فصلنامه علوم و فنون نظامی
سال یازدهم/ شماره ۳۴، زمستان ۱۳۹۴
صص ۷۴-۵۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۰۶

به‌کارگیری اقدامات پدافند غیرعامل بر روی ناوشکن‌های کلاس جماران

مجید سلطانی[۱]

چکیده:

پژوهش فوق تحقیقی است در خصوص به‌کارگیری اقدامات پدافند غیرعامل بر روی ناوشکن‌های کلاس جماران که اقدامات ارائه‌شده در حوزه استتار الکترومغناطیسی و استتار حرارتی می‌باشد. بر این اساس هدف کلی تحقیق تبیین چگونگی به‌کارگیری پدافند غیرعامل مناسب در دریا بر روی ناوشکن‌های کلاس جماران در مقابله با تهدیدات فرا منطقه‌ای بوده و در پی آن، سؤال عمده تحت عنوان «چگونه می‌توان اقدامات پدافند غیرعامل را در ناوشکن‌های کلاس جماران بکار برد؟» تعیین گردید. نوع تحقیق کاربردی و روش اجرای تحقیق توصیفی با رویکرد آمیخته (کیفی، کمی) می‌باشد. جامعه آماری این تحقیق، افسران عرشه، برق و مکانیک ناوشکن‌های نداجا، افسران رسته‌های ذکرشده شاغل در ستادهای مناطق دریایی و ستاد نداجا که از درجه ناوبانیکمی به بالا انجام‌وظیفه می‌نمایند و جامعه نمونه نیز ۵۲ نفر محاسبه شده است. ابزار جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها در این پژوهش، با پرداختن به مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی با استناد به مدارک و مستندات موجود و استفاده از شبکه جهانی اینترنت، مراجعه به صاحب‌نظران و مصاحبه با آن‌ها تعیین گردیده است. دراین‌ارتباط به‌طور مجمل نتایج مکتسبه در خصوص استتار الکترومغناطیسی عبارت‌اند از طراحی دقیق و زاویه‌دار بدنه، به‌کارگیری رنگ و مواد جاذب، تورهای استتار و استفاده از فناوری پرده آبی انطباقی بوده و در مورد استتار حرارتی می‌توان به عایق‌کاری مناسب، جابجایی اگزاست، به‌کارگیری موتورهای با حرارت پایین و خنک کاری بدنه اشاره نمود.

واژه‌های کلیدی

پدافند غیرعامل در دریا، استتار الکترومغناطیسی، استتار حرارتی، ناوشکن جماران، رادارگریز

۱ - رئیس کمیته دروس فرماندهی و ستاد گروه دریایی دافوس آجا- msoltan110@yahoo.com

مقدمه

در شرایط کنونی و با ابلاغ مأموریت‌های جدید به نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران و افزایش گستره منطقه تحت مسئولیت نداجا، معادل ۲۰۷۰۰۰۰ کیلومتر مربع در منطقه شمال اقیانوس هند (سیاری، آل‌احمد ۱۳۹۰: ۷۶)، این نیرو به منظور کنترل خطوط مواصلاتی و اسکورت ناوگان تجاری، نفتکش و لنج‌های صیادی در محدوده موصوف، با به‌کارگیری یگان‌های سطحی سنگین، ضمن حضور دائمی در آب‌های بین‌المللی نسبت به برقراری امنیت منطقه اقدام می‌نماید. محقق در مدت خدمت در یگان‌های شناور همواره با این پرسش مواجه بوده که دربرابر تهدیدات موشکی دشمن در دریا، اقدامات پدافند غیرعامل این ناوها در ابعاد استتار الکترومغناطیسی[1] و استتار حرارتی[2] چه می‌تواند باشد؟

لذا با توجه به اهمیت موضوع، محقق این تحقیق را با عنوان به‌کارگیری اقدامات پدافند غیرعامل بر روی ناوشکن‌های کلاس جماران انتخاب کرده و سؤال عمده تحقیق نیز با طرح این پرسش که چگونه می‌توان اقدامات پدافند غیرعامل (استتار الکترومغناطیسی- استتار حرارتی) را در ناوشکن‌های کلاس جماران به منظور کاهش آسیب‌پذیری در مقابله با تهدیدات فرا منطقه‌ای بکار برد؟ تعیین گردید. همچنین محقق به بررسی فرضیه‌های زیر به عنوان فرضیه‌های اهم پرداخته است:

الف- احتمالاً جهت به‌کارگیری یک پدافند غیرعامل مناسب برای کاهش آسیب‌پذیری در حوزه استتار الکترومغناطیس بایستی از کاهش سطح مقطع راداری، تغییر شکل و طرّاحی مناسب، رنگ‌ها و مواد جاذب راداری استفاده نمود.

ب- احتمالاً جهت به‌کارگیری یک پدافند غیرعامل مناسب برای کاهش آسیب‌پذیری در حوزه استتار حرارتی بایستی از مواد عایق‌حرارتی، خنک‌کردن و کاهش حرارت قطعات و تجهیزات موتورخانه‌های اصلی و فرعی ونیز دودکش ناوشکن استفاده به نمود.

هدف کلی این تحقیق، تبیین چگونگی به‌کارگیری پدافند غیرعامل مناسب (استتار الکترومغناطیسی- استتار حرارتی) در دریا بر روی ناوشکن‌های کلاس جماران به منظور کاهش آسیب‌پذیری بوده که جهت دستیابی به هدف مورد نظر، اهداف جزیی زیر تعریف شد:

---

1 –Electromagnetic Camouflage

2 -Thermal Camouflage

الف- تبیین چگونگی به‌کارگیری استتار الکترومغناطیسی مناسب در دریا بروی ناوشکن‌های کلاس جماران به منظور کاهش آسیب‌پذیری.

ب- تبیین چگونگی به‌کارگیری استتار حرارتی مناسب در دریا بروی ناوشکن‌های کلاس جماران به منظور کاهش آسیب‌پذیری.

