راهکارهای مقابله با تأثیرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس علیه پهپادها

تاریخ دریافت:
۲۷ اسفند ماه ۱۴۰۲

تاریخ پذیرش:
۲۴ خرداد ماه ۱۴۰۳

مسعود عرب*[۱]، مهدی علی نژاد[۲]، حمید قنبرزاده[۳]

۱. کارشناسی ارشد، رشته مدیریت امور دفاعی گرایش هوافضا، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تهران، ایران.
۲. استادیار، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.
۳. کارشناسی ارشد، سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی ، دانشگاه آزاد اسلامی یزد، یزد، ایران.

چکیده

هدف از انجام مطالعه حاضر بررسی راهکارهای مقابله با تأثیرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس علیه پهپادها می‌باشد که از نوع کاربردی بوده و به روش توصیفی تحلیلی انجام گرفته است. در این پژوهش، به منظور دستیابی به اهداف تحقیق، بعد از ارائه مدل مفهومی پیشنهادی، داده‌های مورد نظر از طریق توزیع پرسشنامه جمع‌آوری گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار اس.پی.اس.اس و جهت بدست اثرات مخرب و راهکارهای مقابله، از آزمون‌های «KS» و «فریدمن» برای اولویت‌بندی راهکارها استفاده گردیده است. با توجه به نتایج بدست آمده، مهمترین راهکارهای مقابله با تأثیرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس علیه پهپادها مربوط ۱ـ بهره‌گیری از عمق آمایش سرزمینی (استفاده از تاکتیک دورسازی تجهیزات و سامانه‌ها) ۲ـ استفاده از تاکتیک پراکندگی تجهیزات و سامانه‌های پهپادی و ۳ـ بهره‌گیری از زمین کردن ـ ارتینگ کانکس فرماندهی و کنترل پهپادها (برای امنیت بیشتر پرسنل در مقابل صاعقه و جریان‌های شدید) ۴ـ بهره‌گیری از کانکتورهای مقاوم در برابر جریان‌های الکتریکی سریع و غیرعادی در سامانه‌های هدایت و کنترل پهپادها می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: راهکارهای مقابله، تأثیرات مخرب امواج، سلاح‌های الکترومغناطیس، پهپادها

Solutions to deal with the destructive effects of electromagnetic waves and weapons against drones

Masoud Arab*[1], Mahdi Alinejad[2], Hamid Ghanbarzadeh[3]

1. Management of defense affairs, aerospace orientation, Imam Hossein University, Tehran, Iran.
2. Assistant professor, Imam Hossein University, Tehran, Iran.
3. Remote sensing and geographic information systems, Islamic Azad University, Yazd, Iran.

Abstract

The purpose of the present study is to investigate the solutions to deal with the destructive effects of electromagnetic waves and weapons against drones, which is of a practical type and has been carried out in a descriptive and analytical way. In this research, in order to achieve the objectives of the research, after presenting the proposed conceptual model, the desired data was collected through the distribution of questionnaires. "KS" and "Friedman" tests were used to prioritize the solutions to analyze the data using SPSS software and to obtain the destructive effects and countermeasures. According to the obtained results, the most important solutions to deal with the destructive effects of electromagnetic waves and weapons against drones are related to 1- Using the depth of territorial preparation (using the tactic of removing equipment and systems), 2- Using the tactic of dispersing UAV equipment and systems and 3- Using grounding-earthing of the command and control booth of UAVs (for greater security of personnel against lightning and strong currents) 4- Using connectors resistant to fast and abnormal electrical currents in guidance systems and They control drones.

Key words: Countermeasures, destructive effects of waves, electromagnetic weapons, drones.

ایمیل نویسنده مسئول: masoud3255@yahoo.com

۱-مقدمه

ارتش‌های بزرگ و پیشرفته جهان به ویژه در دهه اخیر با توجه به محاسن و مزایای بسیار زیاد وسایل بدون‌سرنشین توجه ویژه‌ای به این سامانه‌ها خصوصاً در بُعد هواپیماهای بدون‌سرنشین داشته‌اند به طوری‌که ارتش آمریکا و متحد راهبردی آن یعنی رژیم اشغالگر قدس بالاترین سطح فناوری، بهره‌برداری و تجربه عملیاتی را در کاربرد هواپیماهای بدون‌سرنشین در جهان دارا می‌باشند. با توجه به نقش راهبردی پهپادها در نبردهای امروزه بویژه در عملیات هوایی، تهدیدات علیه آنها نیز افزایش یافته است که یکی از این تهدیدات امواج پرقدرت الکترومغناطیس است. ازاین‌رو، قدرت اختلال کلان امواج الکترومغناطیسی که در بسیاری از مواقع موجب تخریب کامل و جبران‌ناپذیر در سیستم‌ها و تجهیزات می‌گردد و همچنین عدم وجود سایر اثرات مخربِ انفجارهای هسته‌ای ازجمله موج انفجار، آتش‌سوزی، تلفات انسانی و غیره باعث شده است که این فنآوری به‌عنوان یک سلاح نوظهور و جدید در جنگ‌های آتی مورد توجه قرارگیرد. این پالس انرژی، یک میدان الکترومغناطیسی قدرتمند، به‌ویژه در مجاورت انفجار سلاح ایجاد می‌کند. میدان الکترومغناطیسی می‌تواند به اندازه‌ای قوی باشد که ولتاژهای گذرای هزاران ولتی با عمر کوتاه درهادی‌های الکتریکی مانند سیم‌ها، بُردهای الکترونیکی و غیره که در معرض نور قرار دارند، تولید کند. لذا این جنبه از اثر EMP است که از اهمیت نظامی برخوردار است، زیرا می‌تواند منجر به آسیب غیرقابل برگشت به طیف گسترده‌ای از تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی، به‌ویژه رایانه‌ها و گیرنده‌های رادیویی یا راداری شود. با توجه به سختی الکترومغناطیسیِ وسایل الکترونیکی به‌عنوانِ معیاری از انعطاف‌پذیری تجهیزات در برابر اثر EMP و همچنین شدت میدان تولید شده توسط سلاح، تجهیزات می‌توانند به‌طور غیرقابل برگشتی آسیب ببینند یا درواقع از نظر الکتریکی از بین بروند. فاطمه اکبری در تحقیق خود که به روش توصیفی ــ تحلیلی انجام شده است، به این نتیجه رسیده که نتایج امواج الکترومغناطیس در شهر کرج با استاندارد ICNIRP نشان داد که مقدار چگالی امواج سنجش شده در شهر کرج بسیار کمتر از استاندارد جهانی است. نتایج کلی نشان می‌دهد که وضعیت امواج الکترومغناطیس ناشی از دکل‌های BTS در شهر کرج با توجه به مقایسه با استاندارد ICNIRP برای ساکنان شهر کرج در شرایط ایمن قرار دارد؛ و جهت حفظ شرایط موجود به نظارت بر نصب آنتن‌های جدید در فواصل امن توصیه می‌گردد [۱]. وحید فتاحی در تحقیق خود که به روش توصیفی و تحلیل انجام شده است، به این نتیجه رسیده که برای اجرای هر مأموریت یک یا چند پهپاد و یک یا چند نوع تجهیزات جنگ الکترونیک موجود برای شروع کار تحقیقاتی و تطبیق آن‌ها با نیازمندی‌های عملیاتی همراه با یک برآورد زمانی برای دسترسی به تجهیزات پیشنهاد گردیده است. در نهایت پیش بینی گردیده است که در یک دوره زمانی پنج ساله تمام تجهیزاتی که برای اجرای عملیات‌های جنگ الکترونیک مورد نیاز می‌باشد، قابل دسترسی خواهد بود. [۲]. علی عزیزی و علیرضا پورابراهیمی در مقاله خود بر اساس ده زیرساخت کلیدی و حیاتی کشور که می تواند در اثر کاربرد بمب‌های ای.ام.پی دچار آسیب‌های جدی گردند، بعنوان بخش یا حوزه اصلی برشماری شدند. براساس تحلیل شبکه‌ای اهمیت هر کدام از زیرساخت‌های حیاتی زیرساخت یا بخش، زیرساخت و اجزاء مرتبط با آنها اولویت بندی شد ک نتایج آن به ترتیب نشان داد، اولویت امنیت عمومی و خدمات اضطراری، امدادی در اولویت اول ـ بخش بهداشت عمومی، اولویت دوم ـ بخش حمل و نقل و غیره می باشند [۳]. از طرفی اهمیت کاربرد سلاح‌های الکترومغناطیس با تأثیرات شگرف بر سیستم‌های ارتباطی و الکترونیک از آن جهت است که در صورت عدم پیش بینی تمهیدات لازم برای پیشگیری و مقابله با آنها، مراکز ثقل و زیرساخت‌های الکترونیک نظامی و غیرنظامی در کسری از ثانیه دچار اختلال و آسیب‌های جدی می‌شوند. پیامدهای ناشی از آن امواج الکترومغناطیسی می‌تواند پهپادهای ج. ا. ایران را از حیز انتفاع، در یک مواجهه جدی با دشمنان که به این فناوری مجهز هستند خارج نماید. در این تحقیق سیستم‌های ارتباطی، مخابراتی، سنسورهای اتوپایلوت مرسوم در پهپادها، سنسورهای شناسایی پهپادها مطرح خواهد شد.

