

اقدامات پدافند غیرعامل در کاهش اثرات فرسوخ کشتی‌های نظامی

علی طالبی^۱، جواد خلیل‌زاده^۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۱۱

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۲۶

چکیده

این مقاله به یکی از جنبه‌های مهم فناوری پنهان‌سازی در طراحی کشتی‌های پیشرفته نظامی پرداخته است. در کشتی‌های جنگی، فرونشانی و کاهش اثرات فرسوخ به‌منظور مقابله با تهدیدات موشک‌های هدایت فرسوخ، اهمیت حیاتی دارد. برای ورود به بحث، ابتدا تابش فرسوخ معرفی شده و پس از آن با تعریف مفاهیم گسیلندگی و تابندگی طیفی، مبانی نظری بحث تشریح شده است. منابع گسیل فرسوخ در کشتی مورد بررسی قرار گرفته و سامانه‌های فرونشانی مرسوم که در کشتی‌های پیشرفته نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرند، ذکر شده است.

کلیدواژه‌ها: تابش فرسوخ، اثر فرسوخ، فرونشانی اثر فرسوخ، کشتی جنگی، پلوم

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی پدافند غیرعامل، گرایش CCD، دانشگاه جامع امام حسین (ع) Email: atalebi@hotmail.com

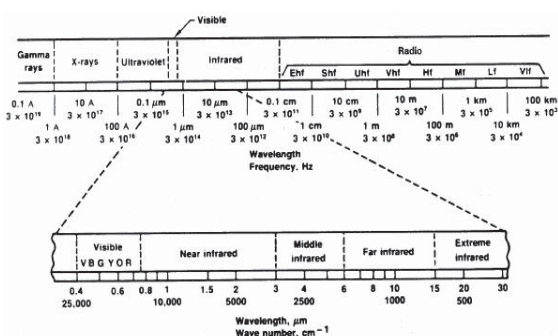
۲- استادیار و عضو هیات علمی گروه فیزیک، دانشگاه جامع امام حسین (ع)

مقدمه

در این مقاله روش غیرفعال فرونشانی اثر فرسوخ، در کشتی‌های پیشرفته نظامی و اصول فیزیکی حاکم بر کاهش اثر، بررسی شده است.

تابش فرسوخ

امواج الکترومغناطیس گستره وسیعی از فرکانس‌ها - از فرکانس اشعه گاما (حدود 10^{19} هرتز) تا امواج رادیویی (حدود 10^2 هرتز) - را پوشش می‌دهد. دسته‌بندی کلی طیف امواج الکترومغناطیسی را می‌توان در شکل (۱) مشاهده کرد. در این شکل، تقسیم‌بندی طیف از فرکانس بالا به پایین به ترتیب اشعه‌های گاما، ایکس، فرابنفش، مرئی، فرسوخ و رادیویی می‌باشد. گستره فرسوخ در امواج الکترومغناطیس بین ناحیه مرئی و مایکروویو واقع شده است.



شکل ۱- دسته‌بندی کلی طیف امواج الکترومغناطیس [1]

هر ماده‌ای به دلیل اغتشاش گرمایی مولکول‌های سازنده‌اش (ارتعاش و چرخش)، امواج فرسوخ را جذب یا تابش می‌کند. اجسام، انرژی تابشی IR را بصورت تابعی از دما گسیل می‌کنند، به طوری که با افزایش دمای جسم، شدت تابش فرسوخ گسیلی بیشتر می‌شود و بنا به قانون جابه‌جایی وین، قله تابش به سمت طول موج‌های کوتاه‌تر جابه‌جا می‌شود. در دماهای خیلی زیاد (چند هزار درجه کلوین) قله تابش طیف در ناحیه مرئی قرار گرفته، و جسم ابتدا به رنگ قرمز دیده شده و با افزایش دما رنگ آن نیز به طول موج‌های کوتاه‌تر تغییر می‌کند. بدن ما تابش فرسوخ را به صورت حرارت لمس می‌کند. با کم شدن دما، در حالی که این تابش وجود دارد ما آن را احساس نمی‌کنیم. در دماهای پایین (مثلاً دمای اتاق) تابش IR با طول موج‌ها و شدت‌های متفاوت اتفاق می‌افتد که با استفاده از

