؤلفه‌های فرعی پژوهش از توزیع نرمال پیروی نکرده در نتیجه بایستی از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده نمود.

تحلیل عاملی تاییدی

با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی و سنجش بارهای عاملی مشخص می‌شود که آیا سؤالات طراحی شده در هر سازه واقعاً می‌تواند سازه مورد نظر را بسنجد. یا عبارتی آیا آیتم‌های یک پرسشنامه، عامل زیربنایی خود را اندازه‌گیری می‌کند؟

جدول ۴. نتایج سنجش بارهای عاملی مؤلفه‌های فرعی الگوی اقدام آفند الکترونیکی

سؤال	بارعاملی	انحراف معیار	آماره t	سطح معناداری
A01	۰,۵۹۹	۰,۴۴۷	۲۴,۵۹۷	کمتر از ۰,۰۰۱
A02	۰,۵۰۵	۰,۴۷۸	۲۰,۹۱۷	کمتر از ۰,۰۰۱
A03	۰,۵۳۸	۰,۷۹۱	۱۹,۱۶۶	کمتر از ۰,۰۰۱
A04	۰,۵۷۴	۰,۴۳۹	۲۳,۹۱۰	کمتر از ۰,۰۰۱
A05	۰,۵۵۷	۰,۶۸۳	۰,۱۱۱۵	کمتر از ۰,۰۰۱
A06	۰,۷۱۹	۰,۵۵۸	۱۶,۷۳۳	کمتر از ۰,۰۰۱
A07	۰,۵۵۲	۰,۴۹۴	۱۹,۵۵۲	کمتر از ۰,۰۰۱
A08	۰,۶۹۹	۰,۴۳۹	۲۳,۹۱۰	کمتر از ۰,۰۰۱
A09	۰,۵۷۵	۰,۵۵۴	۱۷,۱۴۲	کمتر از ۰,۰۰۱
A10	۰,۸۷۵	۰,۵۰۰	۲۱,۰۰۰	کمتر از ۰,۰۰۱
A11	۰,۹۱۶	۰,۵۰۰	۲۱,۰۰۰	کمتر از ۰,۰۰۱
A12	۰,۷۰۶	۰,۳۷۸	۲۹,۱۰۳	کمتر از ۰,۰۰۱
A13	۰,۶۸۴	۰,۶۷۶	۸۳۲۱۶	کمتر از ۰,۰۰۱

جدول ۵. نتایج سنجش بارهای عاملی مؤلفه‌های اصلی الگوی اقدام آفند الکترونیکی

مؤلفه‌های اصلی	بارعاملی	انحراف معیار	آماره t	سطح معناداری
غیر ارتباطی	۰,۵۴۴	۰,۵۴۲	۲۰,۱۰۴	کمتر از ۰,۰۰۱
ارتباطی	۰,۶۲۴	۰,۵۱۳	۲۱,۹۸۳	کمتر از ۰,۰۰۱

برخی نویسندگان مثل ریوارد وهاف، عدد ۰/۵ را به عنوان ملاک بارهای عاملی ذکر نموده‌اند. با توجه به سطح معناداری بارهای عاملی، به راحتی می‌توان در خصوص ابقا یا حذف آن‌ها از الگو تصمیم‌گیری کرد. لذا با توجه به نتایج جدول شماره ۶ و ۷ بارهای عاملی از ۰/۵ بیشتر بوده و مؤلفه‌های اصلی و فرعی مورد تأیید قرار می‌گیرند.

پاسخ به سوال‌های پژوهش

سوال اول: مؤلفه‌های اصلی الگوی اقدامات آفند الکترونیکی در پدافند هوایی زمین پایه کدام است؟

برای تأیید مدل مذکور با استفاده از مدلسازی معادلات ساختاری، مدل ابعاد الگوی اقدامات آفند الکترونیکی در مقادیر استاندارد شده و مقادیر معناداری t ترسیم و نتایج حاصل از یافته‌های مدل تحقیق در جدول شماره ۸ آمده است.