لازم به ذکر است که جامعه آماری این تحقیق افسران عرشه، برق و مکانیک ناوشکن‌های نداجا، افسران رسته‌های ذکرشده شاغل در ستادهای مناطق دریایی و ستاد نداجا که از درجه ناوبانیکمی به بالا انجام وظیفه می‌نمایند و جامعه نمونه نیز ۵۲ نفر محاسبه شده است. ابزار جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها در این پژوهش، با پرداختن به مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی با استناد به مدارک و مستندات موجود و استفاده از شبکه جهانی اینترنت، مراجعه به صاحب نظران و مصاحبه با آن‌ها تعیین گردیده است

از سوی دیگر از اهمیت و آثار مثبت تحقیق حاضربرای نداجا، وفق نتایج حاصله، کاهش ضریب شناسایی ناوشکن و افزایش ماندگاری و عملیاتی بودن آن در صحنه رزم دریایی خواهد بود که با توجه به جدی شدن و دنباله‌دار بودن تهدیدات و تحریم‌های خارجی می‌توان با به‌کارگیری اقدامات مستخرجه از تحقیق پیش‌رو، از تجهیزات موجود (ناوشکن‌ها) در مقاطع زمانی مختلف به خصوص در زمان جنگ، به طور کامل حفاظت نموده و از دستاوردهای عمده دیگر اینکه بتوان موجبات ارتقاء اعتماد به نفس کارکنان و آسایش خاطر فرماندهان تصمیم‌گیرنده حاضر در منطقه مأموریت و صحنه رزم دریایی را فراهم آورد.

ضرورت این تحقیق نیز بیشتر از آن‌جا ناشی می‌شود که یگان‌های سطحی در دریا همواره مورد تهدید بوده و به صورت رو در رو نیز با این نیروها جنگیده که هرچند با اعمال تمام رشادت‌های وصف‌ناپذیر، شاید به دلیل استفاده نکردن از راه‌کنش‌های پدافند غیرعامل خسارت‌های جبران‌ناپذیری نیز وارد شده باشد[۱].

همچنین با توجه به تجربیات به‌دست‌آمده از دوران دفاع مقدس و بررسی جنگ‌های اخیر اهمیت پدافند غیرعامل در افزایش توان و اقتدار نظام جمهوری اسلامی ایران و کاهش آسیب‌پذیری یگان‌های نظامی نقش بسزایی داشته و در سیاست‌های دفاعی ارتش ج.ا.ا بیش‌ازپیش موردتوجه قرارگرفته است.

---

[۱]- غرق شدن ناوشکن سهند در مورخه ۲۹ فروردین ۱۳۶۷ نمونه بارزی بر این فرضیه می‌باشد

مبانی نظری تحقیق

نظارت و کنترل همه‌جانبه بر دریاها، حفظ خطوط حساس مواصلاتی دریـایی، گلوگاه‌هـا و تنگه‌های دریـایی در دو ُبعـد تجـاری و نظـامی، اصـل حـاکم در اسـتراتژی دریـایی اسـت. (سیاری،۱۳۹۳: ۱۹۶) در این راستا یگان‌های شناور سـطحی و بـالأخص ناوشـکن‌ها بـه‌طور وسیع با کاربردهای متنوع، از جنگ جهـانی اول وارد حـوزه اسـتراتژی دریـایی گردیدنـد و جنگ در اعماق دریاها را پیش روی کشورهای دریایی قرارداد. در مورد ناوشکن‌ها دو عامـل بسیار مهم در شکل ظاهری ناو باعث کشف آن‌ها بود، یکی طراحی سنتی و زاویه‌دار بدنـه و دیگری لوله توپ‌های جنگی نصب‌شده روی ناوشکن که این دونقطه ضعف موجـب شـد کـه دانشمندان روی همین دو مورد بیشتر از دیگـر مـوارد تمرکـز کننـد و درنهایـت موفـق بـه طرّاحی کشتی‌های جدیدی شدند که این دو نقص را از بین برده بود؛ اما درگذر تـاریخ و بـا پیشرفت فنّاوری، رادارهای حرارتی که با اشعه مادون‌قرمز کار می‌کردند پا بـه عرصـه وجـود گذاشتند که این امر کار کشتی‌های جنگی را مشکل ساخته بود، سپس محققان با تحقیقات بسیار زیاد توانستند به‌نوعی این نقطه‌ضـعف را جبـران کننـد و درنهایـت در حـوزه اسـتتار الکترومغناطیسی و استتار حرارتی ناوها، به نتایج قابل قبولی دست یابند؛ امـا در ایـن میـان وفق وضعیت جدید ابلاغی به نداجا و تأکید بر حضـور در آب‌هـای آزاد، ایـن مهـم در قالـب اهمیت دفاع غیرعامل در دریا، توسط مقام معظم فرماندهی کل قوا به‌عنوان سـکان‌دار نظـام مقدس ج.ا.ا با نگاهی عمیق، بلند و کارشناسانه نسبت به امور دفاعی و نظامی به نداجا اعلام گردید (امام خامنه‌ای، ۱۳۷۲/۲/۱۸: مراسم تحلیف دانش آموختگی دانشـگاه امـام خمینـی (ره)) و درنهایت در سال ۱۳۷۶، حسب نظرات ژرف و عمیق ایشان دستور سـاخت ناوشـکن جماران جهت رفع نقایص ناوهای قدیمی و بهره‌منـدی از فنـاوری نـوین صـادر گردیـد کـه بحمدالله این امر در بهمن‌ماه سال ۱۳۸۸ به تحقق پیوست.

تحقیقات و پژوهش‌های انجام پذیرفته و کتب تدوین شده در زمینه پدافند غیر عامل در دریا:

ردیف	موضوع تحقیق/نام کتاب	مشخصات محقق/نگارنده	سال اجرای تحقیق
۱	پدافند غیرعامل دریایی در مقابله با تهدیدات فرا منطقه‌ای (پایان نامه)	ناخدایکم بازنشسته محمد رضا تقوی فرهی (دوره یکم حرفه‌ای)	۱۳۸۵
۲	پدافند غیرعامل دریایی در دریا (پایان نامه)	ناخدایکم ستاد محمود زند وکیلی (دوره هفدهم)	۱۳۸۶
۳	کتاب پدافند غیر عامل دریایی	غلامرضا طحانی- احمد صفری نژاد	۱۳۸۹
۴	کتاب پدافند غیر عامل در دریا	مهدی قطبی- احمد صفری نژاد	۱۳۹۲