امواج الکترومغناطیس و آکوستیک در آشکارسازی، شناسایی و ردیابی کشتی‌های نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توسعه موشک‌های هوشمند، کاهش اثر فرسوخ^۱ سکوه‌های نظامی^۲ مورد توجه قرار گرفته و به‌عنوان یکی از جنبه‌های مهم فناوری پنهان‌سازی^۳ مطرح شده است. اثر فرسوخ یک کشتی برای سامانه‌های شناسایی و موشک‌های فرسوخ دشمن قابل بهره‌برداری بوده و آن را در معرض آسیب قرار می‌دهد. اگر چه حذف کامل این اثرات عملی نیست، ولی تا حد قابل قبولی می‌توان آنها را کاهش داد.

فناوری پنهان‌سازی، یکی از جنبه‌های پدافند غیرعامل در حوزه صنعت دفاعی می‌باشد و ناظر به اقداماتی است که امکان کشف، شناسایی و رهگیری سکوه‌های نظامی را به حداقل ممکن می‌رساند. به موازات پیشرفت سامانه‌های هدایت تسلیحات و سامانه‌های کشف و شناسایی، فناوری پنهان‌سازی نیز در سال‌های اخیر مسیر کمال را طی کرده و بیش از پیش اهمیت خود را نشان داده است.

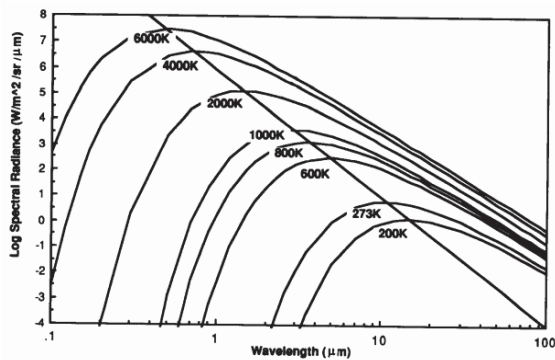
یکی از جنبه‌های مهم فناوری پنهان‌سازی در طراحی سکوه‌های نظامی، فرونشانی اثر فرسوخ^۴ آن‌ها، جهت ناتوان‌سازی یا فریب حسگرهای فرسوخ دشمن می‌باشد. طراحی و ساخت یک سکوی نظامی که در همه نواحی طیف الکترومغناطیسی پنهان باشد عملاً غیر ممکن است. به‌عنوان مثال برای مقابله با موشک هدایت فرسوخ از روش‌های فعال و غیرفعال در ناحیه فرسوخ طیف می‌توان استفاده کرد.

یک سامانه IRSS مناسب، سامانه‌ای است که تابش فرسوخ گسیلی و بازتابی سکوی نظامی را تا حد ممکن کاهش دهد، به نحوی که شعاع آشکارسازی آنها توسط سامانه‌های تشخیصی دشمن، به حداقل ممکن برسد یا به عبارتی قابلیت آشکارسازی^۵ فرسوخ آنها کمینه شود.

برای محافظت از یک سکوی نظامی مثل ناو جنگی باید روش‌های فعال و غیر فعال مقابله الکترواپتیکی را در کنار هم به کار ببریم و اساساً یک سامانه IRSS به تنهایی برای مقابله با تهدید کافی نیست.

- 1- Infrared signature
- 2- Military platform
- 3- Stealth technology
- 4- IR Signature Suppression (IRSS)
- 5- Susceptibility

که در آن علاوه بر کمیت‌های معرفی شده قبلی، L تابندگی جسم بر حسب $Wm^{-2}Sr^{-1}$ ، ϵ_{λ} گسیلمندی طیفی (بدون بعد) و λ_p و λ_c حدود طیف را تعیین می‌کنند. تشخیص و آشکارسازی هدف در محیط زمینه با استفاده از کنتراست دمایی یا اختلاف در میزان تابندگی آنها انجام می‌شود.



شکل ۲- تابندگی طیفی جسم سیاه [۲]

پنجره‌های اتمسفری تابش فروسرخ

تضعیف تابش IR در اتمسفر به شدت وابسته به طول موج، دما و ترکیب گازهای اتمسفر می‌باشد. عبوردهی^۵ اتمسفری را با استفاده از مدل‌های عددی متنوعی می‌توان محاسبه کرد. این مدل‌ها در چندین کد محاسباتی عبوردهی اتمسفری استفاده شده‌اند که مشهورترین آن‌ها، کدهای LOWTRAN، MODTRAN و هم‌چنین کد FASCODE می‌باشند.

