

فصلنامه علمی پژوهش در ایمنی، سلامت و محیط زیست

راه کارهای مواجهه با مخاطرات پرتو الکترومغناطیس در محیط‌های نظامی

(مطالعه موردی: مخاطرات سامانه مقابله با ریزپرنده‌ها)

وحید شاهی^{۱*}، جواد جعفرنژاد^۲، سعید آبادی^۳، سجاد باقرزاده^۴

^۱ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.

^۲ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران.

^۳ پزشک عمومی، گروه پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

^۴ کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

چکیده

در سال‌های اخیر، ریزپرنده‌ها به دلیل کاربردهای نظامی و غیرنظامی همانند عکس‌برداری هوایی و پایش محیط به صورت قابل توجهی نظر گروه‌های تحقیقاتی و صنعتی در سراسر جهان را به خود جلب کرده‌اند. ریزپرنده‌ها انقلاب نوینی در جنگ‌های آینده را وعده می‌دهند. به همین دلیل و تهدیدات متصور از آن، مقابله با ریزپرنده‌ها در محیط‌های نظامی امری لازم و ضروری است. از این رو سامانه‌های مقابله با ریزپرنده برای کشف و اخلاص آن تولید شده است. با توجه به فعالیت ریزپرنده‌ها در باند S و پرتوهای الکترومغناطیسی سامانه‌های مقابله با آن، سامانه‌های اخلاصگر مخاطره‌ای برای بهداشت محیط‌های نظامی و کارکنان آن محسوب شده بنابراین راه‌کارهایی نیاز است تا این مخاطرات کاهش یافته و آسیبی به سلامت نیروی انسانی وارد نشود. در مقاله حاضر با ارزیابی محیطی با استاندارد SBM-2015 آمریکا، پرتو سنجی از محیطی که سامانه مقابله با ریزپرنده‌ها در آن راه‌اندازی شده است، صورت گرفته و راه‌کارهای لازم در خصوص کاهش مخاطرات پرتوهای الکترومغناطیس با خروجی ارزیابی‌ها ارائه شده است. روش تحقیق این مقاله ارزیابی میدانی و سنجش محیطی از یک مرکز نظامی صورت بوده و نتایج آن با استانداردهای مربوطه سنجیده شده است.

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

نوع مقاله: علمی

دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۸

بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۱۹

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۳

انتشار: ۱۴۰۳/۰۴/۰۴

*نویسنده مسئول:

vsh1393@yahoo.com

کلیدواژه‌ها:

ریزپرنده

امواج الکترومغناطیس

سامانه اخلاصگر

محیط نظامی

استاندارد SBM-2015

مقدمه

و سنجش میزان دریافتی آن است تا در نهایت تدابیر لازم نسبت به آن اتخاذ شود. عدم رعایت نکات ایمنی در طول کار با پرتوها می‌تواند خطرات جبران‌ناپذیری را برای محیط‌های نظامی و کارکنان آن به همراه داشته باشد [۴].

در مطالعاتی نظیر [۵]، در مورد مخاطرات پرتوهای الکترومغناطیس تحقیق انجام شده است ولی در زمینه ریزپرنده، سامانه‌های مقابله با آن و مخاطرات مربوطه پژوهشی صورت نگرفته است که در پژوهش حاضر به این امر می‌پردازیم.