۲-پهپادها

۲-۱- قابلیت‌های فنی و عملیاتی

۲-۱-۱-انعطاف‌پذیری عملیاتی در نحوه بر خاست و فرود:

پهپادها به دلیل ساختار طراحی قادرند به اشکال متنوعی عملیات بر خاست و فرود را اجرا نمایند. انواع عملیات بر خاست شامل:

۱. بر خاست خودرویی؛
۲. بر خاست ریل صفر با راکت؛
۳. بر خاست ازرروی ریل با راکت؛
۴. بر خاست ازروی راکت با فشار هوا، گاز ازت یا آب؛
۵. پرتاپ از پرنده با سرنشین یا بدون سرنشین؛
۶. بر خاست با چرخ از روی باند پرواز؛
۷. بر خاست با ارابه چرخ‌دار از روی باند پرواز؛
۸. بر خاست باریل کشی؛

۹. بر خاست با دستگاه پرتابی گریز از مرکز؛
۱۰. بر خاست با پرتاب دست [۴].

انواع عملیات فرودشامل:

۱. فرود با چتر؛
۲. فرود سینه مال؛
۳. فرود بر روی اسکید؛
۴. فرود بر روی چرخ؛
۵. فرود بر روی آب با پادهای مخصوص؛
۶. فرود بر روی تور؛
۷. فرود بر روی بالشتک هوا؛
۸. فرود با آویزان شدن به کابل.

از میان روش‌های فوق بر خاست خودرویی یک نوع انقلاب عملیاتی در سامانه‌های پهپاد محسوب می‌گردد و به نوعی اکثر سامانه‌های پهپاد در فرماندهی‌های پهپاد نیروهای مسلح قابلیت آن را دارند. هزینه پایین و سرعت بالای اجرا و مخصوصا ایمنی برخاست از مزایای این روش می‌باشد. این روش بهترین گزینه جهت عملیات بر خاست جهت پروازهای آموزشی می‌باشد [۴].

۲-۱-۲-انعطاف‌پذیری عملیاتی در تغییر نوع مأموریت با جابجایی محموله

یکی از عوامل تعیین کننده نوع مأموریت پرنده پهپاد محموله آن می‌باشد. در پرنده‌های پهپاد می‌توان از یک پرنده برای مأموریت‌های مختلف استفاده نمود و شرط آن جابجایی محموله‌ها می‌باشد. البته می‌بایست محموله‌ها از نظر وزن، توزیع وزن در طول و حجم شرایط لازم برای قرارگرفتن در پهپاد مورد نظر راداشته باشند و همچنین پروتکل‌های هدایت و کنترل پهپاد مورد نظر با ان ساز گار باشد [۵].

۲-۱-۳-اجرای مأموریت‌های چند منظوره

البته در برخی پهپادها که توان حمل چندین محموله را به صورت هم زمان دارا می‌باشند قابلیت اجرای چندین مأموریت مختلف و جود خواهدداشتو از ان‌ها به عنوان پهپادهای چند منظوره یاد می‌گردد. برای مثال یک پهپاد با مأموریت‌های شناسایی و مراقبت که هم زمان تلیحات رزمی نیز با خود حمل می‌نماید و بعد از انجام شناسایی به صورت مستقل هدف مورد نظر خود را نابود می‌نماید [۵].

۲-۱-٤-اجرای مأموریت‌های رزمی از پیش برنامه‌ریزی شده

به لحاظ فنی این قابلیت در پهپادها و جود داشته و با استفاده ازرایانه‌های مدیریت پرواز و سامانه‌های کنترل سلاح می‌توان مأموریت‌های رزمی از پیش برنامه‌ریزی شده رادر دستور کار قرار داد. در مأموریت‌های رزمی این حوزه که جهت حمله به اهداف ثابت زمینی استفاده می‌شود می‌توان از بمب‌های هدایت دقیق جهت انهدام اهداف حیاتی و یااستفاده از بمب‌های غیر هوشمند جهت حمله به اهداف جمعیتی و اهداف بزرگ استفاده نمود. در این نوه مأموریت‌ها به دلیل رعایت اصول پنهان کاری هواپیما از لحظه بر خاست تا بازگشت از مأموریت را به صورت کات لینک انجام خواهد داد [۵].

۲-۱-۵- اجرای مأموریت‌های رزمی به لحظه

در این مدل مأموریت‌ها با استفاده از سنسورهای اپتیکی و یا لیزری بر روی مهمات هوایی اهداف ثابت و متحرک مورد هدف قرار خواهند گرفت. با توجه به ماهیت سنسورهای مذکور امکان عملیات از پیش بر نامه‌ریزی شده وجود نداشته و عملیات قفل نمودن بر روی اهداف با نشانه گذارهای لیزری و اپتیکی با دریافت اطلاعات به لحظه از هوا پیما در ایستگاه‌های هدایت و کنترل زمینی از سوی عناصر عملیاتی و اطلاعاتی صورت خواهد پذیرفت [۴].

۲-۱-٦-بهره‌برداری از حداقل زیر ساخت‌ها جهت اجرای عملیات

اکثر سامانه‌های پهپاد موجود در فرماندهی پهپاد با کمترین زیر ساخت‌ها قادر به انجام مأموریت خود خواهند بود. استفاده از باندهای تاکتیکی، استفاده از اتوبان‌ها به عنوان باند پرواز، استفاده از جاده‌ها جهت بر خاست خودرویی و فرود با پاد و همچنین بر پایی پایگاه‌های راهکنشی با استفاده از چادرهای بادی و تجهیزات زیست اردو گاهی از مصادیق این قابلیت می‌باشند.

۲-۱-۷-اجرای عملیات به صورت شبانه روزی

با توجه به اینکه هدایت و کنترل پهپاد در حالت اجرای مأموریت از داخل ایستگاه صورت می‌پذیرد و با استفاده از آلات دقیق انجام می‌گرددبه نوعی وضعیت روز و شب بودن برای خلبانان داخل فرقی نمی‌کند. انجام عملیات برخاست و فرود نیز برای خلبانا ن بیرون کار ساده‌ای بوده و با استفاده از سامانه‌های روشنایی تاکتیکی حداقل وضعیت مطلوب دید جهت فرود برروی باند برای آنان فراهم می‌باشد. البته در صورت وجود سامانه‌های خود کار بر خاست و فرود این کار بسیار راحت تر انجام خواهد شد [۵].

۲-۱-۸- انجام مأموریت‌های پنهان

در برخی نمونه‌های خاص پهپادهای نیروهای مسلح امکان اجرای مأموریت‌های رزمی و شناسایی پنهان و جود داشته و این پرنده‌ها بارعایت اصل کات لینک و انضباط پدافند غیر عامل در حوزه سیگنالی

و همچنین نوع طراحی بدنه و استفاده از فناوری استیلت قادر به انجام چنین مامریت‌هایی خواهند بود [۵].

۲-۱-۹-اجرای عملیات مشترک با پرنده‌های باسرنشین

با توجه به محیط عملیاتی مشترک بین پرنده‌های پهپاد و با سرنشین می‌توانند با پوشش نقاط ضعف و قوت یکدیگرقادر به اجرای مأموریت‌های مشترک باشند. پهپادها با انجام رله مخابراتی و گره فرماندهی و کنترل می‌توانند هواپیماهای باسرنشین را به سوی اهداف درست راهنمایی نموده و با ایجاد نقش فریب و اجرای عملیات جنگ الکترونیک در حفظ سلامت پرنده‌ها یباسرنشین گام بر دارند [۶].