طیف IR، گستره ۰.۷۷ تا ۱۰۰۰ میکرون، بین ناحیه مرئی طیف (قرمز) و رادیویی را پوشش می‌دهد. دو پنجره اتمسفری، که انتقال تابش IR در آن‌ها اتفاق می‌افتد شامل باند ۳ تا ۵ میکرون و ۸ تا ۱۲ میکرون می‌باشد. در شکل (۳) زیربخش‌های طیف IR، شامل فروسرخ نزدیک (NIR؛ ۰.۷۵ تا ۳ میکرون)، فروسرخ میانی (MIR؛ ۳ تا ۶ میکرون) و فروسرخ دور (FIR؛ ۶ تا ۱۵ میکرون) نیز دیده می‌شوند. از ۱۵ تا ۱۰۰۰ میکرون طیف IR را نیز فروسرخ انتهایی نامیده و با XIR نشان می‌دهند.

تضعیف IR به وسیله جذب و پراکندگی مولکول‌های CO_2 و بخار آب، خارج از پنجره‌های ۳ تا ۵ میکرون و ۸ تا ۱۲ میکرون قابل توجه است. در ارتفاعات پایین یا در شرایط هوای ابری،

حسگرهای فروسرخ، قابل آشکارسازی و اندازه‌گیری است. دمای جسم و خواص فیزیکی سطح مثل گسیلمندی^۱ و بازتابندگی، از عوامل مهم در تابش IR می‌باشند. یک جسم داغ‌تر نسبت به یک جسم سردتر تابش بیشتری از خود گسیل می‌کند و یک سطح زیر نسبت به یک سطح صیقلی تابش بیشتری گسیل خواهد کرد. با توجه به اینکه همه اشیاء در محیط تابش IR گسیل می‌کنند، برای آشکارسازی یک هدف خاص در محیط زمینه^۲، اختلاف دما (کنتراست) یا گسیلمندی زیاد نسبت به زمینه در آشکارسازی هدف، نقش اساسی خواهد داشت.

تابندگی طیفی

قانون پلانک توزیع طیفی تابش جسم سیاه را به صورت زیر بیان می‌کند [۱].

$$M_{\lambda} = \frac{c_1}{\lambda^2} \frac{1}{e^{c_2/\lambda T} - 1} \quad (1)$$

که در آن M_{λ} گسیلمندی^۳ تابش طیفی بر حسب وات بر متر مربع بر میکرون ($W m^{-2} \mu m^{-1}$)، T دمای مطلق بر حسب کلوین، λ طول موج بر حسب μm ، c_1 ثابت تابش اول برابر $2.2418 \times 10^{-8} W m^{-2} \mu m^2$ و c_2 ثابت تابش دوم برابر $1.4388 \times 10^4 \mu m K$ می‌باشند. تابندگی^۴ طیفی جسم سیاه در گستره دمایی ۲۰۰ کلوین تا ۶۰۰۰ کلوین در شکل (۲) آورده شده است.

گسیلمندی تابش کل، که متناسب با مساحت زیرمنحنی می‌باشد به سرعت با دما افزایش می‌یابد. اگر جسم یک تابنده لامبرتی (سطحی که تابندگی مستقل از زاویه مشاهده آن می‌باشد) فرض شود، تابندگی آن با یک اصلاح ساده در قانون تابش پلانک می‌تواند ارزیابی شود. تابندگی کل در یک باند طیفی با انتگرال‌گیری تابندگی روی بازه طول موج به دست می‌آید [۱].

$$L = \frac{1}{\pi} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\epsilon_{\lambda} c_1}{\lambda^2 [e^{c_2/\lambda T} - 1]} d\lambda \quad (2)$$

- 1- Emissivity
- 2- Background
- 3- Exitance
- 4- Radiance

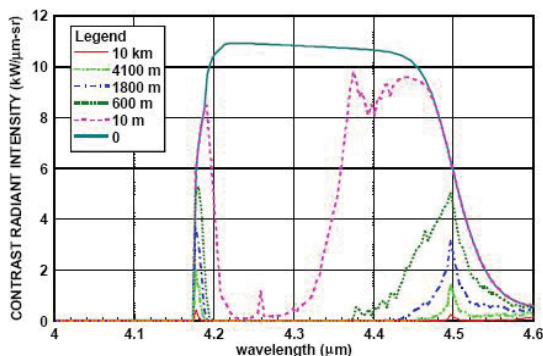
حسگرهایی برای آشکارسازی پلوم^۱ موشک‌های ضد کشتی دشمن و همچنین کاهش اثر فرورسرخ کشتی، زیر مقدار آستانه آشکارسازی حسگرهای دشمن می‌باشد.