مخاطرات پرتوهای الکترومغناطیس

مهدی نظری و همکارانش با بررسی تأثیر امواج الکترومغناطیسی فرکانس پایین بر تغییرات رفتاری مشخص کردند در فرکانس‌های پایین و از ۹۰۰ تا ۲۴۵۰ مگاهرتز و شدت توان ۰ تا ۱ وات بر کیلوگرم، موش صحرایی در اثر پرتو امواج الکترومغناطیس دچار کاهش فعالیت حرکتی و افزایش اضطراب گردید [۶]. طی تحقیق سید محمد مهدوی و همکارانش، استفاده از ریزموج‌ها، می‌تواند یک عامل خارجی در به هم زدن تعادل امواج مغزی باشد و نتایج آن سبب ایجاد اختلالات ذهنی-شناختی و رفتاری شود. پژوهش با هدف بررسی اثرات امواج الکترومغناطیس در فرکانس ۲،۴۵ گیگاهرتز و به صورت موج پیوسته با حداکثر چگالی توان دریافتی مجاز توسط افراد عادی (۴ میلی وات بر سانتی‌متر مربع) صورت گرفته که در فرایند یادگیری بر حافظه فضایی تأثیر منفی داشته است [۷]. تحقیق در مورد اثرات امواج الکترومغناطیسی بر بافت‌های زنده شامل بافت انسان، حیوان، حشرات و گیاهان دارای سابقه طولانی است. از این اثرات می‌توان به ایجاد احساس خارش، سوزش در بدن، صدای سوت ممتد در گوش و یا حتی ایجاد حالت تهوع، اضطراب و رعب و وحشت اشاره نمود [۸]. محمدحسین عزیزی در دانشگاه علوم پزشکی آجا اعلام نمود امواج الکترومغناطیس سبب بروز برخی تغییرات رفتاری مانند پرخاشگری‌های فراوان، بیماری‌های روحی و روانی همانند افسردگی، خستگی مفرط و امثال آن می‌شود [۹]. ندا رحمانی‌نسب و نرگس محمدی افزایش دمای بدن، ضربان قلب و تشدید گردش خون و فشار بالا، ضعف و خستگی و تار شدن دید چشم و آب‌مروراید، کاهش قدرت جنسی و اختلال در باروری را از عوارض بهداشتی و زیستی میدان‌های الکترومغناطیسی در تحقیق خود عنوان کرده‌اند [۱۰]. همچنین برزو رشیدی و همکارانش که در بازه زمانی سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۸۶ در چند سایت پدافندی روی کارکنان راداری نهجا که تحت تأثیر امواج رادیویی قرار داشتند، به این نتیجه رسیدند که در ۳۰ تا ۶۰ درصد کارکنان، مشکلاتی از قبیل خستگی، ضعف، بی‌حالی، تاری دید، سوزش چشم و قرمزی چشم، سردرد و سرگیجه، کاهش

استفاده از ریزپرنده‌ها به دلیل هزینه کم و در دسترس بودن، روز به روز در حال افزایش است. امروزه در تمامی دنیا شاهد پرواز ریزپرنده‌ها در آسمان برای اهدافی مانند تصویربرداری و پایش محیط هستیم [۱]. ظهور این پدیده جدید از نظر احتمال خرابکاری یا پایش مناطق نظامی می‌تواند یک تهدید امنیتی برای این مراکز به شمار آید. ریزپرنده‌ها معمولاً بخش الکترونیکی و مخابراتی آسیب‌پذیری دارند و برای مقابله با این تهدیدات می‌توان از سامانه‌های پدافندی از جنس جنگ الکترونیک برای اختلال در ناوبری و لینک‌های ارتباطی استفاده نمود. یکی از سامانه‌های مقابله با این تهدیدات، یک اخلاص گر بومی در داخل کشور است که در لینک کنترلی ۲،۴ و ۵،۸ گیگاهرتز خلل وارد می‌کند. این سامانه با برد ۲ کیلومتر و در باند S فعالیت می‌کند و شدت توان آن معادل ۱۰۰ وات در دو باند فرکانسی می‌باشد که توانایی مقابله با ریزپرنده‌ها و به زمین نشانیدن آن‌ها را دارد.

امواج رادیویی و ریزموج یا مایکروویو با توجه به فعالیت در باند ۲،۴ و ۵،۸ گیگاهرتز دو مورد از رایج‌ترین شکل پرتو الکترومغناطیسی هستند که برای هدایت و ناوبری تمامی ریزپرنده‌ها کاربرد دارند. پرتو الکترومغناطیس از امواج الکترونیکی و مغناطیسی تشکیل شده که باهم در فضا با سرعت نور منتقل می‌شوند. امواج رادیویی و ریزموج ارسال از طریق آنتن‌های فرستنده، یک شکل انرژی الکترومغناطیسی است و محدوده ۱ تا ۳۰۰ گیگاهرتز را در برمی‌گیرند و در محیط پیرامون زندگی بطور گسترده وجود دارند. مواجهه شغلی کنترل نشده با این پرتوها می‌تواند باعث آسیب‌های جدی شود [۲].