جدول ۶. نتایج حاصل از یافته‌های الگوی اقدامات آفند الکترونیکی

نتیجه	سطح معناداری	مقدار t	انحراف استاندارد	ضریب مسیر	مؤلفه‌های اصلی روابط	
					غیر ارتباطی	ارتباطی
تأیید رابطه	کمتر از ۰,۰۰۱	۳,۳۴۸	۰,۱۷۳	۰,۶۲۴	حمله الکترونیکی	حمله
تأیید رابطه	کمتر از ۰,۰۰۱	۳,۱۴۶	۰,۱۹۱	۰,۴۹۲	حمله الکترونیکی	ارتباطی حمله

نتایج جدول شماره ۸ نشان می‌دهد همه ضرایب مدل در سطح کمتر از ۰/۰۰۱ به معناداری آماری رسیده‌اند. این یافته نشان می‌دهد الگوی مفهومی تحقیق تفاوت معناداری با الگوی تجربی حاصل از داده‌های تحقیق ندارد. لذا می‌توان الگوی اقدامات آفند الکترونیکی با دو مؤلفه اصلی

"غیر ارتباطی و ارتباطی" را الگویی مناسب و قابل اجرا دانست. همچنین بر اساس نتایج جدول شماره ۷ این مؤلفه‌ها از نظر بارهای عاملی نیز مورد تایید قرار گرفتند.

سوال دوم: مؤلفه‌های فرعی الگوی اقدامات آفند الکترونیکی در پدافند هوایی زمین پایه کدام است؟

نتایج سنجش بارهای عاملی مؤلفه‌های فرعی الگو در جدول شماره ۶ نشان می‌دهد با توجه به سطح معنی‌داری بارهای عاملی، مؤلفه‌های فرعی نه‌گانه غیر ارتباطی شامل اقدام الکترونیکی رادارهای هشدار اولیه و فرماندهی کنترل هواپرد، رادارهای تجسس و رهگیر، رادارهای موج میلیمتری، ناوبری ماهواره‌ای، گمراه‌کننده، رادارهای ارتفاع یاب، رادارهای شناسایی، اقدام انهدامی، شبیه‌ساز راداری و مؤلفه‌های فرعی چهارگانه ارتباطی شامل اقدام الکترونیکی پیوند تاکتیکی، پیوند هوایی، پیوند ماهواره‌ای، طیف گسترده فرکانس بسیار بالا و در مجموع هر ۱۳ مؤلفه فرعی آفند الکترونیکی مورد تایید می‌باشد.

سوال سوم: رتبه‌بندی هر کدام از مؤلفه‌های فرعی الگوی اقدامات آفند الکترونیکی در پدافند هوایی زمین پایه کدام است؟

برای پاسخ مناسب در این زمینه، آزمون آماری فریدمن که میانگین رتبه مؤلفه‌های فرعی را با هم مقایسه می‌کند استفاده شد.

جدول ۹. نتایج حاصل از آزمون فریدمن برای اولویت‌بندی مؤلفه‌های فرعی «اقدام آفند الکترونیکی - غیر ارتباطی»

Ranks	
	Mean Rank
سؤال یکم	۶.۱۷
سؤال چهارم	۵.۸۲
سؤال هشتم	۵.۷۸
سؤال دوم	۵.۳۹
سؤال هفتم	۵.۲۲
سؤال نهم	۵.۱۷
سؤال ششم	۴.۹۴
سؤال پنجم	۳.۴۴
سؤال سوم	۳.۰۷

Test Statistics ^a	
N	۳۶
Chi-Square	۶۸.۸۸۴
df	۸
Asymp. Sig.	.۰۰۰
a. Friedman Test	

با توجه به نتایج حاصل از آزمون فریدمن در جدول شماره ۹، مهمترین عامل به مؤلفه فرعی اول « اقدام الکترونیکی راداری هشدار اولیه » با امتیاز (۶,۱۷) و کم اهمیت ترین عامل به مؤلفه فرعی سوم « اقدام الکترونیکی راداری موج میلیمتری » با امتیاز (۳,۰۷) بدست آمده است. همینطور بر اساس جدول دوم از دیدگاه ۳۶ نفر در این آزمون، مقدار معناداری نیز ۰/۰۰۰۱ بدست آمده است که نشان می دهد می توان در سطح خطای یک درصد به نتایج بدست آمده اتکا کرد.