تخمین اثر فرورسرخ کشتی

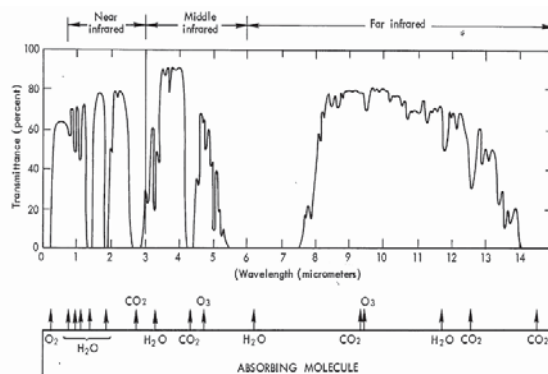
منابع تابش فرورسرخ در کشتی، شامل بدنه کشتی، کانال آگزوز موتور (که در معرض دید است) و گاز خروجی آگزوز (پلوم) می‌باشد. اهمیت نسبی هر کدام از این منابع تابش با تحلیل تقریبی زیر می‌تواند تبیین شود.

یک کشتی فرضی با مساحت‌های بدنه، پلوم و سطح دودکش قابل رؤیت به ترتیب ۱۵۰۰، ۲۰ و ۵ مترمربع را در نظر می‌گیریم. دمای محیط را ۱۵ درجه سانتیگراد فرض کرده و دمای میانگین بدنه را ۲۰ درجه سانتیگراد در نظر می‌گیریم.

گازهای خروجی از دودکش (پلوم)، شامل دی‌اکسیدکربن و بخار آب در گستره طیفی ۴٫۱ تا ۴٫۶ میکرون تابش خواهند کرد، بیشتر تابش در این ناحیه به سرعت در اتمسفر جذب می‌شود ولی مقداری از این تابش می‌تواند تا چند کیلومتر را در اتمسفر طی کند [۶]. شکل (۴) گسیل طیفی پلوم ۵۰۰ درجه سانتیگراد را نشان می‌دهد که افت شدت تابندگی در طول موج‌های مختلف بر حسب مسافت طی شده در آن مشاهده می‌شود. بدنه کشتی نیز منبع گسیل تابش فرورسرخ در باند ۸ تا ۱۲ میکرون است. مقادیر تابندگی و شدت تابندگی منابع IR در این کشتی فرضی، که در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد فرض شده، در جدول (۱) آورده شده و درصد نسبی شدت تابندگی هر کدام از این منابع را نیز، در جدول (۲) آورده‌ایم. اگر چه در



شکل ۴- گسیل طیفی پلوم با دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد [۷]



شکل ۳- انتقال اتمسفری در مسیر افقی با ارتفاع ۶۰۰۰ پایی از سطح دریا [۳]

عبوردهی اتمسفری IR بسیار ناچیز است و در ارتفاعات بالاتر، جایی که غلظت CO_2 و بخار آب خیلی کم است، عبوردهی IR چشمگیر است. پنجره ۳ تا ۵ میکرون مطابق با قله گسیل در دمای ۴۵۰ درجه سانتیگراد بوده و برای آشکارسازی نقاط داغ، بسیار مناسب است. پنجره ۸ تا ۱۲ میکرون مطابق با قله گسیل در دمای ۱۷ درجه سانتیگراد می‌باشد و معمولاً برای گسیل‌های سطوح بزرگ‌تر مانند بدنه کشتی در دمای پایین استفاده می‌شود [۴].