۲-۱-۱۰-افزایش لینک مخابراتی با استفاده از ایستگاه‌های رله کننده

یکی از مصادیق شعاع عملیاتی در پرنده‌های پهپاد برد لینک مخابراتی دو جانبه بین ایستگاه هدایت و کنترل زمینی و پرنده پهپاد می‌باشد که به خاطر انحنای کره زمین و با توجه به توپوگرافی طبیعی و مصنوعی منطقه محدود خواهد شد. برای غلبه بر این مشکل از ایستگاه‌های رله کننده زمین پایه، دریا پایه و هوا پایه می‌توان بهره برد. این ایستگاه‌های رله کننده یا با کمک شبکه‌ای فیبر نوری یا از طریق رادیویی عملیات رله از ایستگاه هدایت و کنترل اصلی انجام خواهند داد [۶].

۲-۱-۱۱-ایجاد اطلاعات پروازی پهپادها بر روی نمایشگرهای اتاق وضعیت

با توجه به اینکه اطلاعات و ضعیتی و موقعیتی پهپاد به همراه اطلاعات محموله‌ها برای ایستگاه‌های زمینی ارسال می‌گردد می‌توان داده‌های دریافتی را برروی نقشه‌های اتاق وضعیت دیجیتالی که بر پایه نرم‌افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی و نرم افزارهای مدیریت صحنه نبرد عمل می‌نمایند نمایش داد. با توجه به اینکه جنس اطلاعات دریافتی با نرم افزارهای مذکور همخوانی نداشته باشد باید از مبدل‌های ویژه جهت ایجاد ادبیات نرم‌افزاری مشترک بین آن‌ها استفاده نمود. تلفیق این اطلاعات با دیگر اطلاعات دریافتی از شبکه‌های پدافندی و غیره به مدیریت دو بعدی و سه بعدی محیط عملیات کمک خواهد نمود [۶].

۲-۱-۱۲-ماژول بودن قطعات مکانیکی و اویونیکی هواپیما

یکی دیگر از قابلیت‌های پهپاد، تعویض، جابجایی و نصب آسان قطعات مکانیکی و اویونیکی برای تعویض قطعات معیوب با قطعات سالم و همچنین جابجایی قطعات بین دو یا چند پرنده از یک نوع سامانه می‌باشد. این قابلیت باعث می‌گردد در محیط‌های عملیاتی بتوان به آسانی آمادگی پروازی پرنده‌ها را حفظ نمود [۶].

۲-۱-۱۳-تعمیر و نگهداری در محیط عملیاتی و شرایط جوی و اقلیمی مختلف

طراحی بدنه و نوع چیدمان سامانه‌های مکانیکی و اویونیکی پرنده‌های پهپاد به گونه‌ای است که به راحتی در محیط‌های عملیاتی بتوان آن‌ها را تعمیر و نگهداری نمود [۶].

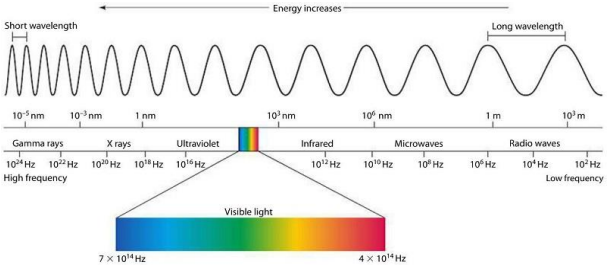
۲-۱-۱٤-ترابری زمینی، دریایی و هوایی سامانه‌های پهپاد

با توجه به اینکه این پرنده‌هابه گونه‌ای ساخته می‌شوند که قطعات آن‌ها به سهولت سرهم می‌شوند ودر حالت جدا از هم درون جعبه‌های مخصوصی بارگیری می‌گردند، لذا همین نگهداری صحیح در داخل جعبه‌های مخصوص باعث شده ترابری آن‌ها به سهولت انجام پذیرد [۶].

۳-مفهوم طیف الکترومغناطیس

تابش الکترومغناطیسی در واقع به‌منزله‌ی جریانی از فوتون‌هایی است که در امواج منتقل می‌شوند. فوتون یک ذره‌ی بنیادی برای تمامی شکل‌های تابش الکترومغناطیسی است. اما شاید پرسش این باشد که فوتون چیست؟ می‌توانیم بگوییم فوتون یک توده‌ی انرژی از نور محسوب می‌شود که همیشه در حال حرکت است. در واقع، میزان انرژی که یک فوتون با خود حمل می‌کند، باعث می‌شود این ذره گاهی اوقات رفتاری همانند موج و گاهی اوقات هم رفتاری همانند ذره داشته باشد. دانشمندان از این پدیده با نام دوگانگی موجی‌ذره‌ای یاد می‌کنند. فوتون‌های کم‌انرژی همانند آن‌هایی که در امواج رادیویی وجود دارند، دارای رفتاری شبیه موج هستند و در همین حال، فوتون‌های باانرژی بالا همانند پرتوهای ایکس، بیشتر رفتارهای ذره‌ای از خود نشان می‌دهند. تابش‌های الکترومغناطیسی می‌توانند از میان فضاهای خالی (خلأ) هم عبور کنند. همین امر موجب تمایز این امواج با سایر انواع موج از قبیل موج‌های صوتی می‌شود که نیازمند وجود یک رسانا یا رابط برای انتقال خود هستند. تمامی شکل‌های تابش الکترومغناطیسی در طیف الکترومغناطیسی قرار می‌گیرند؛ طیفی که در آن تابش‌ها از پایین‌ترین سطح انرژی و بالاترین طول موج به بالاترین سطح انرژی و پایین‌ترین مقادیر طول موج مرتب شده‌اند. هر قدر که انرژی تابش‌ها بیشتر باشد، طبیعتا میزان قدرت آن هم بیشتر است و در نتیجه خطر آن نیز بیشتر خواهد بود. تنها تفاوتی که میان یک موج رادیویی و یک پرتو گاما وجود دارد، در میزان سطوح انرژی

فوتون‌های آن‌ها است. در تصویر زیر می‌توانید یک نمای کلی از طیف الکترومغناطیسی را مشاهده کنید [۷].



شکل ۱- طیف الکترومغناطیس [۷]

حال به توضیح بیشتر این طیف می‌پردازیم:

۳-۱-امواج رادیویی

این امواج دارای بزرگ‌ترین میزان طول موج در طیف الکترومغناطیسی هستند و بزرگی آن‌ها به‌اندازه‌ی یک زمین فوتبال نیز می‌رسد. امواج رادیویی نسبتاً بیشترین طول موج (۰.۱ متر تا ۱۰۴ متر)، کمترین فرکانس و کمترین انرژی را در طیف امواج الکترومغناطیس دارند و بسته به طول موجشان کاربردهای متفاوتی دارند. این امواج برای انسان نامرئی هستند. امواج رادیویی همان امواجی هستند که باعث پخش موسیقی از رادیوهای محلی و همچنین رسیدن صدا و تصویر به تلویزیون‌ها و همچنین انتقال سیگنال‌ها به گوشی‌های همراه می‌شوند. البته باید توجه داشت که امواج تلفن‌های همراه دارای طول موج کوتاه‌تری در قیاس با امواج رادیویی هستند؛ اما در قیاس با امواج مایکروویو طول موج بلندتری دارند [۸].

۳-۲- امواج مایکروویو

این امواج نیز مثل امواج رادیویی نامرئی هستند. ما از مایکروویوها برای پختن یا گرم کردن غذایمان در فرهای مخصوص استفاده می‌کنیم. ماهواره‌های ارتباطی همچنین از مایکروویوها برای مخابره‌ی صوت در میان تلفن‌ها استفاده می‌کنند. انرژی امواج مایکروویو می‌تواند باعث نفوذ در دوده‌ها، مه‌ها و ابرها شود و از همین رو برای مخابره‌ی اطلاعات کاربرد دارد. برخی از این امواج در رادارها استفاده می‌شوند؛ همانند رادار دوپلری که هواشناس‌ها در اخبار هواشناسی از آن استفاده می‌کنند.در کنار همه‌ی این موارد باید اشاره کنیم که تمامی جهان هستی نیز دارای امواج پس‌زمینه‌ی کیهانی با شدتی ضعیف است که دانشمندان آن‌ها را با نظریه‌ی بیگ‌بنگ و رویداد انفجار بزرگ مرتبط می‌دانند [۸].