این امواج ساطع شده از سامانه‌های اخلاص گر بر روی بافت‌های زنده، ممکن است تأثیر مختلفی داشته باشد که از آن به عنوان مخاطرات این امواج یاد می‌شود. مقدار پرتو الکترومغناطیسی جذب شده در هر جرم در یک زمان مشخص با عنوان نرخ جذب خاص شناخته می‌شود که این مقدار مبنایی برای تعیین حداکثر شدت مجاز جریان‌های انرژی میدان‌های الکترومغناطیسی است که بدن انسان ممکن است در معرض آن قرار گرفته و آن را جذب نماید. واحد SAR وات بر کیلوگرم بوده و به ازای هر ۴ وات بر کیلوگرم دمای بدن یک فرد سالم یک درجه افزایش می‌یابد [۳].

با گسترش فناوری ریزپرنده در محیط‌های نظامی و نقش تعیین‌کننده آن در جنگ‌های آینده، استفاده از آن امری اجتناب‌ناپذیر بوده و به طبع آن با گسترش امواج الکترومغناطیسی در محیط پیرامونی، رعایت بهداشت الکترومغناطیسی و ایمن‌سازی محیط در برابر امواج الکترومغناطیسی می‌تواند به عنوان امری ضروری در نظر گرفته شود. مهم‌ترین عنصر بهداشت محیط و حفاظت در برابر پرتوهای الکترومغناطیسی آگاهی از میزان پرتو موجود در محیط

مدیریت مواجهه شغلی برای محیط‌های نظامی دارای مقوله جنگ الکترونیک یکی از سخت‌ترین امور بوده و بسته به نوع بهره‌برداری متفاوت است. شدت فرکانس رادیویی در واحد وات سنجش می‌گردد. استانداردهای حد مواجهه شغلی برای پرتوهای فرکانس رادیویی و ریزموج که دو مؤلفه اصلی جنگ الکترونیک می‌باشند از طرف ادارات سلامت و ایمنی شغلی اعلام گردیده و توسط اکثر مراجع ذی‌صلاح جهان به تأیید رسیده است. میزان مجاز تماس شغلی برای پرتوهای الکترومغناطیس ۱۰ میکرو وات بر سانتی‌متر مربع ($\text{cm}^2/\text{W}\mu$) در مدت زمان ۶ دقیقه است. مواجهه با پرتو فرکانس رادیویی و ریزموج در مقادیر بیش از مقدار اعلام شده می‌تواند باعث افزایش حرارت بافتی گردد [۱۵ و ۱۶].

راهکارهای این تحقیق برای مواجهه با مخاطرات پرتو الکترومغناطیس از نتایج ارزیابی میزان امواج اندازه‌گیری شده از یک محیط نظامی است که در آن سامانه مقابله با ریزپرنده راه‌اندازی شده است. در ارزیابی محیط، استاندارد SBM-2015 لحاظ شده که در آن انجمن بیولوژی و اکولوژی آمریکا اعلام نموده است که سطوح امواج الکترومغناطیسی بیشتر از ۱ وات بر مترمربع (جدول ۱) بسیار مخاطره آفرین است [۱۷].

جدول ۱. راهنمای ارزیابی [۱۶] SBM-2015

مقدار	وضعیت
$\text{cm}^2/\text{W}\mu < 10$	ایمن
$\text{cm}^2/\text{W}\mu 10-100$	قابل قبول
$\text{cm}^2/\text{W}\mu 100-1000$	خطرناک
$\text{cm}^2/\text{W}\mu > 1000$	خیلی خطرناک

اندازه‌گیری امواج الکترومغناطیس با دستگاه اندازه‌گیری امواج مدل HF35C و دستگاه اندازه‌گیری امواج مدل RF TES-593 می‌باشد. محدوده اندازه‌گیری فرکانسی نیز از ۱۰ مگاهرتز تا ۶ گیگاهرتز در نظر گرفته شده است. اندازه‌گیری امواج از لحاظ شدت تشعشعات الکترومغناطیس بررسی شده و جهت میدان لحاظ نشده است. اندازه‌گیری امواج در سه موقعیت ساختمان بدون حفاظ، ساختمان با حفاظ و محیط فضای باز صورت گرفت که اختلال سامانه نیز در دو حالت شناسایی هوشمند و اختلال کلی لحاظ گردید. یعنی در حالت هوشمند فقط به محض رؤیت ریزپرنده، امواج ساطع شدند و در حالت اختلال کلی، امواج به صورت پیاپی ساطع گردیدند. شایان ذکر است حفاظ ساختمان در این پژوهش ایزوگام فویل دار در نظر گرفته شده است. در سامانه راه‌اندازی شده برای مقابله با ریزپرنده‌ها در صورت مشاهده تهدید در یک فرکانس، اختلال در هر دو باند فرکانسی ارسال می‌شود. شایان ذکر است پهنای باند سیگنال‌های دریافتی