اثر فرورسرخ

اصطلاح اثر فرورسرخ به وسیله محققین نظامی برای توصیف میزان آشکار بودن اجسام برای حسگرهای فرورسرخ، استفاده شده است. اثر فرورسرخ به عوامل متعددی از جمله اندازه و شکل جسم، دما، گسیل مندی، بازتابش چشمه‌های خارجی (تابش خورشید، بازتابش زمین و آسمان) از سطح جسم، محیط زمینه‌ای که جسم در آن قرار دارد و نیز به باند حساسیت طیفی حسگر آشکارساز وابسته است [۵].

استتار IR یکی از موضوعات مهم در فناوری پنهان‌سازی است که هدف آن کاهش اثرات IR می‌باشد. کاهش این اثرات، کاهش قابلیت آشکارسازی سکویهای نظامی به سلاح‌های هدایت فرورسرخ و حسگرهای پایش فرورسرخ را به دنبال خواهد داشت.

هدف از مطالعه اثرات IR، برآورد اثر فرورسرخ تهدیدات احتمالی (جهت توسعه تجهیزات مورد نیاز برای آشکارسازی آن‌ها) و کاهش اثر فرورسرخ سکویهای خودی برای حسگرهای دشمن می‌باشد، و در عمل این به معنی تجهیز ناو جنگی به

این کد قوی، محاسبه اثر فروسرخ کشتی در شرایط مختلف را انجام داده و قابلیت شبیه‌سازی درگیری موشک‌های فروسرخ و کشتی را نیز دارد، ضمن اینکه مقابله‌های الکترواپتیکی فعال نظیر استفاده از فلیر^۱ در آن موجود می‌باشد. تابندگی فروسرخ جو، مدل انتقال تابش در اتمسفر، و مدل‌های بازتابندگی دریا از جمله پارامترهایی هستند که در این کد لحاظ شده و بر قابلیت‌های آن افزوده‌اند [۸].

فرونشانی اثر فروسرخ و سطوح آن

فرونشانی اثر فروسرخ کشتی، فرایند پیچیده‌ای است که در حین طراحی برای ساخت، باید مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد. به‌طور کلی سردسازی قسمت‌های داغ مثل کانال آگزوز که در معرض دید می‌باشد، عایق‌سازی حرارتی، تهویه فضای داخل و سردسازی عرشه کشتی که تحت تأثیر تابش خورشید گرم شده است از جمله اقداماتی است که برای کاهش اثر IR کشتی می‌توان انجام داد.

کنترل اثر IR کشتی با کاهش اثر یک جزء از کشتی و رها کردن اجزاء دیگر که گسیل IR دارند ممکن نیست. هم‌چنین کاهش اثر IR به مقدار صفر نیز عملاً غیرممکن می‌باشد. تجربیات گذشته نشان می‌دهد که تدابیر IRSS به‌کار رفته برای کشتی در چهار سطح قابل بیان است.

- سطح یک؛ هیچ فرونشانی وجود ندارد.
- سطح دو؛ سردسازی کانال‌های آگزوز در معرض دید، سردسازی سطح با وسایل موجود (مثل آب‌پاش‌های NBC کشتی).
- سطح سه؛ سردسازی کانال آگزوز، سردسازی پلوم تا 25°C و سردسازی سطح با وسایل موجود.
- سطح چهار؛ سردسازی کانال آگزوز، سردسازی پلوم تا 15°C و سردسازی کل سطح با وسایل ویژه برای سردسازی سطح کشتی.

انتخاب نهایی سطح فرونشانی، وابسته به تهدیدات موجود و ارزش کشتی می‌باشد. معمولاً کشتی‌های نظامی پیشرفته دارای سطوح ۲ و ۳ می‌باشند [۹].

سطوح بالای فرونشانی، قابلیت آشکارسازی کشتی توسط موشک‌های هدایت فروسرخ را کاهش داده و زمان بیشتری را برای اقدامات فعال مقابله الکترواپتیکی^۲، در اختیار ما

یک کشتی واقعی اثر فروسرخ به زاویه دید، شرایط محیطی و عوامل دیگری وابسته است، که در این مثال از آن‌ها صرف‌نظر شده، ولی این محاسبات یک برآورد کلی از اثر فروسرخ کشتی در اختیار ما قرار می‌دهد.

از جدول (۲) می‌توان چنین استنباط کرد که سردسازی پلوم و کانال آگزوز می‌تواند حدود ۹۹ درصد، اثر فروسرخ کشتی را در باند ۳ تا ۵ میکرون و هم‌زمان حدود ۴۶ درصد از اثر فروسرخ را در باند ۸ تا ۱۲ میکرون کم کند.