٤-ویژگی‌های امواج

هر موج دارای چهار ویژگی است. این ویژگی‌ها عبارتند از:

٤-۱-سرعت انتشار (V)

موج در هر محیط با سرعت معینی منتشر می‌شود. نماد سرعت انتشار (V) است. سرعت انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلاء و هوا برابر سرعت نور (۳۷۱۰۱ متر بر ثانیه) است، همچنین سرعت انتشار امواج صوتی در هوا برابر (۳۶۰m/s) است [۷].

٤-۲-بسامد یا فرکانس

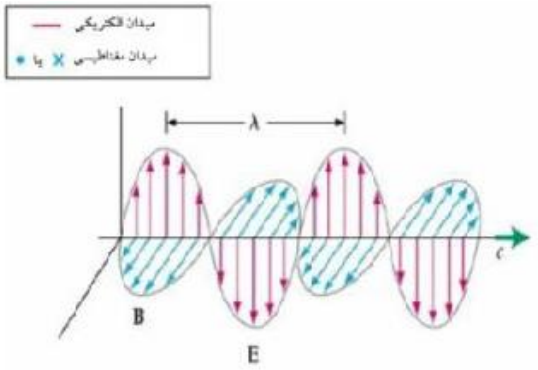
حداقل زمانی که طول می‌کشد تا شکل موج عینا تکرار شود را دوره تناوب آن موج (T) می‌نامند و یکای آن ثانیه است. تعداد تکرار شکل موج در مدت یک ثانیه، بسامد با فرکانس نام دارد و با گیا ۱۹ (نو) نشان داده می‌شود. یکای اندازه‌گیری آن هرتز Hz است [۷].

٤-۳-طول موج

مسافتی که موج در مدت یک دوره تناوب طی می‌کند را طول موج می‌نامند. طول موج را با A نشان می‌دهند. یکای اندازه‌گیری آن متر است [۷].

٤-۲- دامنه موج

حداکثر فاصله‌ای که موج از وضع تعادل خود می‌گیرد، دامنه موج نامیده می‌شود و معمولا با A نشان داده می‌شوند. طبق قوانین ماکسول میدانهای الکتریکی و مغناطیسی عمود بر یکدیگر نوسان می‌کنند، بنابراین شکل امواج الکترومغناطیسی به صورت دو موج سینوسی عمود بر هم در می‌آید که با سرعت نور در فضا در حال انتشار است [۷].



شکل ۲- انتشار موج الکترومغناطیسی [۷]

٥-سلاح های لیزری

لیزر وسیله‌ای برای تولید باریکه‌ای از نور تک فرکانس در نواحی فرابنفش، مرئی و فروسرخ طیف الکترومغناطیس است که در آن همه امواج هم‌فاز هستند. لیزرها اساسا از سه جزء اصلی تشکیل شده‌اند: ۱. محیط فعال ۲. منبع انرژی ۳. مدار تشدید کننده نوری محیط فعال می‌تواند جامد، مایع یا گاز باشد. منبع انرژی که می‌تواند، شیمیایی، الکتریکی یا نوری باشد، فوتون‌هایی را تولید می‌کند که انرژی آنها برابر با اختلاف محتمل‌ترین گذار در ترازهای الکترونی محیط فعال

است. بهمن فوتونی تولید شده توسط مدار تشدید کننده نوری به سمت بیرون هدایت می‌شود. این مدار با آئینه‌هایی که در دو انتهای ماده لیزری قرار می‌گیرند، شکل می‌یابد. این ساختار طوری است که باریکه لیزری تولید شده چندین بار از میان ماده فعال عبور کرده و عده فوتون‌های ساطع شده در طی هر عبور تقویت می‌یابند. یکی از آئینه‌ها برای عبور دادن بخشی از این باریکه نیمه شفاف بوده و اجازه عبور لیزر را به خارج از حفره ممکن می‌سازد [۳]. به زبانی ساده لیزر ابزاری است که نور را به صورت پرتوهای موازی بسیار باریکی که طول موج مشخصی دارند ساطع می‌کنند. این دستگاه از ماده‌ای جمع کننده یا فعال کننده نور تشکیل شده که درون محفظه تشدید نور قرار دارد. سلاح لیزری نوعی جنگ افزار انرژی هدایت شده است که از پرتو لیزر برای تخریب هدف استفاده می‌کند. از دهه ۱۹۷۰ تاکنون سلاح‌های لیزری متعدد و متنوعی طراحی و تولید شده اند اما اغلب آنها از مرحله تحقیق و اثبات تکنولوژی فراتر نرفته اند. سلاح‌های لیزری در مقایسه با سلاح‌های متعارف مزایای فراوان و در عین حال معایبی جدی دارند که باعث شده تا کاربرد عملیاتی آنها دشوار باشد و تعداد معدودی از کشورها صاحب فناوری استفاده ازسلاح‌های لیزری باشند. سلاح‌های لیزری به چندین گروه شامل لیزرهای حالت جامد، لیزرهای شیمیایی و لیزرهای الکترون آزاد تقسیم می‌شوند [۲].

٦-راهکارهای مصون‌سازی در برابر امواج و سلاح الکترومغناطیسی

٦-١-رعایت فاصلهٔ مناسب و ایجاد منطقه ممنوعه

یکی از مهمترین مسایل در سنجش انرژی RF فاصله محل سنجش تا منبع انرژی است که در این رابطه دو نوع فاصله تعریف گردیده است: ۱- میدان دور[1]، ۲- میدان نزدیک[2] . میدان دور به تمامی فواصلی اطلاق می‌شود که حدوداً بیش از ۱۰ برابر موج تشعشع می‌باشد. در این میدان میزان انرژی را می‌توان به کمک متغیر Power density بیان نمود (با واحد میلی وات بر سانتی متر مربع یا ۲mw/cm (که برای کل اشعه یا میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی به تفکیک) به ترتیب در واحد ولت بر متر و آمپر بر متر و یا توان دوم هر کدام از این واحدها) قابل سنجش است. میدان نزدیک به فاصلهٔ کمتر از ۵ برابر طول موج پرتو اطلاق می‌شود. خصوصیات امواج الکترومغناطیسی در این فاصله دارای تفاوت‌هایی با میدان دور است. به دلیل یکسان نبودن نوع امواج در این فاصله سنجش پرتوها در میدان نزدیک با مشکلاتی مواجه است. به علاوه در این میدان برخلاف میدان دور تناسب ریاضی بین مقادیر Power density و سنجش میدان الکتریکی یا مغناطیسی وجود ندارد. [۹]

سابقاً سنجش‌های میدان دور به عنوان راهنمای مواجهه جمعیت عمومی و شغلی شناخته می‌شد. لیکن این سنجش برای کارکنان حاضر در میدان نزدیک کاربرد چندانی ندارد. در میدان نزدیک میزان مواجهه بسته به شرایط قرارگیری هر فرد متناوت است و دستگاه‌های سنجش خاص‌تری را می‌طلبد. مواجهه با پرتو RF و مایکروویو در مقادیر بیش از ۲mw/cm ۱۰ می‌تواند باعث افزایش حرارت بافتی گردد. ایجاد و تغییر انرژی ارتعاشی در مولکول‌های بیولوژیک در اثر این پرتوها به خوبی به اثبات رسیده است. نظیر سایر آسیب‌های حرارتی[3] و نکروز انعقادی. واکنش التهابی و سرآخر تشکیل جوشگاه (Scar) پیامد حرارت ایجاد شده است. سایر تأثیرات ناشی از افزایش حرارت بافتی عبارتند از: تغییرات فعالیت آنزیمی و میتوکندریایی، اختلال تبادل کلسیم، تأثیر بر رشد، تکثیر و بقای سلولی. ترانسفورماسیون سلولی به فرم پیش بدخیم و تغییر سرعت تومورها. [۱۰]

٦-٢-سد فلزی(Metal barriers)