حافظه و اختلال خواب مشاهده شده است [۱۱]. بیشتر اثرهای زیستی زیان‌بخش ناشی از ریزموج در انسان، به بیش گرمایش نسبت داده می‌شود. آسیب جدی به چشم‌ها و بیضه‌ها از مهم‌ترین موارد این‌گونه اثرها می‌باشد. این بافت‌ها نسبتاً کم‌خون بوده و توان بیشتر از ۱۰ تا ۱۵ میلی‌وات بر سانتی‌متر مربع را نمی‌توانند به‌طور مؤثر جذب کنند. عدسی چشم رگ خونی نداشته و در یک محفظه کپسولی شکل قرار دارد. از این‌رو، نسبت به گرما و افزایش دمای حاصل از پرتو زیاد، کاملاً آسیب‌پذیر است [۱۲ و ۱۳].

روش تحقیق

در این پژوهش جهت مراقبت از سلامت کارکنان در برابر عوامل زیان‌آور شغلی، ارزیابی مخاطرات پرتوهای الکترومغناطیس و سامانه‌های مقابله با ریزپرنده و ارائه راه‌کارهای مقابله با آن در محیط‌های نظامی به شرح زیر انجام می‌شود:

روش میدانی: برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به مخاطرات الکترومغناطیس، سنجش یک محیط نظامی با شدت و جهت ورود امواج در بازه فرکانس رادیویی و ریزموج در محیط صورت می‌پذیرد که در پایان اندازه‌گیری با توجه به شرایط موجود و شناسایی مولدهای داخلی و خارجی، توصیه‌های لازم در خصوص راهکارهای کاهش میزان پرتوهای الکترومغناطیس به کارکنان ارائه می‌شود.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها: جهت ارزیابی شدت پرتوهای مضر نیاز به دستگاه‌های اندازه‌گیری امواج الکترومغناطیسی است. لذا بازه عملکرد فرکانسی آن جهت اجرای راهکارهای دورسازی پرتوها حائز اهمیت است. این اندازه بین فرکانس‌های ۲ تا ۶ گیگاهرتز را در بر می‌گیرند. از سوی دیگر نیز از دستورالعمل‌ها و استانداردهای بین‌المللی از جمله استاندارد ملی ایران به شماره ۸۵۶۷ در این راستا کمک گرفته شده است [۱۴]. برای ارزیابی سطوح مواجهه شغلی در تحقیق حاضر از دستورالعمل‌های ارزیابی زیست‌شناسی ساختمان استفاده شده که هدف آن شناسایی، مکان‌یابی و ارزیابی منابع بالقوه ریسک با در نظر گرفتن همه زیرمجموعه‌ها در یک محیط است.

نتایج و بحث

ارزیابی و راهکارها

طبق تعاریف بهداشت محیط ایران، پرتو یا تشعشع شکلی از انرژی است که به‌صورت امواج یا ذرات در خلأ یا محیط مادی منتشر می‌شود و عمدتاً قابل حس و لمس توسط انسان نمی‌باشد.

سایر راهکارها

- با توجه به نتایج ارزیابی موارد زیر پیشنهاد می‌گردد.
- ۱- در صورت امکان قطعات فلزی غیر ضروری که منعکس کننده امواج الکترومغناطیس هستند در مجاورت سامانه وجود نداشته باشند.
 - ۲- استفاده از کاهنده همانند Dummy load در خروجی فرستنده رادیویی سامانه، پرتوگیری را به میزان چشمگیری کاهش داده و می‌توان حین آزمون سامانه از آن استفاده نمود.
 - ۳- جهت جلوگیری از خطرات احتمالی، از تابش پرتوهای فرکانس رادیویی و ریزموج به سمت سیلندرها یا کپسول‌های گاز قابل انفجار، مایعات قابل اشتعال و امثال آن باید اجتناب گردد.
 - ۴- همچنین برخی موارد مثل استفاده از رنگ ضد امواج و برچسب مخصوص شیشه که هزینه‌بر بوده می‌تواند تهیه و به کارگیری گردد.
 - ۵- از تابلو و علائم هشداردهنده در اطراف مولدها استفاده شده و بازدیدهای دوره‌ای از آنان صورت پذیرد.
 - ۶- محدود کردن دسترسی کارکنان به میدان‌های رادیویی با شدت بالا یکی از اقدامات مهمی است که باید در کنار آموزش موارد لازم به آن‌ها صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