ادبیات و مبانی نظری

پدافند غیرعامل

به مجموعه اقدامات احتیاطی اطلاق می‌گردد که مستلزم به‌کارگیری جنگ‌افزارها و تأسیسات نبوده و با اجرای آن می‌توان از وارد شدن صدمات جانی و خسارات مالی به تأسیسات حیاتی، حساس و مهم نظامی و غیرنظامی جلوگیری کرد و یا میزان این خسارات و تلفات را به حداقل ممکن کاهش داد. (موحدی‌نیا، ۱۳۸۸: ۲۲)

استتار الکترومغناطیسی

استتار الکترو مغناطیسی به مفهوم نامرئی بودن به بیان علمی تر، نایافتنی بودن برای تشعشعات الکترومغناطیسی در یک بازه فرکانسی می باشد. مادامی که نور در فضا وجود دارد، پس از برخورد به اجسام به چشم ناظر منعکس شده و جسم دیده می شود. لذا بنظر می رسد اگر به نحوی بتوان مسیر حرکت امواج را تغییر داد که به شیئ مورد نظر برخورد نکند، موجی هم از آن به گیرنده الکترومغناطیسی نرسیده و شناسایی نمی شود. همین ایده، راهکاری برای پیاده سازی وسیله نهان ساز است. (http://bioem.iust.ac.ir/?p=139) با این رویکرد استتار الکترومغناطیسی عبارت است از مجموعه اقداماتی که به‌منظور ایجاد کم‌ترین قابلیت کشف و شناسایی توسط حساسه‌های کاشف راداری در طیف‌های مختلف الکترومغناطیسی دشمن انجام می‌پذیرد. (حسینی ابرده،۱۳۹۰: ۳۳)

استتار حرارتی

به مجموعه اقداماتی که به‌منظور کاهش میزان گرمای جذب‌شده از نور خورشید و کاهش میزان گرمای حرارتی خود شیء یا فرد صورت گیرد تا توانایی آشکارسازی و کشف افراد، تجهیزات، سلاح‌ها، تأسیسات و یگان‌ها را به حداقل رساند اطلاق می‌گردد. (طحانی،۱۳۹۰: ۹۸)

فنّاوری پنهان‌سازی

فنّاوری استیلث[1] که به‌عنوان (فنّاوری مشاهده‌پذیری پایین) نیز خوانده می‌شود، جزء زیرشاخه اقدامات ضدالکترونیکی بوده که گستره‌ای از روش‌های به‌کاررفته در هواپیماها، ناوها را به‌منظور کمتر مشاهده‌پذیر کردن آن‌ها برای رادار، مادون‌قرمز و دیگر روش‌های ردیابی، تحت پوشش قرار داده است. (Ingo,2004:15) فناوری رادارگریز باعث می‌شود که

1- Stealth Technology

ناوها، قایق‌ها، خودروها، بالگردها هواپیماها یا موشک‌ها در برابر رادارهای دشمن یا سایر عوامل شناسایی الکترونیکی آن‌ها، تقریباً غیرقابل رؤیت گردند. (جهانشاهی، ۱۳۹۲: ۹۸)

سطح مقطع راداری

سطح مقطع راداری برای یک سطح به‌صورت نسبت قدرت امواج برگرداننده شده به چگالی امواج تابش شده توسط رادار تعریف می‌شود. (Williams,1978:12) سطح مقطع راداری می‌تواند به‌عنوان مقایسه‌ای از سرعت سیگنال‌های بازتابیده شده از هدف، با سیگنال بازیابی از یک‌تکه‌ی کاملاً صیقلی با سطح مقطع یک مترمربع در نظر گرفته شود. (جهانشاهی، ۱۳۹۲: ۱۰۲)

انواع روش‌های کاهش سطح مقطع راداری

الف) شکل‌دهی

هدف از شکل‌دهی این است که لبه‌ها و سطح هدف به نحوی آرایش و شکل‌دهی گردد که انرژی تابیده‌شده را در غیر از جهات رادار پراکنده نماید. استفاده از تراش‌ها و بریدگی‌های بسیار ریز و صاف در بدنه وسیله مانند سطح یک سمباده موجب می‌شود که بازتاب از سطح بدنه به‌قدر کافی کاهش یابد. (تقوی فرهی،۱۳۸۷: ۵۳)

ب) حذف غیرفعال

ایده اصلی در این روش این است که منبع اکویی معینی داریم که دامنه و فاز آن می‌تواند به‌گونه‌ای تنظیم شود که منبع اکوی دیگر را حذف کند. به‌عبارت‌دیگر، طرّاحی هدف به‌گونه‌ای باشد که سیگنال بازتابی از قسمتی از هدف، سیگنال بازتابی قسمت دیگر را خنثی کند. (همان: ۵۴)

پ) حذف فعال

اساس این روش بر آن است که به‌وسیله انتشار تشعشع تقابلی، تشعشعات حاصل از رادار، خنثی و حذف می‌شود. یعنی هدف باید تشعشعاتی منتشر نماید که با پالسی دامنه و فاز آن انرژی بازتابی را حذف می‌کند، تطبیق داشته باشد. به‌طور خلاصه در حذف فعال شناور اقدام به تولید سیگنال راداری با دامنه‌ی یکسان اما فازمعکوس نسبت به سیگنال تولیدی رادار دشمن می‌کند و اثر آن‌ها کاملاً حذف می‌نماید (همان: ۵۵)

مواد و رنگ‌های پوششی جاذب راداری

الف) مواد جاذب رادار[1]

مواد جاذب رادار امروزه به دلیل کاهش سطح مقطع راداری، طراحی مدارها و ساخت ادوات الکترونیکی دارای اهمیت ویژه می باشند که استفاده از آنها بمنظور حفاظت از سیستم های

1- Radar Absorbing Materials

الکترونیکی نظیر سیستم‌های موبایل در برابر اغتشاشات امواج الکترومغناطیسی، استتار تجهیزات جنگی از دید رادار دشمن و حفاظت از خطرات احتمالی جذب این امواج در بدن امری اجتناب ناپذیراست(http://ganj.irandoc.ac.ir/dashboard) بنابراین در پژوهش حاضر مواد جاذب رادار موادی هستند که امواج و سیگنال‌های رسیده از طرف رادار را جذب کرده و مثل یک مقاومت الکتریکی کوچک انرژی امواج را جذب و از بازتاب آن‌ها جلوگیری می‌کند (صفری‌نژاد،۱۳۹۲: ۴۶)

ب- فوم ترکیبی[1]

این فوم متشکل از ذرات و توده‌های میکروسکوپی حاوی هوا (حدود ۱۰ میکرون) بوده که در داخل پلیمر خاصی جای گرفته و موجب تشکیل لایه‌ای بسیار باریک ولی محکم به‌سختی شیشه می‌شود. این لایه فوم ترکیبی در بدنه ناوهای رادار گریز به‌عنوان یک کامپوزیت بکار گرفته‌شده و این پوشش ضد نفوذ آب، ضد خوردگی بوده و ضمن سبکی موجب جذب و پراکندگی امواج راداری می‌گردد. (www.smithersrapra.com).