استفاده روزافزون از دستگاه‌هایی همچون آنتن‌ها و شبکه‌های بی‌سیم مخابراتی و اینترنتی، تلفن‌های همراه و سایر دستگاه‌هایی از این قبیل، هرچند سبب آسودگی و تسهیل زندگی بشر امروز شده است، اما محدوده فرکانسی به‌کاررفته می‌تواند تداخلات یا اثرات ناخواسته‌ای بر موجودات زنده و محیط زندگی آنها داشته باشد. در حال حاضر، انسان‌ها به‌غیراز تابش مستقیم ناشی از دستگاه‌های فردی همچون تلفن‌های همراه، در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی ناشی از ایستگاه‌های رادیویی، الکتریکی و مخابراتی هستند؛ بنابراین، هر فرد به‌طور بالقوه در معرض همزمان منابع مختلف میدان‌های الکترومغناطیسی است. تعدادی زیادی گزارش وجود دارد که نشان می‌دهد اثرات – غیرحرارتی برای سلامت انسان و موجود زنده مضر است [۱۱]. با توجه به اثرات منفی قرارگیری اختیاری و غیر اختیاری در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی، می‌توان با استفاده از پوشش‌ها میزان در معرض قرارگیری ناخواسته را جلوگیری نمود. در مطالعه اوکوشی و همکاران از نانوکامپوزیت گالیم اکسید آهن جهت جذب امواج استفاده کرد که با توجه به نمودارها با نمودارهای مطالعه حاضر همخوانی دارد. در مطالعه دیگر نامای و همکاران از ترکیب اکسید آهن آلایش یافته با آلومینیوم جهت جذب میدان‌های الکترومغناطیسی استفاده کرده‌اند. ژائو و همکاران نانو ذرات اکسید آهن متصل به

[1] – Far field

[2] - Near field

[3] - Protection denaturation

گرافن جهت جذب میدان‌های الکترومغناطیسی به کار گرفته‌اند. در جدیدترین مطالعات انجام شده نیز ترکیبات مختلفی کامپوزیتی سنتز شده که جهت جذب EMF مورداستفاده قرار گرفته‌اند [۱۱]. بر اساس مطالعات انجام شده به نظر می‌رسد استفاده از پوشش‌هایی که بتوانند اثرات امواج الکترومغناطیسی بر کل یا قسمت‌های حساس بدن را کاهش بدهند، می‌تواند نقش مؤثری در حفظ سلامت انسان در برابر اثرات ناخواسته این امواج داشته باشد. این مسئله به خصوص در مورد کودکان و افراد کم سن و سال می‌تواند بیشتر مورد توجه باشد. به عنوان مثال مکان خواب یا بازی کودکان را می‌توان تا آنجا که مقدور است در برابر نفوذ این امواج حفاظت نمود. با توجه به مشاهده رفتار کامپوزیت متشکل از پلیمر ـ نانوساختارهای اکسید آهن که در این پژوهش ساخته شده است، در پاسخ به امواج الکترومغناطیسی، به نظر می‌رسد استفاده از این مواد به صورت مؤثری می‌تواند برای محیط‌های هدف سبب کاهش اثرات زیانبار این امواج بشود. همچنین انجام این مطالعه، راه را برای انجام مطالعات مستقیم برون تنی و درون تنی هموار نموده است. لازم به ذکر است با توجه به هزینه ساخت اندک پوشش‌های ساخته شده در این پژوهش که استفاده از آنها را نسبت به سایر مواد دارای مزیت نموده است، از این پوشش‌ها می‌توان در ساختمان‌ها و یا حتی به‌صورت پوشش‌هایی همچون کاغذهای دیواری در نمای داخلی ساختمان جهت حفظ محیط موردنظر در برابر امواج استفاده نمود[۱۲].

٦-۳-کانکتورهای مقاوم در برابر امواج الکترومغناطیس

امروزه ابزار حفاظت در برابر «جریان سریع و غیر عادی» توسعه یافته و به صورت کانکتورهایی ساخته شده اند که از محدود کننده‌های ولتاژ و جریان در یک بسته‌بندی کامل سود می‌برند، به علاوه در این بسته‌بندی‌ها معمولاً از خنک کننده نیز استفاده می‌شود. در کانکتوری که از مدارات متعدد موازی برای حفاظت در برابر «جریان سریع و غیرعادی» بهره می‌برد، هرگاه المانی در این کانکتور خراب شود، می‌توان با المان گسسته آن را جایگزین کرد. این کانکتورها در فرکانس‌های بالای ۱۰۰ مگاهرتز کار می‌کنند، می‌تواند به خوبی عمل فیلترینگ و حفاظت در برابر EMP را همزمان انجام دهد و قابلیت مهم دیگر این وسیله آن است که می‌توان آن را بلافاصله باز کرده و در صورت خرابی دیودها آن را تعویض کرد [۱۳].

٦-٤-حفاظت کابل‌ها

کابل‌ها از نفوذ پذیرترین قسمت‌های یک سیستم در مقابل امواج الکترومغناطیسی می‌باشند. این دسته از تداخل‌ها ممکن از یک کابل تشعشع پیدا کرده و یا به یک کابل وارد شود. اثربخشی حفاظسازی برای یک کابل تابعی از دو مکانیسم اساسی است: ۱ـاثربخشی حفاظسازی موج الکترومغناطیسی،۲ـامپیدانس سطحی انتقالی. مانند سایر حفاظها، میزان اثربخشی حفاظسازی به میزان جذب، انعکاس، ضخامت ساده‌ی حفاظ، تعداد و اندازه سوراخ‌های موجود در حفاظ بستگی دارد. انواع اساسی حفاظهای کابل که در دسترس هستند شامل حفاظهای تک سیم حفاظهای چند سیمی، حفاظهای زوج سیم و حفاظهای کابل‌های کواکسیال هستند. کابل‌ها همچنین می‌توانند دارای حفاظهای تک لایه و چند لایه باشند [۱۲].

٦-٥-زمین کردن

ایجاد سیستم زمین در سیستم‌ها با اهداف زیر صورت می‌پذیرد:

۱- میسر کردن امنیت برای حفظ جان افراد در شرایط نرمال و کنترل خرابی با محدود کردن پتانسیل قدم و تماس؛
۲- حصول اطمینان از عملکرد صحیح دستگاه‌های الکتریکی و الکترونیکی؛
۳- جلوگیری از تخریب تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی؛
۴- ایمنی در مقابل برخورد صاعقه و اثرات میدان مغناطیسی؛
۵- یکنواخت کردن ولتاژ در هنگام رخداد ولتاژهای ضربه، اضافی، القایی و سپس به حداقل رساندن احتمال تخلیه‌ی ناگهانی ولتاژ.
۶- منحرف کردن انرژی‌های سرگردان فرکانس رادیویی از تجهیزات حساس.

زمین کردن برای امنیت بیشتر پرسنل در مقابل صاعقه و نقص‌های سیستم توان می‌باشد که حتی گاهی باعث جاری شدن جریان‌های ده‌ها کیلوآمپری به زمین می‌شود [۱۲].

٦-٦-درزگیرها (درزهای بدون درزگیر)

درزها و یا دهانه‌ها در محفظه و یا دیوارهای سلول‌هایی که به طور مناسب به هم متصل شده‌اند امپدانس پایین‌تری برای عبور جریان‌های فرکانس رادیویی در طول درز تولید می‌کنند. برای حصول مشخصات بهتر حفاظ، سطوح عناصر فلزی داخل محفظه باید به یکدیگر لحیم شوند [۱۳].

٦-٧-هواکش‌ها

مجاری تهویه‌ی اتاق پوشش باید مناسب ترین نوع هواکش‌ها را داشته باشد که به دو گروه انتقال حرارت به روش همرفتی و اجباری تقسیم می‌شوند. در خنک کننده‌های همرفتی معمولاً یک سری سوراخ یا شکاف در بدنه ایجاد می‌کنند تا هوای گرم از پشت یا بالای محفظه خارج شود. ولی خنک کننده‌های اجباری از حداقل یک

فن برای خارج کردن یا وارد کردن هوا به محفظه استفاده می‌کنند. گاهی اوقات ممکن است روزنه‌ی خاصی را برای جابه جایی هوا در نظر نگیرند چون هوا می‌تواند از روزنه‌های دیگر محفظه هم انتقال یابد [۱۳].