جدول ۱۰. نتایج حاصل از آزمون فریدمن برای اولویت بندی مؤلفه های فرعی « اقدام آفند الکترونیکی -ارتباطی»

Ranks	
	Mean Rank
سؤال دوازدهم	2.81
سؤال دهم	2.63
سؤال یازدهم	2.63
سؤال سیزدهم	1.94
Test Statistics ^a	
N	36
Chi-Square	29.296
df	3
Asymp. Sig.	.000
a. Friedman Test	

با توجه به نتایج حاصل از آزمون فریدمن در جدول شماره ۱۰، مهمترین عامل، مؤلفه فرعی دوازدهم « اقدام الکترونیکی پیوند ماهواره ای » با امتیاز (۲,۸۱) و کم اهمیت ترین عامل، مؤلفه فرعی سیزدهم « اقدام الکترونیکی فرکانس بسیار بالا » با امتیاز (۱,۹۴) می باشد. همینطور بر اساس جدول دوم از دیدگاه ۳۶ نفر در این آزمون، مقدار معناداری نیز ۰/۰۰۰۱ بدست آمده است که نشان می دهد می توان در سطح خطای یک درصد به نتایج بدست آمده اتکا کرد.

سوال چهارم: میزان برازش و اعتبار الگوی اقدامات آفند الکترونیکی در پدافند هوایی زمین پایه چقدر است؟

روایی (اعتماد) همگرا و واگرای مدل

روایی یعنی شاخص (سؤال)‌های اندازه‌گیری همان چیزی را بسنجند که در ابتدای پژوهش بنای سنجیدن آن را داشته‌اند (قلی‌زاده، ۱۴۰۰: ۱۵). روایی مدل توسط دو معیار روایی همگرا و واگرا که مختص مدل‌سازی معادلات ساختاری است بررسی شد. برای ارزیابی روایی همگرا از معیار میانگین واریانس استخراج شده مربوط به متغیرهای مرتبه اول استفاده شد. در این آزمون میانگین واریانس استخراجی باید بزرگتر از ۰,۵ باشد. نتایج این معیار در جدول شماره ۱۱ نشان داده شده است.

جدول ۷. نتایج میانگین واریانس استخراج شده متغیرهای مرتبه اول الگوی آفند الکترونیکی

متغیر	میانگین واریانس استخراج شده	انحراف معیار	آماره t	سطح معناداری
غیرارتباطی حمله الکترونیکی	۰,۵۳۹	۰,۰۷۴	۹,۱۷۵	کمتر از ۰,۰۰۱
ارتباطی حمله الکترونیکی	۰,۶۴۳	۰,۰۶۳	۱۱,۰۵۴	کمتر از ۰,۰۰۱

در قسمت روایی واگرا، میزان همبستگی بین شاخص‌های یک سازه با آن سازه و میزان همبستگی بین شاخص‌های یک سازه با سازه‌های دیگر مقایسه می‌گردد. برای این کار، یک ماتریس باید تشکیل داد که مقادیر اصلی ماتریس جذر ضرایب AVE هر سازه می‌باشد و مقادیر پایین قطر اصلی ضرایب همبستگی بین هر سازه با سازه‌های دیگر است. این ماتریس در جدول شماره ۱۲ نشان داده شده است.

جدول ۸. ماتریس مقایسه جذر AVE و ضرایب همبستگی سازه

سازه	ارتباطی حمله	غیرارتباطی حمله
ارتباطی حمله	۰,۸۰۲	
غیرارتباطی حمله	۰,۴۵۹	۰,۸۸۷

۱. AVE: Average Variance Extracted

همان گونه که نتایج جدول شماره ۱۲ نشان می‌دهد، در تمامی موارد، جذر ضرایب AVE هر سازه از ضرایب همبستگی آن سازه با سازه‌های دیگر بیشتر است که این مطلب حاکی از قابل قبول بودن روایی و اگرای سازه‌ها می‌باشد.