پ- نانو فایبرگلاس و نانو کامپوزیت‌ها

ماده فایبرگلاس با آرایش تاروپودی (ماتریسی)، استحکام زیادی دارد. در این مواد، الیاف شیشه‌ای به‌صورت تارهای نازک و تحت شرایط خاصی تولیدشده و به‌صورت متفاوتی به‌هم‌بافته می‌شوند این فنّاوری با اعمال آرایش تاروپودی بین مولکول‌ها، نانو فایبرگلاس‌های بسیار محکم و سبکی ایجاد می‌کند که نسبت به فایبرگلاس‌های امروزی برتری بسیاری دارند. از ظرفیت‌های مهم نانو کامپوزیت‌ها استفاده از این مواد به‌عنوان پنهان‌ترها و روکش‌های جذب راداری هست. (ملکی ثانی،۱۳۸۷: ۹۰)

رنگ‌های جاذب امواج رادار[2]

برای استفاده در اشکال پیچیده مناسب است و با طول عمر زیادی می‌تواند بر روی سطوحی همچون عرشه‌ها که باید پوشیده بمانند مورداستفاده قرار گیرد و به‌طور قابل‌توجهی باعث کاهش انرژی امواج رادار می‌گردد.

پوشش‌های ضدرادار با استفاده از نانوفنّاوری

یکی از راه‌های نامرئی کردن تجهیزات نظامی مانند، ناوها، زیردریایی‌ها از دید رادارها، استفاده از پوشش‌های هوشمند است. استفاده از نانو ذرات در ساخت پوشش‌های هوشمند ضدرادار با اهدافی همچون دست‌یابی هم‌زمان به پوششی با خواص مکانیکی بی‌نظیر مانند استحکام و چسبندگی بالا صورت می‌گیرد. مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که نانو ذرات فریت نسبت به ذرات فریت میکرو مقیاس خواص مغناطیسی بیشتری را از خود نشان می‌دهند و استفاده از آن‌ها حتی در مقادیر کم

1 - Foam Syntatic
2- Radar Absorbing Paint

نتایج عالی در پی داشته است. (ملکی ثانی،۱۳۸۷: ۹۳) در این روش با استفاده از چند پمپ نه‌چندان قوی آب دریا کشیده شده و از اطراف شناور و از روی عرشه آن به دریا ریخته می‌شود. با به‌کارگیری این روش، سطح مقطع راداری شناور پشت آب دریا پنهان‌شده و رادار همان علائمی را ارسال می‌کند که در برخورد با موج دریا ارسال می‌کند. (http://Willamson-labs.com)

تحلیل توصیفی

با توجه به ادبیات اشاره شده فوق موضوع تحقیق نیازمند اصول و مفاهیم کلی در ارتباط با موضع می باشد که تحت عنوان تحلیل توصیفی به آن اشاره می گردد

اصول کلی طراحی بدنه کشتی‌های رادار گریز

بدنه کشتی از سطوح بزرگ زاویه‌دار به‌منظور پخش امواج راداری ساخته‌شده است. هر یک از قسمت‌هایی که لازم نیست در قسمت خارجی بدنه کشتی قرار گیرد، زیر دریچه‌های طراحی‌شده مخصوص جاسازی می‌شوند. اگزوز توربین‌های گازی در خروجی‌های مخفی نزدیک به سطح آب در عقب‌ترین قسمت ناو جاسازی‌شده است؛ و در این نوع کشتی، شیوه قدیمی استفاده از فولاد منسوخ‌شده و برای ساخت قسمت‌هایی از بدنه کشتی از مواد ترکیبی استفاده می‌شود. (F.Molland,1997:15) در آلمان شرکت بلوم- فوس یکی از پیشرفته‌ترین ناوهای رادار گریز را برای آفریقای جنوبی A200 می‌سازد. آلمانی‌ها برای اینکه سطح مقطع راداری ناو را کاهش دهند، طرح منحصربه‌فردی را برای آن انتخاب کرده‌اند. بدنه خارجی این ناو جدید رادار گریز شبیه حرف (ایکس) X است. (F.Molland,1997:12)

تورهای مجهز به رنگ‌های استتار جاذب امواج راداری

در این فنّاوری نوین از ساختار شش‌ضلعی لانه‌زنبوری به‌طور گسترده استفاده می‌شود. تنها ماده‌ای مانند کربن که به گفته کارشناسان از نوع فعال آن است می‌تواند چنین ساختاری را ایجاد کند. (صفری‌نژاد،۱۳۹۲: ۶۶)فنّاوری پرده آبی انطباقی هم نمونه ای از این نوع فناوری می باشند فنّاوری پرده آبی انطباقی[1] مجموعه‌ای از اقدامات فیزیکی به‌منظور افزایش میزان پنهان‌سازی یک ناو در دریا بوده که با استفاده از سایر تاکتیک‌ها می‌توان به سطح مطلوبی از پنهان‌سازی دست‌یافت. (Lurance, 2013)

فنّاوری مورد اشاره بر پایه بازتابش و پراکنده نمودن امواج راداری دشمن از طریق کاهش سطح مقطع راداری ناوها استوار می‌باشد. این روش مبتنی بر پاشش و افشان کردن آب دریا

[1]- Adaptive Water Curtain Technology

(به‌صورت قطرات بسیار ریز و با رسانایی بالا) بوده، به‌گونه‌ای که یک زاویه راداری بازتابشی، از طریق پرده آبی در اطراف ناو ایجاد گردد. به‌منظور کاهش سطح مقطع راداری باقی‌مانده از سایر روش‌های پنهان‌سازی از قبل طرّاحی و انجام‌شده، پرده آبی می‌تواند به‌عنوان روشی در جهت کاهش و یا تعدیل و تنظیم امواج راداری دشمن بکار گرفته شود و درنتیجه بر روی صفحه رادار دشمن، اهداف در قالب پارازیت و برفک (کلاتر) رؤیت شوند. (Topper, 2013,page 496)