٦-٨- اثرات ناپیوستگی حفاظ (دهانه‌ها)

همان گونه که گفته شد یک محفظه‌ی حفاظ شده ایده آل یکی از مدل‌های ساختاری بدون دهانه و یا ناپیوستگی می‌باشد. اما خطوط قدرت، کابل‌های کنترل، کانال‌های تهویه در یک محفظه عملی اجتناب ناپذیرند. طراحی و ساختار این ناپیوستگی‌ها بدون کاهش میزان اثربخشی حفاظ، بسیار حساس و مهم می‌باشد [۱۲].

٦-٩- استفاده از محفظه‌های پوشش (محفظه‌های متحرک برای کاربردهای نظامی)

محفظه‌های نظامی در باندهای مختلف و غالباً قابل حمل توسط کامیون طراحی و ساخته می‌شوند. در این گونه محفظه‌ها مهمترین مسئله قابلیت مانور و سبکی سیستم می‌باشد. استفاده از چادرهای پوشش در مواردی مانند مراکز فرماندهی در خطوط مقدم جبهه که نیاز به نصب و جمع کردن سریع باشد، استفاده می‌شود [۱۳].

٦-١٠-پوشش ساختمان‌های حساس

ساختمان‌های حساس مثل کارگاه‌های مهم و ساختمان‌های فرماندهی را می‌توان توسط فویل‌های میومِسی[1] یا کاشی‌های فریت پوشش داد. فویل‌های میومسی به صورت کاغذ دیواری در اندازه‌های مختلف موجود می‌باشند که از یک طرف چسب دارند. به کمک این چسب به سادگی می‌توان پوشش را روی سطوح مختلف از جمله دیوار چسباند [۱۳].

٦-١١- استفاده از قفس فارادی[2]

یکی از روش‌های مؤثر برای حفاظت سیستم و تجهیزات در برابر تهاجم الکترومغناطیسی، قرار دادن کل تجهیزات در داخل یک محفظه است که به «قفس فارادی» معروف می‌باشد. قفس فارادی محفظه‌ای است که معمولاً از جنس فایبرگلاس و یا حتی فلز با اتصال زمین ساخته می‌شود، بدنه‌ی آن نسبت به زمین ایزوله می‌باشد، در نتیجه فردی که در این قفس قرار می‌گیرد، هیچ گونه اختلاف پتانسیلی با زمین نخواهد داشت، در نتیجه از برق گرفتگی مصون خواهد ماند [۱۲].

٦-١٢-حفاظسازی محفظه‌ها

مطمئن ترین راه برای مقابله با EMP می‌باشد که در سطوح مختلف بسته به سیستم از آن استفاده می‌شود. از نظر طراحی پوشش، سیستم‌ها را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد:

۱. سیستم‌هایی که به صورت پشتیبان نگه داری می‌شوند، مانند کابینت‌ها و ...
۲. سیستم‌هایی که خود به خود پوشش دارند و کار می‌کنند، مانند: کیس کامپیوتر و ...
۳. سیستم‌هایی که کاربر از آنها استفاده می‌کند، مانند: اتاق‌ها و خیمه‌های با پوشش کامل و ...

تابش میدان‌های EMP بر روی محفظه‌ی فلزی بسته، جریان‌های سطحی را القاء می‌کند که سبب جابجایی بارها بر روی سطح خارجی محفظه می‌شود. اگر محفظه‌ی فلزی کاملاً پیوسته (محل باز یا ناپیوستگی بر روی محافظ وجود نداشته باشد) به ضخامت حدود ۱ میلی متر باشد، ولتاژ القاء شده در مدارات داخل محافظ خیلی کوچک خواهد بود [۱۲].

٦-١٣-استفاده از فیلترهای تداخل الکترومغناطیسی

فیلترها برای اتلاف وتضعیف سیگنال‌های موجود در روی‌هادی‌ها در فرکانس‌های ناخواسته طراحی می‌شوند، در حالی که فرکانس‌های سیگنال‌های اصلی را از خود عبور می‌دهند. برای نصب فیلترها در ورودی محفظه‌ی پوشش معمولاً دو روش به کار می‌رود: ۱ـ اتصال مستقیم، ۲ـ اتصال از طریق جعبه سیگنال‌های شلوغ (جعبه نویزی) [۱۳].

٦-١٤- استفاده از فریت‌های تداخل الکترومغناطیسی

این فریت‌ها نیز در حقیقت نوعی از فیلترهای «تداخل الکترومغناطیسی» هستند که مهم ترین خاصیت آنها کاربرد سریع آنها در انواع مدارات بدون نیاز به انجام عملیات لحیم کاری روی بردهای مدار می‌باشد. این نوع فریت‌ها در دو شکل کلمپی و دانه‌ای ساخته می‌شوند. معمولاً فریت‌های کلمپی برای فیلترکردن جریان مد مشترک و از دانه‌های فریت برای فیلترکردن جریان مد تفاضلی در فرکانس‌های بالا (به صورت استوانه ای) مورد استفاده قرار می‌گیرند. [۱۳]

٦-١٥-مواد جاذب امواج الکترومغناطیس چند لایه شفاف

این نوع مواد برای حصول به عملکرد مطلوب در باند مشخصی طراحی می‌شوند. می‌توان طراحی این نوع مواد را به گونه‌ای انجام داد که در نهایت ضمن حفظ مشخصه‌ی الکترومغناطیسی، مشخصه‌ی

[1] - Mu-Copper
[2] - Faraday Cage

عبور نور بهبود یابد و ماده به صورت شفاف از لحاظ نور عمل نماید. (به صورت شیشه) [۱۳].

٦-١٦- اصل جداسازی زیر سیستم‌ها

اگر این اصل مهم از ابتدا در طراحی سیستم‌ها در برابر تداخلات الکترومغناطیسی مورد توجه قرار گیرد، می‌توان تا حدود زیادی به مقاوم‌سازی در برابر امواج الکترومغناطیسی رسید. هدف اولیه‌ی اصل جداسازی زیر سیستم‌ها، جداکردن بخش‌های حساس از بخش‌های نویزی و عدم انتقال امواج القایی به آنها و در نتیجه سازگاری سیستم می‌باشد. برای مقابله با EMP گاهی نمی‌توان و گاهی لازم نیست همه سیستم را به یکباره در پوشش قرار داد، بنابراین باید با اولویت بندی و دسته‌بندی‌های مناسب، تجهیزات حساس را در پوشش‌ها قرار داده و پوشش بخش‌های مختلف را به دقت اتصال زمین نمود [۱۲].

۷-روش تحقیق و روش‌های جمع آوری اطلاعات

روش تحقیق در این پژوهش، توصیفی ـ تحلیلی بوده و سعی گردید در چارچوب آن، داده‌های اطلاعاتی تنظیم و سپس نتیجه گیری صورت گیرد. در این پژوهش به صورت تلفیقی از هر دو روش کتابخانه‌ای و میدانی برای جمع آوری داده‌ها استفاده شده است. برای جمع آوری اطلاعات، اقدام‌های زیر صورت گرفت:

۱. جامعه آماری و حجم نمونه برآورد شد.
۲. آزمودنی‌ها شناسایی شدند.
۳. محقق به محل کار هر یک از آزمودنی‌ها مراجعه و اهداف تحقیق را برای آنها تشریح و نظر مساعد آنان را جلب کرد.
۴. پرسشنامه‌ای با ۲۷ پرسش با استفاده از طیف لیکرت و برای بررسی راهکارهای مقابله با تأثیرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس علیه پهپادها طراحی و پس از اعتباربخشی در اختیار تک تک آزمودنی‌ها قرار گرفت و از آنان خواسته شد آن را تکمیل نمایند.
۵. از ۳۰ پرسش نامه توزیع شده که کل پرسشنامه بدست محقق رسیده است که در تجزیه و تحلیل از آن استفاده شده است.