ریزپرنده‌ها یک پدیده نوظهور بوده و به سرعت در تمامی دنیا فراگیر شده و استفاده از آن به عنوان یک ابزار کمکی، نظرات گروه‌های تحقیقاتی و صنعتی را به خود جلب نموده است. تهدیدات متصور از این فناوری نیز دغدغه مهمی به خصوص برای مراکز نظامی بوده و مقابله با آن امری ضروری می‌باشد. بنابراین نیاز به تولید سامانه‌هایی برای مقابله با آن‌ها بوده و همچنین مخاطرات محیطی آن را نیز باید مدنظر قرار داد. در تحقیق حاضر مخاطرات پرتوهای الکترومغناطیس مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از استاندارد SBM-2015 انجمن بیولوژی و اکولوژی آمریکا، مکان‌های پرخطری که میزان پرتو بالاتر از ۱۰۰۰ میکرووات بود شناسایی گردید. همچنین پیشنهادها و راهکارهای لازم در راستای کاهش پرتوگیری و مخاطرات شغلی کارکنان محیط‌های نظامی که ناگزیر به استفاده از سامانه جنگ الکترونیک هستند، ارائه گردید.

کمتر در نتیجه پایش تأثیری نداشته‌اند. نتیجه ارزیابی‌ها به شرح جدول (۲) و جدول (۳) به دست آمد.

جدول ۲. اندازه‌گیری پرتو الکترومغناطیس در حالت ارسال پیاپی امواج

موقعیت	مقدار اندازه‌گیری شده	نتیجه
ساختمان با حفاظ	$80 \text{ cm}^2 / \text{w}\mu$	قابل قبول
ساختمان بدون حفاظ	$720 \text{ cm}^2 / \text{w}\mu$	خطرناک
محیط فضای باز	$1650 \text{ cm}^2 / \text{w}\mu$	خیلی خطرناک

سامانه در حالتی که به‌صورت پیاپی در حال ارسال امواج بود بیشترین میزان پرتو را داشت. لذا باید در طراحی سامانه‌های مقابله با ریزپرنده، میزان ارسال امواج الکترومغناطیس نیز مدنظر قرار گیرد تا کمترین پرتو خروجی از دستگاه را داشته باشیم. همچنین با طراحی حالت های هوشمند تشخیص سیگنال می‌توان طول عمر سامانه های تولیدی را نیز افزایش داد.

جدول ۳. اندازه‌گیری پرتو الکترومغناطیس در حالت ارسال هوشمند امواج

موقعیت	مقدار اندازه‌گیری شده	نتیجه
ساختمان با حفاظ	$13 \text{ cm}^2 / \text{w}\mu$	قابل قبول
ساختمان بدون حفاظ	$95 \text{ cm}^2 / \text{w}\mu$	قابل قبول
محیط فضای باز	$420 \text{ cm}^2 / \text{w}\mu$	خطرناک

سامانه در حالتی که به‌صورت هوشمند در حال ارسال امواج اخلاک‌گر بود کاهش چشمگیری از میزان پرتو را داشت. همچنین زمانی که اندازه‌گیری نزدیک سامانه اخلاک‌گر صورت می‌گرفت انرژی ساطع شده از دستگاه کمتر نشان می‌داد و هرچه فاصله از آن بیشتر می‌شد پرتو افزایش می‌یافت. بهترین راهکار برای مواجهه با امواج الکترومغناطیس دور بودن از سامانه اخلاک‌گر و کاهش زمان پرتوگیری است. با توجه به اینکه تحت هر شرایطی محیط پیرامونی سامانه اخلاک‌گر، آلوده‌ترین فضا از دید پرتو الکترومغناطیس است پیشنهاد می‌گردد توقف در اطراف سامانه و در فضای باز بیش از ۵ دقیقه نباشد، چون مخاطره آن افزایش می‌یابد. همچنین بهتر است نزدیک سامانه، فعالیت کارکنانی که ناراحتی قلبی داشته و یا از ضربان‌ساز مصنوعی قلب یا سایر تجهیزات الکتریکی در داخل بدن آن‌ها وجود دارد، ممنوع شود. چون ممکن است عملکرد آن‌ها با مولدهای فرکانس رادیویی و ریزموج و یا در میدان‌های آن دچار اختلال شود. سامانه اخلاک‌گر ریزپرنده‌ها در بام ساختمان‌هایی نصب و راه‌اندازی گردد که دارای ایزوگام بوده و حداقل به‌عنوان حفاظ برای ساختمان عمل کند. همچنین نزدیک پنجره‌های داخل ساختمان میزان پرتو زیاد بود و پیشنهاد می‌شود کارکنان داخل ساختمان نزدیک سامانه اخلاک‌گر، به‌دور از پنجره‌ها فعالیت روزمره داشته باشند. شایان ذکر است باید از قرار دادن آنتن‌های در حال تشعشع سامانه در محیط بسته‌ای که کارکنان در آن مشغول کار هستند اجتناب گردد.