اثرات مادون‌قرمز ناوها

اثر حرارتی یک ناو از دو مؤلفه اصلی نشأت می‌گیرد: منابع تولید حرارت داخلی و منابع حرارت تولیدشده خارجی. اثرات تولید حرارت داخلی شامل حرارت ساطع‌شده از موتورهای اصلی، موتورهای فرعی، پمپ‌ها و خروجی اگزاست موتورها، خروجی هوای زائد از سامانه تهویه و هوای گرم اماکن داخلی می‌باشد. منبع حرارتی تولیدشده اولیه از موتور اصلی منصوب در ناو بوده و لذا عمده منابع تولید حرارت ناو از قبیل پنجره داغ، سامانه سلاح و تجهیزات موتوری منصوب بر روی دک‌های باز در مقایسه با حرارت تولیدی موتورخانه قابل‌اغماض است.(E.Delaney,Micheal, 1988)

شبیه‌سازی و مدلینگ ابزاری جهانی در جهت بررسی فنّاوری‌های نوین می‌باشد و در این میان پنهان‌سازی حرارتی نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد. شبیه‌سازی حرارتی ناو، این اجازه را به طراحان می‌دهد تا بتوانند ضمن بررسی و ارزیابی پارامترهای مرتبط با حرارت بالا در هر مرحله از طرّاحی و ساخت، اصول و قواعد پنهان‌سازی حرارتی را رعایت نمایند. دود اگزوز، عامل فراوانی برای تشخیص توسط اشعه مادون‌قرمز می‌باشد. یکی از اهداف کاهش تشخیص اثرات حرارت، داشتن لوله اگزوز غیر استوانه‌ای (باحالت درز مانند) برای به حداقل رساندن حجم سطح مقطع اگزوز و به حداقل رساندن مخلوط شدن هوای اگزوز داغ با هوای سرد محیط می‌باشد. هوای سرد اغلب به درون جریان اگزوز تزریق می‌شود تا این فرآیند را تسریع کند.(Defense Research Establishment Suffield, 2012)

فنّاوری خنک کاری فعال بدنه ناوشکن

در این فنّاوری اثرات حرارتی ناو با استفاده از سامانه‌های تجهیزات سازمانی پاشش آب و نازل‌های آب منصوب در ناو کاهش می‌یابد. در این روش نفر مسئول خنک کاری به روش ای اچ سی کلیه سامانه‌ها را به محدوده و نقاط پرحرارت متمرکز می‌کند. با شستن کلیه سطوح خارجی ناو با آب دریا می‌توان از انتشار اشعه مادون‌قرمز جلوگیری نمود.

(E.Delaney, 1988) پوشش‌های سرامیکی اعمال‌شده بر روی محفظه‌ی احتراق موتورهای دیزلی دریایی، موجب کاهش در حرارتی می‌شود که از داخل سیلندر به سامانه خنک‌کننده می‌رسد. سامانه‌های سرمایش موتور در این‌گونه موتورها وجود ندارند. این مسئله مدیون توسعه‌ی سرامیک‌های فنی و پیشرفته می‌باشد. این ایده منجر به تولید موتورهای پوشش داده‌شده با پوشش‌های سد حرارتی می‌باشد. (علیخانی، ۱۳۹۳)

برای کاهش این علائم لازم است برخی اصلاحات بر روی شناور انجام داد که در اینجا به برخی از آن‌ها اشاره می گردد:

- برای افزایش بازدهی و کاهش گرمای تولیدی پیشران، به‌کارگیری سامانه‌های پیشران ترکیبی همچون کوگس[1] پیشنهاد می‌شود. در این ساختار از گرمای حاصل از توربین گازی به‌خوبی استفاده می‌شود و از آن برای تبدیل آب به بخار استفاده می‌شود.
- گازهای خروجی را می‌بایست توسط اگزوزهای جدید و مدرن خنک کرد، آنچه در برج‌های خنک‌کننده کارخانجات اتفاق می‌افتد در اگزوزها نیز امکان‌پذیر است، استفاده از آب دریا جهت خنک کردن گاز خروجی می‌تواند کارساز باشد.
- تغییر موقعیت سنتی اگزوز و کاهش ارتفاع آن کاری است که کمتر طرّاحی آن‌ها مدنظر قرار داده است.
- استفاده از چند اگزوز مجزا جهت پخش کردن هرچه بیشتر گرما و عدم تمرکز آن در یک نقطه نیز کمک شایانی به کاهش علائم مادون‌قرمز می‌کند.
- در رنگ‌آمیزی شناور باید ضمن در نظر داشتن اصول استتار، از رنگی استفاده کرد که حداقل گرمای محیط را جذب کند. (قطبی،۱۳۸۹: ۱۰)

تجزیه‌وتحلیل آماری

فرضیه اول: برای بررسی فرضیه فوق تعداد ۱۱ سؤال (سؤالات ۱ الی ۱۱ برابر پیوست) از جامعه نمونه مطرح گردید که به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده میانگین از طریق جدول به شرح زیر تعیین می‌گردد.

[1] - COGAS

جدول (۱) توزیع فراوانی مربوط به میانگین سؤالات مطرح‌شده در فرضیـهٔ اول

رتبه	فراوانی f_i	درصد فراوانی f_{pi}	تأثیر وزن x_i	فراوانی وزنی $f_i x_i$	انحراف از میانگین $(x_i-\mu)$	مجذور انحراف از میانگین $(x_i-\mu)^2$	واریانس $f_i(x_i-\mu)^2$
خیلی زیاد	۲۵	٪۴۸	۵	۱۲۵	۰/۶۶	۰/۴۳	۱۰/۷۵
زیاد	۲۱	٪۴۰	۴	۸۴	-۰/۳۴	۰/۱۱	۲/۳۱
متوسط	۵	٪۱۰	۳	۱۵	-۱/۳۴	۱/۷۹	۸/۹۵
کم	۱	٪۲	۲	۲	-۲/۴	۵/۷۶	۵/۷۶
خیلی کم	۰	٪۰	۱	۰	-۳/۳۴	۱۱/۱۵	۰
جمع	۵۲	٪۱۰۰	-	۲۲۶	-۶/۷۶	۱۹/۲۴	۲۷/۵۶