پایایی (اعتبار) مدل

برای سنجش پایایی الگو به بررسی پایایی ترکیبی^۱ و آلفای کرونباخ پرداخته شد. ضریب آلفای کرونباخ بیانگر میزان توانایی سؤالات در تبیین مناسب ابعاد مربوط به خود است. همچنین ضریب پایایی ترکیبی نیز میزان همبستگی سؤال‌های یک بُعد با یکدیگر برای برازش کافی مدل‌های اندازه‌گیری را مشخص می‌کند (طالعی و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج این قسمت در جدول شماره ۱۳ نشان داده شده است.

جدول ۹. نتایج پایایی الگوی اقدام آفند الکترونیکی

سازه	آلفای کرونباخ	پایایی ترکیبی (CR)
ارتباطی	۰,۸۰۹	۰,۸۷۶
غیرارتباطی	۰,۶۰۴	۰,۷۰۲

نتایج جدول شماره ۱۳ نشان می‌دهد که با توجه به مقادیر آلفای کرونباخ و همچنین پایایی ترکیبی، به جز مؤلفه غیرارتباطی حمله با پایایی ۰/۶۰، بقیه مؤلفه‌ها دارای پایایی ۰/۷ و بالاتر هستند که با توجه به اینکه پایایی ترکیبی مؤلفه غیرارتباطی حمله از ۰/۷ بالاتر است، پایین بودن پایایی این مؤلفه‌ها خللی به پایایی الگو وارد نمی‌کند. لذا می‌توان ادعا کرد که مدل از پایایی مطلوبی برخوردار است.

برازش مدل

برازش مدل روشی برای سنجش میزان سازگاری یک الگوی نظری (تئوریک) با یک الگوی تجربی است. برازش مدل نشان می‌دهد مدل طراحی شده توسط پژوهشگر چقدر بر اساس داده‌های واقعی، پشتیبانی می‌شود. در نرم افزارهایی مانند لیزرل و آموس نیز تعداد زیادی از شاخص‌های برازندگی وجود دارد (حبیبی و کلاهی، ۱۴۰۱: ۳۵).

1. Composite Reliability

جدول شماره ۱۴ دامنه پذیرش شاخص‌های برازندگی را نشان می‌دهد.

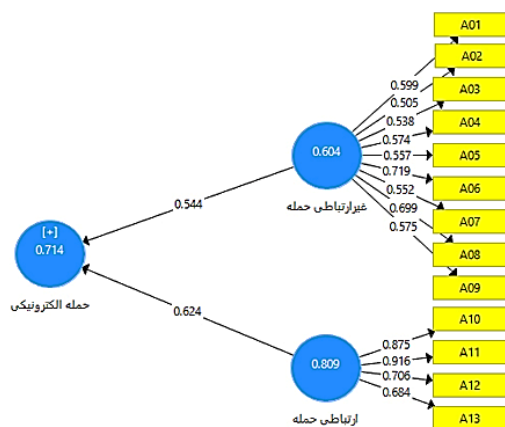
جدول ۱۰. شاخص‌های برازندگی و دامنه پذیرش آزمون‌های برازش مدل

شاخص برازندگی	χ^2/df	IFI	TLI	CFI	NFI	GFI	RMSEA
دامنه پذیرش	۱/۵	۰/۱	>۰/۹	>۰/۹	>۰/۹	>۰/۹	<۰/۰۵

جدول ۱۱. شاخص‌های الگوی اندازه‌گیری متغیرهای اقدام آفند الکترونیکی

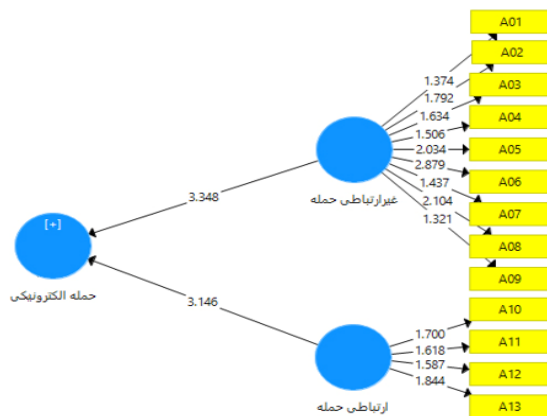
شاخص‌ها	χ^2/df	IFI	TLI	CFI	NFI	GFI	RMSEA
مقادیر	۱/۹۲	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۰۴۹