مراجع

- نیروی هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران، مجله علمی ابن سینا، شماره اول، بهار ۱۳۸۸.
۱۱. ابوالحسنی، شهریار؛ ویسی، فاطمه، "بررسی بروز کاتاراکت در مواجهه پرتوی با امواج رادیویی و ریزموج‌ها"، اولین کنگره بین‌المللی و دومین کنگره ملی بیوالکترومغناطیس: فرصت‌ها و چالش‌ها، ۱۳۹۸، ۱۰۶۷۳-۱۰۱۰۶۷۳.
 12. T. Wessapan and P. Rattanadecho, "Temperature induced in human organs due to near-field and far-field electromagnetic exposure effects," *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 119, pp. 65–76, Apr. 2018, doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.11.08>.
 ۱۳. دلنواز، فردین، "پرتوهای غیریونساز- حدود پرتوگیری"، استاندارد ملی ایران ۷۵۶۸، تجدید نظر دوم، ۱۳۹۵.
 ۱۴. علی آبادی، محسن، "راهنمای اندازه‌گیری و ارزیابی پرتوها در محیط کار"، همدان: انتشارات دانشجو، ۱۳۹۵، شابک: ۹-۱۰۵-۹۷۴-۹۶۴-۵۳.
 ۱۵. رضایی، رامین؛ مهدوی، امید؛ قلمی، هومن، "بررسی سیستم‌های سنجش و پایش امواج الکترومغناطیسی غیریونیزان"، مجله سنجش و ایمنی پرتو، شماره ۲، صفحات ۲۱-۳۰، ۱۳۹۸.
 16. Supplement to the Standard of Building Biology Testing Methods SBM-2015, Building Biology Evaluation Guidelines For Sleeping Areas. Available from: <https://buildingbiology.com/>
 1. M. Coppola, K. N. McGuire, C. De Wagter, and G. C. H. E. de Croon, "A Survey on Swarming with Micro Air Vehicles: Fundamental Challenges and Constraints," *Frontiers in Robotics and AI*, vol. 7, Feb. 2020, doi: <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00018>.
 2. E. Zhang, A. Michel, P. Nepa, and J. Qiu, "Compact Dual-Band Circularly Polarized Stacked Patch Antenna for Microwave-Radio-Frequency Identification Multiple-Input-Multiple-Output application," *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2021, pp. 1–13, May 2021, doi: <https://doi.org/10.1155/2021/9991748>.
 3. A. Wdowiak, P. A. Mazurek, A. Wdowiak, and I. Bojar, "Effect of electromagnetic waves on human reproduction," *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, vol. 24, no. 1, pp. 13–18, Mar. 2017, doi: <https://doi.org/10.5604/12321966.1228394>.
- معاونت بهداشت مرکز سلامت محیط کار، "راهنمای بخش پرتوهای کتاب حدود و مجاز مواجهه"، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی.
۴. زراوشانی، ویدا؛ خواجه نصیری، فرحناز، "کاربرد استراتژی‌های کنترل مدیریتی در ارتقای ایمنی شغلی کارکنان نیروی دریایی در مواجهه با پیرتوهای راداری"، مجله طب دریا، شماره ۳، صفحات ۱۱۸-۱۱۶، ۱۴۰۰، doi: <http://dx.doi.org/10.30491/1.1.3>.
 ۵. نظری، مهدی؛ کاکا، غلامرضا؛ مفید، محمود، "اثر امواج الکترومغناطیسی فرکانس پایین بر رفتارهای اضرابی و هیستومورفومتری نورون‌های لایه هرمی داخلی شرف لوب پیشانی مغز در موش صحرایی نر بالغ"، مجله علوم پیراپزشکی و بهداشت نظامی، شماره ۱، ۱۳۹۹.
 ۶. مهدوی، سید محمد؛ واحدی، وحید؛ پاک آیین، مریم؛ طالبی، محمد، "بررسی اثر امواج الکترومغناطیس غیر یونیزان یوسته با فرکانس ۲،۴۵ گیگاهرتز بر حافظه فضایی، سیستم حسی- حرکتی و پروتئین سرم و خون رت نر"، دومین کنگره ملی بیوالکترومغناطیس: فرصت‌ها و چالش‌ها.
 ۷. چلداوی، احمد، "مقدمه ای بر بهداشت الکترومغناطیسی"، اولین کنگره بین‌المللی و دومین کنگره ملی بیوالکترومغناطیس: فرصت‌ها و چالش‌ها، ۱۳۹۸، Civilica.com/doc/1010642.
 ۸. عزیززی، محمد حسین؛ حیدر حسینی، علی؛ لگزیان، سجاد، "تاثیرات امواج الکترومغناطیس بر سلامت جسمی و روحی"، اولین کنگره بین‌المللی و دومین کنگره ملی بیوالکترومغناطیس: فرصت‌ها و چالش‌ها، ۱۳۹۸، <https://Civilica.com/doc/1010680>.
 ۹. رحمانی نسب، ندا؛ محمدی، نرگس، "بررسی تأثیر امواج الکترومغناطیس بر بافت بدن انسان"، فصلنامه تخصصی دانش آزمایشگاهی ایران، شماره ۲، صفحات ۴۱-۴۸، ۱۳۹۸.
 ۱۰. رشیدی، برزو؛ علیزاده، کامیاب؛ زارعی، سعید، "بررسی عوارض و مشکلات ناشی از تماس با اشعه مایکروویو در کارکنان راداری