جدول ۱- تابندگی و شدت تابندگی چشمه‌های مختلف کشتی [۶]

شدت تابندگی $\frac{W}{m^2}$		تابندگی $\frac{W}{m^2 \cdot m}$		باند طیفی چشمه
8-12 μm	3-5 μm	8-12 μm	3-5 μm	
3675	30	2.45	0.02	بدنه
-	1458	-	73	پلوم
3188	4920	638	984	کانال آگزوز

جدول ۲- سهم هر کدام از چشمه‌ها در اثر فروسرخ کشتی [۶]

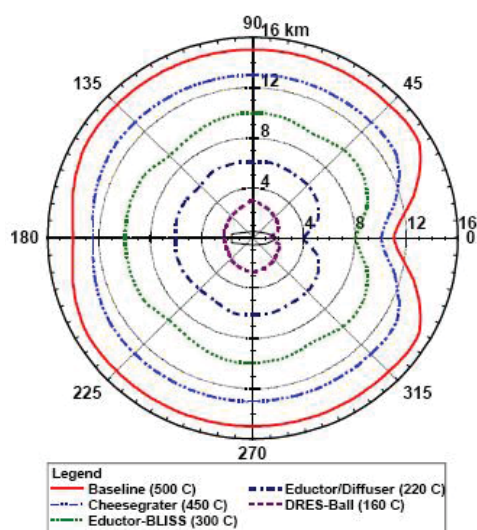
سهم هر کدام از چشمه‌ها در اثر فروسرخ کشتی		باند طیفی چشمه
8-12 μm	3-5 μm	
54	1	بدنه
0	23	پلوم
46	76	کانال آگزوز

هم‌چنین می‌توان گفت که پلوم و کانال آگزوز، چشمه‌های اصلی اثر فروسرخ می‌باشند، از این رو دمای زیاد دودکش و پلوم هدف خوبی برای موشک‌های هدایت فروسرخ می‌باشند. برای پیش‌بینی اثر فروسرخ کشتی بهترین و کم‌هزینه‌ترین روش، استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری و کدهای کامپیوتری می‌باشد. بسته نرم‌افزاری جامع ShipIR/NTCS برای پیش‌بینی اثر فروسرخ کشتی و شبیه‌سازی مقابله با تهدیدات دریایی توسعه یافته و در سال ۱۹۹۵ به عنوان استاندارد ناتو پذیرفته شده است.

1- Flare

2- Active IR countermeasure

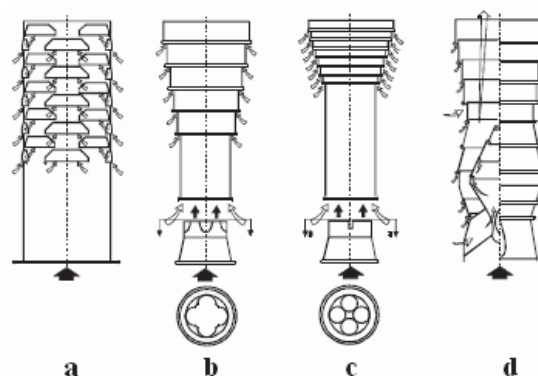
فرونشانی از حدود ۱۶ کیلومتر به کمتر از ۴ کیلومتر با ابزار فرونشانی در مدل (d) کاهش می‌یابد. در این شکل منحنی‌های حداکثر فاصله قفل روی هدف، در زوایای مختلف (برای دریافت حداقل شدت تابندگی مورد نیاز حسگر موشک) رسم شده است. خارج از این منحنی‌ها موشک روی هدف قفل نخواهد شد، یا در یافتن هدف دچار مشکل خواهد شد، و این همان چیزی است که ما به دنبال آن هستیم.