نتایج جدول شماره ۱۵ نشان می‌دهد نسبت مجذور کای بر درجات آزادی χ^2/df (۱/۹۲)، شاخص نیکویی برازش GFI (۰/۹۹)، شاخص برازندگی تطبیقی CFI (۰/۹۹)، شاخص برازندگی افزایشی IFI (۰/۹۹)، شاخص برازندگی هنجار شده NFI (۰/۹۹)، شاخص توکر-لویس TLI (۰/۹۹) و شاخص جذر میانگین مربعات خطای تقریب RMSEA (۰/۰۴۹) می‌باشد. لذا نتایج حاصل نشان می‌دهد که مدل اندازه‌گیری متغیرهای اقدام آفند الکترونیکی از برازندگی و روایی سازه خوبی برخوردار است و مدل آزمون شده کل، برازش مناسبی با داده‌های گردآوری شده دارد.



شکل ۱. الگوی اندازه‌گیری آفند الکترونیکی به همراه بارهای عاملی و آلفای کرونباخ متغیرهای پنهان

الگوی پیاده‌سازی شده با استفاده از معادلات ساختاری



شکل ۲. الگوی ساختاری آفند الکترونیکی به همراه مقادیر t

الگوی نهایی پژوهش

با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، الگوی اقدامات آفند الکترونیکی دارای دو مؤلفه اصلی شامل غیر ارتباطی و ارتباطی و ۱۳ مؤلفه فرعی بود که مدل نهایی تحقیق در شکل شماره ۳ ارائه شده است.



شکل ۳. الگوی نهایی پژوهش

نتیجه‌گیری

یکی از شروط موفقیت در عملیات‌های دفاع الکترونیکی در پدافند هوایی زمین پایه علاوه بر طرح ریزی و فرماندهی و کنترل صحنه نبرد الکترونیکی، طراحی الگوی مناسب اقدامات آفند الکترونیکی می‌باشد. از اینرو با هدف ایجاد قابلیت‌های جدید و ارتقاء یافته در امر پدافند هوایی زمین پایه، هم افزایی، افزایش اثر بخشی اقدامات در صحنه نبرد، الگوی اولیه اقدامات آفند الکترونیکی طراحی و اعتباریابی آن با استفاده از روش تحلیل عاملی تاییدی و مدل سازی معادلات ساختاری انجام شد و برازش مدل نهایی نیز مورد تایید قرار گرفت. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که الگوی اعتبار یابی شده نهایی اقدامات آفند الکترونیکی شامل دو مؤلفه اصلی غیر ارتباطی و ارتباطی و ۱۳ مؤلفه فرعی می‌باشد. اولویت اول تا نهم مؤلفه‌های فرعی غیر ارتباطی در الگوی نهایی به ترتیب شامل اقدامات الکترونیکی راداری هشدار اولیه، ناوبری، شناسایی هوایی، راداری تجسس، ارتفاع یاب، انهدامی، گمراه کننده، سامانه شبیه ساز راداری و راداری موج میلیمتری می‌باشد. اولویت اول تا چهارم مؤلفه‌های فرعی ارتباطی در الگوی نهایی به ترتیب شامل اقدامات الکترونیکی پیوند ماهواره‌ای، پیوند تاکتیکی، پیوند هوایی و وی اچ اف می‌باشد. بهره‌گیری از اقدامات طرح شده در این الگو در کنار اقدامات پشتیبانی الکترونیکی جهت جستجو، کشف، شناسایی، جهت یابی و مکانیابی سیگنالی اهداف در طیف الکترومغناطیس، تحت فرماندهی و کنترل عملیاتی واحد و منسجم صحنه نبرد الکترونیکی (جنگ الکترونیکی) علاوه بر جلوگیری از مخاطرات احتمالی، عملیات جنگ الکترونیکی موثر و موفق را رقم خواهد زد.

قدردانی

از خبرگان توانمندی که در طول پژوهش تجربیات و دانش خویش را سخاوتمندانه در اختیار محققان این پژوهش قرار دادند و استواری پژوهش حاضر بر مشارکت و دانش این بزرگواران قرار گرفته است بسیار سپاسگزارم.