جدول ۲) مربوط به محاسبه آزمون فرضیه یکم

ردیف	رتبه	فراوانی مشاهده شده fo_{ij}	فراوانی نظری fe_{ij}	انحراف از میانگین $fo_{ij}-fe_{ij}$()	مجذور انحراف ازمیانگین $(fo_{ij}-fe_{ij})^2$	$\frac{(fo_{ij}-fe_{ij})^2}{fe_{ij}}$
۱	خیلی زیاد	۲۵	۱۰/۴	۱۴/۶	۲۱۳/۱۶	۲۰/۴۹
۲	زیاد	۲۱	۱۰/۴	۱۰/۶	۱۱۲/۳۶	۱۰/۸۰
۳	متوسط	۵	۱۰/۴	-۵/۴	۲۹/۱۶	۲/۸۰
۴	کم	۱	۱۰/۴	-۹/۴	۸۸/۳۶	۸/۴۹
۵	خیلی کم	۰	۱۰/۴	-۱۰/۴	۱۰۸/۱۶	۱۰/۴
جمع		۵۲	۵۲	-	۵۵۱/۲	۵۳

فراوانی مورد انتظار:

$$fe_{ij}=\frac{\sum fo_{ij}}{n}=\frac{25+21+5+1+0}{5}=\frac{52}{5}\Rightarrow fe_{ij}=10/4$$

آماره آزمون:

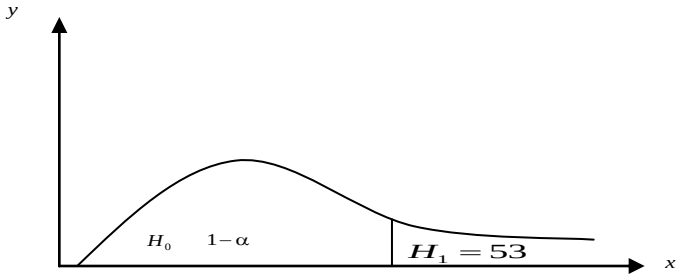
$$\chi^2=\sum_{i=1}^{C}.\sum_{j=1}^{R}\frac{(fo_{ij}-fe_{ij})^2}{fe_{ij}}=\chi^2=53$$

$$df=(K_1-1)(K_2-1)=(5-1)(2-1)=(4)(1)=4\Rightarrow\alpha=0.05$$

$$\chi^2_{\alpha df}=\chi^2_{0/05(4)}=9.49\Rightarrow 53\geq 9/49$$

ناحیه بحرانی $\chi^2 \geq \chi^2_{adf}$ ناحیه رد H0

χ^2=۹/۴۹ مقدار بحرانی، ۵۳= χ^2 محاسبه‌شده (آزمون)



تصمیم‌گیری:

مقدار بحرانی و مقدار آماره آزمون به شرح فوق محاسبه گردیده است. ازآنجاکه آماره آزمون با درجه آزادی ۴ و سطح معنی‌دار ۰/۰۵، در ناحیه H_1 قرار می‌گیرد و از مقدار بحرانی جدول بزرگ‌تر است، لذا فرضیه صفر رد و فرضیه ادعا تائید می‌گردد؛ بنابراین با اطمینان ۹۸٪ می‌توان گفت که جهت به‌کارگیری یک پدافند غیرعامل مناسب برای کاهش آسیب‌پذیری در مقابله با نیروهای فرا منطقه‌ای در حوزه استتار الکترومغناطیس بایستی از کاهش سطح مقطع راداری، تغییر شکل و طرّاحی مناسب، رنگ‌ها و مواد جاذب راداری استفاده به عمل آید.

فرضیه دوم: برای بررسی فرضیه فوق تعداد ۱۱ سؤال (سئوالات ۱۲ الی ۲۲ برابر پیوست) از جامعه نمونه مطرح گردید که به منظور تجزیه و تحلیل و مشخص ساختن اطلاعات بدست آمده، از طریق جدول به شرح زیر تعیین می‌گردد:

جدول ۳) توزیع فراوانی مربوط به میانگین سئوالات مطرح شده در فرضیهٔ دوم

رتبه	فراوانی f_i	درصد فراوانی f_{pi}	تأثیر وزن x_i	فراوانی وزنی $f_i x_i$	انحراف از میانگین $(x_i-\mu)$	مجذور انحراف از میانگین $(x_i-\mu)^2$	واریانس $f_i(x_i-\mu)^2$
خیلی زیاد	۲۰	٪۳۸	۵	۱۰۰	۰/۸۳	۰/۶۸	۱۳/۶
زیاد	۲۲	٪۴۲	۴	۸۸	-۰/۱۷	۰/۰۲	۰/۴۴
متوسط	۹	٪۱۷	۳	۲۷	-۱/۱۷	۱/۳۶	۱۲/۲۴
کم	۱	٪۲	۲	۲	-۲/۱۷	۴/۷	۴/۷
خیلی کم	۰	۰	۱	۰	-۳/۱۷	۱۰/۰۴	۰
جمع	۵۲	٪۱۰۰	-	۲۱۷	-۵/۸۵	۱۶/۸۰	۳۰/۹۸

جدول ۴) مربوط به محاسبه آزمون فرضیهٔ دوم

ردیف	رتبه	فراوانی مشاهده شده fo_{ij}	فراوانی نظری fe_{ij}	انحراف ازمیانگین $fo_{ij} - fe_{ij}$ ()	مجذورانحراف ازمیانگین $(fo_{ij} - fe_{ij})^2$	$\frac{(fo_{ij} - fe_{ij})^2}{fe_{ij}}$
۱	خیلی زیاد	۲۰	۱۰/۴	۹/۶	۹۲/۱۶	۸/۸۶
۲	زیاد	۲۲	۱۰/۴	۱۱/۶	۱۳۴/۵۶	۱۲/۹۳
۳	متوسط	۹	۱۰/۴	-۱/۴	۱/۹۶	۰/۱۸
۴	کم	۱	۱۰/۴	-۹/۴	۸۸/۳۶	۸/۴۹
۵	خیلی کم	۰	۱۰/۴	-۱۰/۴	۱۰۸/۱۶	۱۰/۴
جمع		۵۲	۵۲	-	۴۲۵/۲	۴۰/۸۶

بنابراین فراوانی مورد انتظار:

$$fe_{ij} = \frac{\sum fo_{ij}}{n} = \frac{20+22+9+1+0}{5} = \frac{52}{5} \Rightarrow fe_{ij} = 10/4$$