شکل ۶- مقایسه فاصله قفل روی هدف برای تجهیزات IRSS مختلف [۷]

روش‌های دیگر فرونشانی IR را نیز می‌توان با استفاده از شبیه‌سازی و مدل‌سازی کامپیوتری، مورد بررسی قرار داد. این روش به طراحان کمک می‌کند که عملکرد سامانه‌های مختلف را بررسی کرده و تجهیزات مورد نظر خود را بهینه‌سازی کنند. در شکل (۷) اثر سطوح مختلف شستشوی آب بر کاهش اثرات IR کشتی بیان شده است. این شبیه‌سازی برای ناو جنگی با موتور دیزلی در ۲۰ گره دریایی با راستای تابش ۳۰ درجه خورشید که به سمت راست کشتی می‌تابد انجام شده است. دمای هوای محیط در این شبیه‌سازی ۱۵ درجه سانتیگراد فرض شده و کنتراست دمایی سطوح شسته شده با محیط ± 2 درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است.

قراری دهد. برای فرونشانی اثر پلوم و کانال آگزوز از تجهیزات فرونشانی ویژه‌ای استفاده می‌شود که در شکل (۵) آورده شده‌اند. هر کدام از تجهیزات IRSS در شکل (۵)، یک لایه نازک هوای سرد را برای فرونشانی دمای کانال آگزوز (که در معرض دید می‌باشد) استفاده می‌کنند. دماهای کانال در همه این تجهیزات فرونشانی تقریباً تا ۲۰ الی ۳۰ درجه سانتیگراد بالای دمای اطراف سرد می‌شوند که این سطح فرونشانی، برای حفاظت در برابر تهدیدهای روز هنگام کافی است. قابلیت هر کدام از ابزار فوق برای سردسازی دمای پلوم متفاوت است؛ مثلاً مدل (a) دمای پلوم را کاهش نمی‌دهد و به همین خاطر، وسیله جانبی دیگری که یک جریان هوای سرد برای خنک کردن پلوم تولید می‌کند، به آن اضافه می‌شود. مدل (a) به پره‌هایی برای انجام این کار نیاز دارد که اگر این پرها خاموش شوند ممکن است گازهای داغ، داخل فضای هواکش شوند. در مدل (b) هوای سردکننده را در محفظه ترکیب و پخش کننده، برای سردسازی پلوم و کانال آگزوز هدایت می‌کنند.



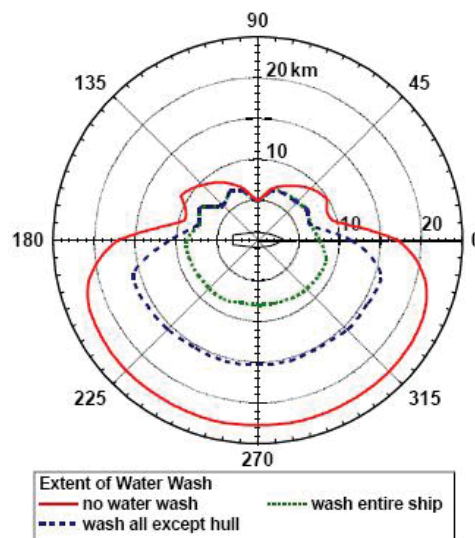
شکل ۵- تجهیزات فرونشانی پلوم و دودکش [۷]

دو مدل دیگر نیز کم و بیش شبیه همین فرایند را در سردسازی پلوم و کانال آگزوز انجام می‌دهند. در شکل (۶) فاصله قفل موشک روی هدف که با کد NTCS محاسبه شده، برای چهار حالت فوق، و کشتی که سطح IRSS آن صفر می‌باشد، مقایسه شده است. کشتی با تمام توان با دو موتور LM2500 و در هنگام شب فرض شده است. این شبیه‌سازی نشان می‌دهد که فاصله قفل موشک روی هدف در حالت بدون

برنامه کامپیوتری ذکر شده در بالا، معادله انتقال حرارت تابشی را حل می‌کند و برای این کار از مدل‌های متنوعی که در تابش حرارتی گازها توسعه یافته، نظیر "مدل باند باریک" یا "مدل خط به خط" بهره می‌برد. در نظر گرفتن اثرات اتمسفر در انتشار تابش فروسرخ، ضروری است و محاسبه اثرات اتمسفر را می‌توان با استفاده از کد LOWTRAN انجام داد. همچنین برای محاسبه اثر فروسرخ بدنه کشتی، می‌توان از نرم‌افزار متن باز OSMOSIS استفاده کرد که توسط لاپی-یر و همکارانش توسعه داده شده است [۱۱]. اثر فروسرخ کلی کشتی را می‌توانیم با تجمیع اثرات پلوم و بدنه، در یک خط دید معین بدست آوریم.