۸- پیش فرض‌های آماری

۸-۱- آزمون نرمال (کولموگروف اسمیرنوف KS)

این آزمون که به آزمون KS نیز موسوم است برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده می شود [۱۴]. در ادامه نسبت به ارائه خروجی داده‌های پرسشنامه اقدام گردیده است. با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف (KS) فرض زیر را بررسی می‌کنیم:

- فرض صفر: پیروی گویه‌ها (گزاره‌ها) از توزیع نرمال
- فرض مقابل: عدم پیروی گویه‌ها (گزاره‌ها) از توزیع نرمال

جدول ۱- خروجی آزمون کولمو اسمیرنوف

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic آماره	df درجه آزادی	Sig. سطح معنی‌داری
سؤال اول	۰/۳۸۹	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال دوم	۰/۳۱۰	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال سوم	۰/۲۵۳	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال چهارم	۰/۲۲۴	۳۰	۰/۰۰۱
سؤال پنجم	۰/۴۲۹	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال ششم	۰/۵۲۸	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال هفتم	۰/۴۲۳	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال هشتم	۰/۳۳۲	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال نهم	۰/۲۵۰	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال دهم	۰/۲۶۱	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال یازدهم	۰/۲۴۷	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال دوازدهم	۰/۳۴۰	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال سیزدهم	۰/۲۴۲	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال چهاردهم	۰/۲۸۷	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال پانزدهم	۰/۴۰۷	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال شانزدهم	۰/۲۲۴	۳۰	۰/۰۰۱
سؤال هفدهم	۰/۴۲۳	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال هجدهم	۰/۳۳۲	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال نوزدهم	۰/۲۵۰	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال بیستم	۰/۲۶۱	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال بیست و یکم	۰/۲۲۴	۳۰	۰/۰۰۱
سؤال بیست و دوم	۰/۲۴۲	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال بیست و سوم	۰/۲۸۷	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال بیست و چهارم	۰/۲۲۴	۳۰	۰/۰۰۱
سؤال بیست و پنجم	۰/۲۲۴	۳۰	۰/۰۰۱
سؤال بیست و ششم	۰/۲۶۱	۳۰	۰/۰۰۰
سؤال بیست و هفتم	۰/۲۲۴	۳۰	۰/۰۰۱

با توجه به جدول بدست آمده از آزمون نرمال بودن داده می‌توان نتیجه گرفت: $Sig = 0<0.05$

بنابر نتایج جدول ۱ چنانچه مقدار Sig کوچکتر از ۰.۰۵ باشد فرض صفر پذیرفته نمی‌شود. بنابر نتایج حاصله گویه‌ها(گزاره‌ها) از توزیع نرمال پیروی نمی‌کند. در نتیجه بایستی از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده نمود.

۸-۲- آزمون فریدمن:

آزمون فریدمن[1] برای طرح‌های درون گروهی (نمونه‌های وابسته) مناسب است. آزمون فریدمن تعمیم یافته آزمون ویلکاکسون

[1]- Friedman

است و معادل ناپارامتریک آزمون‌اندازه‌های مکرر[1]است. در این آزمون ما یک گروه از افراد یا آزمودنی داریم که در حداقل دو وضعیت یا دو مقطع زمانی مختلف مورد سنجش قرار گرفته‌اند. هدف این است که تغییرات نمرات (میانه) را در چند (۲ و بیشتر) وضعیت یا مقطع زمانی مقایسه کنیم. سطح سنجش متغیر در این آزمون باید ترتیبی باشد. پژوهش‌گران عموماً از این آزمون جهت رتبه‌بندی یا اولویت‌بندی متغیرها استفاده می‌کنند [۱۴]. از این آزمون جهت اولویت‌بندی گزاره‌های مؤلفه‌های تحقیق از نظر پاسخ دهندگان استفاده شده است.

۹-یافته‌های تحقیق

آیا میانگین رتبه گویه‌ها از منظر اثرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس علیه پهپادها با هم برابر هستند یا خیر؟

برای رسیدن به پاسخ مناسب در این زمینه می‌بایست آزمون آماری فریدمن که میانگین رتبه گویه‌ها را با هم مقایسه می‌کند استفاده شود.

H_0 : میانگین رتبه گویه‌ها با هم تفاوت معنی‌داری ندارند.

H_1 : میانگین رتبه گویه‌ها با هم تفاوت معنی‌داری دارند.

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون فریدمن برای اولویت‌بندی اثرات مخرب امواج

Ranks

	Mean Rank
سؤال اول	۸/۵۹
سؤال هشتم	۷/۸۲
سؤال چهارم	۷/۳۶
سؤال دوم	۶/۷۳
سؤال پنجم	۶/۵۹
سؤال دهم	۵/۸۲
سؤال سوم	۵/۷۳
سؤال ششم	۵/۶۸
سؤال یازدهم	۴/۵۹
سؤال نهم	۴/۵۰
سؤال هفتم	۲/۵۹

Test Statistics[a]

N	۳۰
Chi-Square	۳۶/۵۵۷
df	۱۰
Asymp. Sig.	۰/۰۰۰

a. Friedman Test

با توجه به جدول بدست آمده از آزمون آماری فریدمن می‌توان نتیجه گرفت: $Sig = 0<0.05$

لذا فرض H_0 رد شده و فرض H_1 پذیرفته می‌شود، یعنی میانگین رتبه گویه‌ها از منظر راهکارهای مقابله با تأثیرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس علیه پهپادها تفاوت معنی‌داری با هم دارند. بر اساس نتایج جدول ۳، مهمترین عامل از منظر پاسخ گویان مربوط می‌شود به گزاره (گویه) بیست و ششم با امتیاز (۱۱.۹۱) و کم اهمیت‌ترین عامل از منظر پاسخ گویان گزاره (گویه) بیست و دوم با امتیاز (۵.۶۸) بدست آمده است. همینطور بر اساس جدول دوم از دیدگاه ۳۰ نفر در این آزمون استفاده شده است. مقدار معناداری نیز ۰/۰۰۰۱ بدست آمده است که نشان می‌دهد می‌توان در سطح خطای یک درصد به نتایج بدست آمده اتّکا کرد.

براساس تجزیه و تحلیل انجام شده مهمترین اثرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس علیه پهپادها به شرح زیر است:

جدول ٤- اولویت‌بندی اثرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس علیه پهپادها

اولویت	اثرات مخرب	امتیاز
۱	میزان تأثیر امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس بر لینک ارتباطی (سیستم‌های ارتباطی و مخابراتی) ایستگاه‌های هدایت و کنترل زمینی پهپادها	۸/۵۹
۲	میزان تأثیر امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس بر محموله‌های جنگ الکترونیک (اختلال و فریب سیگنالی) پهپادها	۷/۸۲
۳	میزان تأثیر امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس بر محموله‌ها و حسگرهای شناسایی پهپادها	۷/۳۶
۴	میزان تأثیر امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس بر ارتباطات فرماندهی و کنترل پهپادها	۶/۷۳
۵	میزان تأثیر امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس بر سنسورهای اتوپایلوت در پهپادها	۶/۵۹
۶	میزان تأثیر امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس بر پنهان کاری صوتی و حرارتی پهپادها	۵/۸۲
۷	میزان تأثیر امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس بر سازه‌های فیزیکی پهپاد از طریق لیزر	۵/۷۳
۸	میزان تأثیر امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس بر سیستم هدایت و کنترل (سامانه ناوبری) پهپادها	۵/۶۸
۹	میزان تأثیر امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس بر محموله‌های رزمی (سلاح‌ها) پهپادها	۴/۵۹
۱۰	میزان تأثیر امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس بر سیستم خود حفاظتی پهپادها	۴/۵۰
۱۱	میزان تأثیر امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس بر فرآیند تعمیر و نگهداری پهپادها	۲/۵۹

همچنین مهمترین راهکارهای مقابله با تأثیرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس علیه پهپادها به شرح زیر است:

[1]-Repeated Measures

جدول ۵- اولویت‌بندی راهکارهای مقابله با تأثیرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس علیه پهپادها