آماره آزمون:

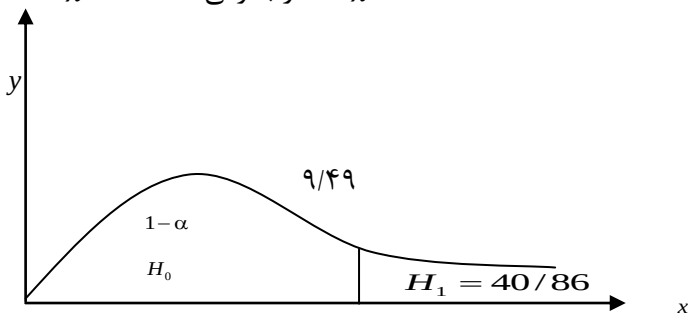
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{C} \cdot \sum_{j=1}^{R} \frac{(fo_{ij} - fe_{ij})^2}{fe_{ij}} = \chi^2 = 40/86$$

$$df = (K_1 - 1)(K_2 - 1) = (5-1)(2-1) = (4)(1) = 4 \Rightarrow \alpha = 0.05$$

$$\chi^2_{\alpha df} = \chi^2_{0/05(4)} = 9/49 \Rightarrow 40/86 \geq 9/49$$

ناحیه بحرانی $\chi^2 \geq \chi^2_{adf}$ ناحیه رد H0

χ^2 مقدار بحرانی، ۴۰/۸۶=χ^2 محاسبه شده (آزمون) ۹/۴۹=



تصمیم گیری:

مقدار بحرانی و مقدار آماره آزمون به شرح فوق محاسبه گردیده است. از آنجا که آماره آزمون با درجه آزادی ۴ و سطح معنی‌دار ۰/۰۵، در ناحیه H_1 قرار می‌گیرد و از مقدار

بحرانی جدول بزرگ‌تر است، لذا فرضیه صفر رد و فرضیه ادعا تائید می‌گردد. به عبارتی دیگر با اطمینان ۹۸٪ می‌توان گفت جهت به‌کارگیری یک پدافند غیرعامل مناسب برای کاهش آسیب پذیری در مقابله با نیروهای فرا منطقه‌ای در حوزه استتار حرارتی بایستی از مواد عایق حرارتی، خنک‌کردن و کاهش حرارت قطعات و تجهیزات موتور خانه‌های اصلی و فرعی و نیز دودکش ناوشکن استفاده به عمل آید.

تحلیل کیفی داده‌ها

با عنایت به داده‌های فوق می‌توان نتایج زیر را در رابطه با هدف اول یعنی «تبیین چگونگی به‌کارگیری استتار الکترومغناطیسی مناسب در دریا بروی ناوشکن‌های کلاس جماران به منظور کاهش آسیب‌پذیری در مقابله با تهدیدات فرا منطقه‌ای» استنباط نمود:

۱) وضعیت تحریم، کمبود اعتبارات و دانش فنی بسیار پیچیده و حساس سامانه‌های کشف دشمن در حوزه استتار الکترومغناطیس، از مقوله‌های بسیار تأثیرگذار هستند. و رعایت پدافند غیرعامل در یگان‌های شناور و خصوصاً یگان‌های کلاس جماران بسیار مهم می‌باشد.

۲) حداکثر توان و تلاش‌های بخش‌های مرتبط با ساخت شناور در نداجا باید در جهت مقابله با امواج رادارهای نوین از قبیل رادارهایی با امواج پیوسته، رادارهای پالسی، رادارهای چند آرایه‌ای و رادارهای پالسی داپلرو خصوصاً موشک‌هایی با قابلیت جستجوگرهای هیبریدی معطوف گردد.

۳) به طور کلی قضاوت و استنباط محقق مؤید این مطلب است که از بین عوامل فوق، طراحی اولیه در اولویت اول و در تقدم بعدی کاهش سطح مقطع با روش‌های دیگر و به‌کارگیری رنگ‌ها و مواد جاذب در خصوص استتار الکترومغناطیسی بوده و همچنین لازم به ذکر است که کلیه مراتب و اقدامات فوق با توجه به مقدورات داخلی و بومی تا حد قابل قبولی انجام‌پذیر می‌باشد.

با عنایت به داده‌های فوق می‌توان نتایج زیر را در رابطه با هدف دوم یعنی «تبیین چگونگی به‌کارگیری استتار حرارتی مناسب در دریا بروی ناوشکن‌های کلاس جماران به منظور کاهش آسیب‌پذیری در مقابله با تهدیدات فرا منطقه‌ای.» استنباط نمود:

۱) اکثریت صاحب نظران به این نتیجه رسیده‌اند که رعایت پدافند غیرعامل در حوزه استتار حرارتی بر روی یگان‌های شناور و خصوصاً یگان‌های کلاس جماران در حوزه استتار حرارتی به طور جدی پرداخته نشده است و یگان‌های شناور سطحی کلاس جماران از این نظر کاملاً آسیب‌پذیر می‌باشند.

قضاوت محقق این است که تهدید اصلی ناوشکن‌های کلاس جماران موشک‌های ضدکشتی از انواع موشک‌های هدایت‌شونده با امواج مادون‌قرمز و موشک‌های هدایت‌شونده با امواج منتشره هدف (غیرعامل) است که اهمیت استتار حرارتی را در مقابله با نیروهای فرا منطقه‌ای آشکار می‌نماید.

۲) بنا بر استنباط و قضاوت محقق باید طرّاحی ماشین‌آلات اصلی را به سمت حداکثر بازدهی و حداقل تولید گرما سوق داد. در طرّاحی سامانه‌ی پیشران باید تلاش جهت کاهش تولید علائم گرمایی را به‌عنوان یک هدف مدنظر قرارداد.

۳) فنّاوری نانو با ارائه مواد بسیار مستحکم که ده‌ها برابر مقاوم‌تر از فولاد هستند، تأثیر چشمگیری در کاهش اثرات حرارتی خواهد داشت؛ و لذا به‌کارگیری این‌گونه مواد نوین ضروری می‌باشد.

۴) به‌طورکلی قضاوت و استنباط محقق مؤید این مطلب است که از بین عوامل فوق، طراحی موتورهای با تولید حرارت پایین زمان‌بر بوده لیکن دست‌یافتنی می‌باشد. همچنین طراحی و جانمایی خروجی اگزاست‌ها باید در ابتدای فاز طراحی مدنظر قرارگرفته و تا پایان ساخت ناوشکن همواره این مهم موردتوجه قرار گیرد.