مراجع

1. Baqar S.; Low-cost pc-based high-fidelity infrared signature modeling and simulation; PhD thesis, (2007).
2. Waldman G., Wootton J.; Electro-Optical systems performance modeling; Artech House, (1993).
3. Chen C.; Attenuation of electro-magnetic radiation by haze, fog, clouds and rain; (1975).
4. Mahulikar S. P.; Infrared signature studies of aerospace vehicles; Progress in Aerospace Sciences, 43, 218-245, (2007).
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared_signature; web site last visited on 5 December, (2010).
6. Birk A.M., Davis W.R.; Suppressing the infra-red signatures of marine gas turbines; presented at the gas turbine and aeroengine congress and exposition; Amsterdam, 5-9 June (1988).
7. Tompson J.; Vaitekunas D.; IR signature suppression of modern naval ships; Presented at ASNE 21st Century Combatant Technology Symposium; 27-30 January (1998).
8. Vaitekunas D.; Validation of ShipIR (v3.2): methodology and results; Presented at the SPIE Defense and security Symposium; 17-21 April (2006).
9. Davis W.R., Tompson J.; Developing an IR signature specification for military platforms using modern simulation techniques; after (1999).
10. Mahulikar S. P., Rao G. A., Sane S. K. and Marathe A. G.; Aircraft plume infrared signature in nonafterburning mode; Journal of Thermophysics and Heat Transfer; Vol. 19, No. 3, (2005).
11. Fabian D. L., Jean P. M., Marc A.; Design of an infrared ship signature simulation software for general Emissivity Profiles; ITBMS conference (2006).



شکل ۷- اثر سطوح مختلف شستشو در فرونشانی اثر IR [۷]

بحث و نتیجه‌گیری

روش‌های مدرن استتار و تدابیر مربوط به مدیریت اثر، در مرحله طراحی سکوها نظامی مثل هواپیما و کشتی، از اصول مهم در حوزه صنایع نظامی به حساب می‌آیند که هدف از این اقدامات، کاهش آسیب‌پذیری نفرات و سکوها نظامی می‌باشد. برای یک استتار مطلوب، باید تمام آثار سکوها نظامی مورد مطالعه قرار گرفته و تا حد ممکن این آثار کاهش داده شوند. این مقاله، تأثیر غیرقابل انکار فرونشانی اثر IR را در پدافند غیر عامل کشتی‌های جنگی نشان می‌دهد. مطالعه و بومی‌سازی فناوری‌های مرتبط با این حوزه، به دلیل توانمندی تسلیحاتی کشورهای متخاصم، ضروری و غیر قابل انکار است.

با استفاده از کدهای دینامیک سیالات محاسباتی CFD، می‌توان تجهیزات فرونشانی فروسرخ را شبیه‌سازی کرده و مورد مطالعه قرار داد. حاصل این مطالعات می‌تواند با هدف مدیریت اثر، در کشتی‌های نظامی و بهینه‌سازی تجهیزات آن به کار رود. با استفاده از یک کد استاندارد CFD می‌توانیم کانتورهای دما و به عبارتی توزیع دمایی پلوم را به دست آورده و سپس با استفاده از یک برنامه کامپیوتری، تابش حرارتی ناشی از این توزیع دمایی را به دست بیاوریم. در واقع خروجی‌های کد CFD، ورودی این برنامه کامپیوتری خواهد بود. این روش در مطالعه تابش حرارتی پلوم هواپیما استفاده شده است [۱۰].

Passive Defense Measures in IR Signatures Suppression of Military Ships

Ali Talebi¹

Javad Khalilzadeh²

Abstract

One of the important aspects of stealth technology in advanced warships design has been discussed in this paper. In warships, infrared suppression is vital to mitigate threats against infrared guided missiles. Infrared radiation is introduced and then definition of the physical concepts of spectral emission and radiance and introduction of theoretical expression are represented. Ships infrared emission sources and methods of their suppression were studied and infrared suppression systems common in advanced military ships are listed.

Key Words: *Passive Defense, Infrared Radiation, IR Signature, Warship, IRSS*

1- M.S Candidate, Passive Defense Engineering, CCD Discipline, Imam Hossein University

2- Associate Professor and Academic Member of Physics Department, Imam Hossein University