اولویت	راهکارهای مقابله	امتیاز
۱	بهره گیری از عمق آمایش سرزمینی (استفاده از تاکتیک دورسازی تجهیزات و سامانه‌ها)	۱۱/۹۱
۲	استفاده از تاکتیک پراکندگی تجهیزات و سامانه‌های پهپادی	۱۱/۴۱
۳	بهره‌گیری از زمین کردن ـ ارتینگ کانکس فرماندهی و کنترل پهپادها (برای امنیت بیشتر پرسنل در مقابل صاعقه و جریان‌های شدید)	۱۰/۲۳
۴	بهره‌گیری از کانکتورهای مقاوم در برابر جریان‌های الکتریکی سریع و غیرعادی در سامانه‌های هدایت و کنترل پهپادها	۹/۹۵
۵	بهره‌گیری از مواد جاذب امواج الکترومغناطیس چند لایه شفاف بر روی دیوارها به عنوان عبور دهنده نور در کانکس‌های خلبان جهت هدایت و کنترل پهپادها	۹/۵۰
۶	بهره‌گیری از رعایت فاصله‌ی مناسب سامانه‌های پهپادی و ایجاد منطقه ممنوعه از میدان‌های دور و نزدیک تشعشعات الکترومغناطیسی	۹/۴۱
۷	استفاده از فویل‌های میومسی یا کاشی‌های فریت جهت پوشش دیوارها جهت ساختمان‌ها و کارگاه‌های نگهداری و تعمیرات پهپادها	۹/۱۸
۸	استفاده از محفظه‌های پوشش (محفظه‌های متحرک برای کاربردهای نظامی) و یا چادرهای پوشش	۸/۹۵
۹	بهره‌گیری از اصل جداسازی زیر سیستم‌های پهپادها (جداکردن بخش‌های حساس از بخش‌های نویزی و عدم انتقال امواج القایی به آنها)	۸/۶۴
۱۰	استفاده از سد فلزی نانوذرات اکسید آهن در بدنه پهپادها جهت جذب میدان‌های الکترومغناطیسی	۸/۳۶
۱۱	استفاده از حفاظ‌های کابل‌های کواکسیال (تک لایه و چند لایه) در مدارات هدایت و کنترل پهپادها	۸/۰۹
۱۲	طراحی و نصب مدارهای موازی با سوئیچینگ خودکار در برابر جریان‌های الکتریکی سریع و غیرعادی در بردهای هدایت و کنترل پهپادها	۶/۷۷
۱۳	استفاده از قفس فارادی (قرار دادن قفسه هدایت و کنترل داخل قفس فارادی) از جنس فایبرگلاس در پهپادها	۶/۴۱
۱۴	استفاده از فریت‌های کلمپی و دانه‌ای تداخل الکترومغناطیسی در بردهای الکتریکی پهپادها (با کاربرد سریع در انواع مدارات بدون نیاز به انجام لحیم کاری)	۵/۷۷
۱۵	ایجاد حفاظ در بدنه پهپادها به ضخامت حدود یک میلیمتر جهت کوچک‌سازی ولتاژ القاء شده در مدارات الکترونیکی پهپاد	۵/۷۳
۱۶	بهره‌گیری از درزگیرها و یا استفاده از درزهای بدون درزگیر (لحیم کاری سطوح عناصر فلزی داخل محفظه) بدنه پهپادها	۵/۶۸

در این تحقیق برای رسیدن به هدف مورد نظر و پاسخ به پرسش‌های مطروحه، از برخی آزمون‌های آماری که در ذیل به آنها اشاره خواهد شد بهره برده است.

در گام اول، پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها (آزمون KS) که نشان از عدم نرمال بودن داده‌ها را نشان داد. با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک (آزمون فریدمن) به منظور تعیین وجود تفاوت در متغیر رتبه‌ای در گروه‌های وابسته به یکدیگر استفاده شده است. که نتایج ذیل حاصل شده است:

- در گزاره‌های مربوط به اثرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس میانگین رتبه‌ها با هم تفاوت معنی‌داری دارند.
- در گزاره‌های مربوط به راهکارهای مقابله با اثرات مخرب امواج میانگین رتبه‌ها با هم تفاوت معنی‌داری دارند.

۱۰- نتیجه‌گیری و بحث

بهره‌گیری از توان و ظرفیت‌های غیر نظامی در جهت اهداف نظامی از ضروریات بارز در جنگ‌های آینده است و اگر کشوری نتواند به خوبی و در ساختاری شبکه‌ای سازمان‌های غیر نظامی را با نیروهای نظامی گره بزند، می‌بایست منتظر پیامدهای ناگواری باشد. از سوی دیگر با توجه به نقش حیاتی اطلاعات در زندگی روزمره و مدرن امروزی که مستلزم بستری از تجهیزات الکترونیکی و الکتریکی است و اینکه جنگ‌های آینده نیز از این قاعده مستثنی نبوده بطوریکه با عنایت به اهمیت مقوله‌های جمع‌آوری، انتقال، تجزیه و تحلیل و پردازش اطلاعات در آنها، شاید به جرأت بتوان گفت که در جنگ‌های آتی هر عامل تأثیر گذار بر این حوزه‌ها به طوریکه منجر به تغییر موازنه گردد، در تعیین سرنوشت جنگ نقشی محوری بازی می‌نماید.

با توجه به نتایج بدست آمده، مهمترین راهکارهای مقابله با تأثیرات مخرب امواج و سلاح‌های الکترومغناطیس علیه پهپادها مربوط ۱ـ بهره‌گیری از عمق آمایش سرزمینی (استفاده از تاکتیک دورسازی تجهیزات و سامانه‌ها) ۲ـ استفاده از تاکتیک پراکندگی تجهیزات و سامانه‌های پهپادی و ۳ـ بهره‌گیری از زمین کردن ـ ارتینگ کانکس فرماندهی و کنترل پهپادها (برای امنیت بیشتر پرسنل در مقابل صاعقه و جریان‌های شدید) ۴ـ بهره‌گیری از کانکتورهای مقاوم در برابر جریان‌های الکتریکی سریع و غیرعادی در سامانه‌های هدایت و کنترل پهپادها می‌باشند.

۱۱-مراجع

[۱] اکبری، فاطمه، «ارزیابی و پهنه بندی آلودگی امواج الکترومغناطیس ناشی از آنتن BTS»کارشناسی ارشد رشته مهندسی محیط زیست – آلودگی، دانشگاه ملایر، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، ۱۳۹۸.

[۲] فتاحی، وحید، «امکان سنجی بکارگیری پهپاد در مأموریت‌های جنگ الکترونیک نیروی هوایی سپاه»، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده و پژوهشکده دفاعی سپاه پاسداران انقلاب اسلامی(دافوس)، ۱۳۷۹.

[۳] عزیزی، علی، پورابراهیمی، علیرضا، «تأثیر سلاح‌های الکترومغناطیس (بعنوان سلاح سایبری) بر زیرساخت‌های حساس و پیامدهای امنیتی»، ششمین کنگره انجمن ژئوپلیتیک ایران (پدافند غیرعامل)، ۱۳۹۲.

[۴] صادقیان، مجید، «نقش هواپیماهای بدون سرنشین در دفاع هوایی»، ۱۳۸۷.

[۵] خرم فعال، حسین، «جزوه آموزشی پهپاد»، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، ۱۳۹۶.

[۶] علیزاده، محمد، «پهپادها و آینده»، صنایع هوایی قدس، شماره ۵، ۱۳۸۷.

[۷] بی نام، «جزوه پهپادهای نیروی هوافضای سپاه »، معاونت اطلاعات نیروی هوافضای سپاه پاسداران، ۱۳۸۸.

[۸] بهارلو، مهدی، «مطالعات مقدماتی برای مقابله با تهدیدات پهپادی با بهره‌گیری از روش‌های جنگ الکترونیک»، جلد اول، شرکت مهندسی افق توسعه صابرین، ۱۳۹۳.

[9] Keith Armstrong. EMC for Systems and Installations Pars through, EMC-Compliance Journal, ... Y. E.F. vance. Coupling to shielded cables. New york wiley interscience AY r. S.A. Schelkunoff electromagnetic wave. New york, van nostrand, 2008.

[10] M. Tasca,H. B. O'Donnell, and S. J. Stokes III, Pulse Power Response and Damage Characteristics of Capacitors, Final repor Contract F1-vs-C-. T. (General Electric, December 1),2013.

[11] v. dwyer, a. franklhn and d. campbell, thermal failure in semiconductor devices solid state electronics, vol, no. 1990, pp . 550-560.

[۱۲] ارجمندی لاری، مصطفی، پرهوده، سعید، روحانی سروستانی، علی، اله وردی، قادر، «ساخت ورقه‌های جاذب امواج الکترومغناطیسی با فرکانس بالا با استفاده از نانوساختارهای اکسید آهن»، مجله دانشگاه علوم پزشکی فسا، دوره۹، شماره ۱، ۱۳۹۸ .