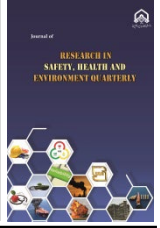


دانشگاه امام حسین
تاسیس ۱۳۶۵

انستیتو تخصصی پژوهش در امنیت، سلامت و محیط زیست

Scientific quarterly Journal of Research in safety, health and environment Journal of Research in

Scientific quarterly Journal of Research in safety, health and environment



Solutions for dealing with the dangers of electromagnetic radiation in military environments (case study: the dangers of the jamming system for micro air vehicles)

Vahid Shahi¹, Javad Jafaranjad², Saeed Abadi³, Sajjad Bagherzadeh⁴

¹Master's degree, Department of Computer Engineering, Imam Hossein University, Tehran, Iran.

²Master's degree, Department of Mechanical Engineering, Imam Hossein University, Tehran, Iran.

³General practitioner, Department of Medicine, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

⁴Master's degree, Department of Materials Engineering and Metallurgy, Tabriz University, Tabriz, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: scientific

Received: 17 February 2024

Received in revised form 08 May 2024

Accepted: 23 June 2024

Release: 24 June 2024

*Correspondence:

vsh1393@yahoo.com

Keywords:

Micro Air Vehicle

Electromagnetic Radiation

Jamming System

Military Environments

SBM-2015

ABSTRACT

In recent years, Micro air vehicles (MAVs) are gaining significant attention in research groups and industries all over the world, due to the blooming number of military and civilian applications, including aerial photography. MAVs promise to revolutionize warfare. For this reason and the threats of them, the need to deal with them is essential for military environments. Therefore, electromagnetic jamming system have been produced to discovering and jamming them. Due to the activity of MAVs in the S-band and electromagnetic radiation, Jamming systems are considered a risk for the health of military environments and its employees. So solutions are needed to reduce these risks and not harm the health of human resources. In this article, with an environmental evaluation based on the SBM-2015 standard, radiation measurement of the environment with a Jamming system has been done. Also, Necessary solutions for reducing the dangers of electromagnetic radiation have been presented with the output of the evaluations. The research method of this article is field and environmental assessment of a military center.

Publisher: Imam Hussein University

Authors

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) .