فهرست منابع

- بالازاده، علی اصغر و همکاران، (۱۳۹۵)، عملیات جنگ الکترونیک قدرت هوایی، تهران: انتشارات دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا.
- بی نام، (۱۴۰۱)، مجله آنلاین JED.
- پیکر نگار، عبدالله، (۱۳۹۰)، پایان نامه "ارایه ساختار مناسب جنگ الکترونیک قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا (ص) آجا در مقابل تهدیدات آتی"، تهران: دانشکده فرماندهی و ستاد آجا.
- جعفری، سید بهزاد و همکاران، (۱۳۹۲)، آفند و پدافند الکترونیکی (جلد دوم)، تهران: نشر قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا (ص) آجا.
- جعفری، سید بهزاد و همکاران، (۱۳۹۲)، آفند و پدافند الکترونیکی (جلد اول)، تهران: نشر قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا (ص) آجا.
- جعفری، سید بهزاد و همکاران، (۱۳۹۲)، مقدمه‌ای بر جنگ الکترونیک، تهران: نشر قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا (ص) آجا.
- حبیبی، آرش و همکاران، (۱۴۰۱)، مدلیابی معادلات ساختاری و تحلیل عاملی، تهران: جهاد دانشگاهی، چاپ دوم.
- دهقان، احمد، (۱۳۹۲)، پایان نامه اصول طرح‌ریزی و کنترل جنگال، تهران: دانشکده فرماندهی و ستاد آجا.
- طالبی، کامبیز و همکاران، (۱۳۹۲)، شناسایی تاثیر سرمایه فکری بر تشخیص فرصت‌های کارآفرینانه در شرکت‌های دانش‌بنیان، فصلنامه مطالعات مدیریت (بهبود و تحول). شماره ۷۱.
- نایی، محمد مهدی؛ حرمتی، علی، (۱۳۸۵)، جنگ الکترونیک، تهران: نشر مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
- فرحبخت، احمد رضا و همکاران، (۱۳۹۷)، مقاله "همگرایی جنگ الکترونیک و جنگ سایبری و الزامات اجرای آن در سازمان‌های نظامی"، تهران: فصلنامه امنیت ملی.
- قاسمی، علی رضا، (۱۳۸۸)، پایان نامه "یگان‌های مناسب عملیات جنگال نزا جا در مقابله با تهدیدات جنگ الکترونیک نیروهای فرمانطقه‌ای"، تهران: دانشکده فرماندهی و ستاد آجا.
- قلی نژاد، صابر، (۱۴۰۰)، مقاله "الگوی نوین ترازایی قدرت نظامی با تاکید بر قدرت نظامی زمینی"، تهران: فصلنامه مدیریت و پژوهش‌های دفاعی، دوره ۲۰، شماره ۹۴. [Dor: 20.1001.1.20086121.1400.94.94.2.0](https://doi.org/10.1001.1.20086121.1400.94.94.2.0)
- کسائی، هادی، (۱۴۰۰)، مقاله "نحوه بکارگیری تجهیزات حمله الکترونیک راداری دور ایستا در عملیات جنگ الکترونیک نیروی هوایی"، تهران: فصلنامه علوم و فنون نظامی.
- نظافتی، محمد باقر و همکاران، (۱۳۸۵)، جنگ الکترونیک برای صحنه نبرد دیجیتال، تهران: مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاع.
- نیازمند، میلاد، (۱۳۹۳)، مروری بر مبانی جنگ الکترونیک، تهران: چاپخانه فرماندهی و آماد و پش هوایی.

یزدان پناه، رهام و همکاران، (۱۳۸۸)، مقاله "آینده پژوهی فناوری‌های جنگ الکترونیک و تعیین نقاط ضعف، قوت، فرصت‌ها و تهدیدات این حوزه"، تهران: چهارمین کنفرانس ملی مدیریت تکنولوژی ایران.

Adamy, David, (2001), "EW 101: a first cours in electronic warfare,"

Neri, Fillippo, (2001), " Introduction to electronic defense systems, "

Headquarter, Department of the Army, (2014), "FM 3-38: Cyber electromagnetic activities,"

Headquarter, Department of the Army, (20۱۶), " FM 3-12: Cyberspace and electronic warfare operations"