به‌طورکلی نتیجه تجزیه‌وتحلیل نهایی مبین این مطلب است که نتایج تجزیه‌وتحلیل فرضیه‌های یکم و دوم هم ازنظر کمی و هم ازنظر کیفی تأییدکننده یکدیگر بوده و پاسخ‌های پرسشنامه نیز در یک راستا می‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصله از تجزیه‌وتحلیل هدف یکم:

به‌اختصار می‌توان به اقدامات ذیل در خصوص، استتار الکترومغناطیسی مؤثر بر روی یگان‌های کلاس جماران اشاره نمود:

- طراحی دقیق ساختار قسمت‌های مختلف کشتی (طراحی زاویه‌دار بدنه ناو شبیه حرف (ایکس) و پیش‌بینی نصب تجهیزات حذف فعال امواج راداری و به‌کارگیری کامپوزیت در بدنه خارجی شناور.

- به‌کارگیری تورهای استتار، مواد و رنگ‌های پوششی جاذب راداری، پوشش‌های ضدرادار با استفاده از نانو فنّاوری و نهایتاً استفاده از پوشش‌های هوشمند یا به‌عبارت‌دیگر استفاده از نانو ذرات در ساخت پوشش‌های هوشمند ضدراداری.

- جمع‌کردن سلاح‌ها، آشکارسازها و وسایل اضافی قابل‌حمل به داخل ناو، هنگامی‌که از آن‌ها استفاده نمی‌شود؛ و همچنین استفاده از آنتن‌های مخابراتی لولایی و طراحی دکل اصلی به‌صورت مشبک و باریک و استفاده از محفظه کامپوزیتی جهت آنتن‌های راداری.
- استفاده از پاشش آب توسط نازل‌های منصوب در اطراف ناو (روش فنّاوری پرده آبی انطباقی) به‌منظور انحراف امواج و یا کاهش سطح مقطع راداری.
- استفاده از فولاد و اشکال استوانه‌ای و گرد در ساخت بدنه ناوهای رادار گریز منسوخ‌شده و در صورت امکان از مواد ترکیبی و خصوصاً ورقه‌های فیبر کربن که با شیشه و الیاف کربن ترکیب‌شده‌اند استفاده گردد. در این راستا نردبان‌ها، پله‌ها، لوله‌ها، بست‌های سبک و گارد ریل‌های اطراف ناو و خصوصاً موت‌ها باید از نو طراحی‌شده و درپوش‌های هواکش موتورخانه‌ها که به شکل پنجره‌های کرکره‌ای هستند بایستی به شیوه‌ای نوین طراحی شوند. برداشتن کلیه خروجی هواکش‌های روی عرشه و انتقال آن به دیواره‌های ناو و همچنین زاویه‌دار کردن بدنه توپ بسیار ضروری می‌باشد که این امر مستلزم بررسی توسط مدیریت پروژه موج، معاونت تحقیقات و جهاد خودکفایی و فرماندهی فنی نداجا می‌باشد.
- به‌کارگیری مواد الاستومرز، کاتوینکس، فابریکس و هونیکوب در ساخت بدنه و پوشش‌های مورداستفاده بر روی دک‌های باز.

بر اساس یافته‌های محقق در خصوص موارد عنوان‌شده پیشنهاد می‌گردد مدیریت پروژه موج و معاونت تحقیقات و جهاد خودکفایی نداجا جهت ساخت شناورهای جدید ضمن انجام مطالعات اولیه به منظور دستیابی به بدنه رادارگریز نسبت به بهینه‌سازی سامانه‌های موجود و مرتبط با استتار راداری اقدام نمایند.

نتایج حاصله از تجزیه‌وتحلیل هدف دوّم:

به‌طورکلی با عنایت به تحقیق انجام پذیرفته می‌توان به‌اختصار به اقدامات ذیل در خصوص استتار حرارتی مؤثر بر روی یگان‌های کلاس جماران اشاره نمود:

- ماشین‌آلات اصلی به نحوی طراحی شوند که حداکثر بازدهی و حداقل تولید گرما داشته باشند. در این راستا عایق‌بندی ماشین‌آلات و روش خنک کاری با هوا برای دفع حرارت بسیار ضروری می‌باشد. (مانند موتورهای دریایی از جنس سرامیک پیشرفته و با پوشش عایق حرارتی). همچنین با توجه به تحقیق انجام پذیرفته به‌منظور افزایش بازدهی و کاهش گرمای تولیدی پیشران، به‌کارگیری سامانه‌های پیشران ترکیبی همچون کوگس، موتورهای نوع کوداگ و موتورهایی از جنس سرامیک که ضریب انتقال حرارت مطلوبی دارند مناسب بوده و پیشنهاد می‌گردد معاونت تحقیقات و جهاد خودکفایی و فرماندهی فنی درزمینه ساخت و موتورهای خاص باقدرت بالا و تولید حرارت پایین با همکاری وزارت دفاع و دانشگاه‌ها و مراکز صنعتی و بخش خصوصی اقدام نمایند.

- استفاده از مواد عایق حرارتی در قسمت‌هایی که باعث ساطع شدن حرارت می‌شوند. فنّاوری نانو و مواد جدید کامپوزیتی با ارائه مواد بسیار مستحکم که ده‌ها برابر مقاوم‌تر از فولاد هستند، تأثیر چشمگیری در کاهش اثرات حرارتی خواهد داشت؛ و لذا به‌کارگیری این‌گونه مواد نوین ضروری می‌باشد.
- اصلح است به‌منظور کاهش اثرات حرارتی پیش‌بینی‌های لازم در زمان طراحی و ساخت و سفارش قطعات و تجهیزات معمول گردیده چرا که به لحاظ جانمائی و هزینه مقرون به‌صرفه‌تر می‌باشد.
- دودکش ناو و خروجی دود مربوط به سامانه موتورهای اصلی و ژنراتورها باید طوری طراحی شود که حرارت متصاعد شده حاصل از دود خروجی به حداقل برسد و در مقابل حسگرهای مادون‌قرمز مربوط به دشمن کم‌ترین اثر را داشته باشد؛ لذا ضروری است که خروجی آب‌گرم موتورخانه مستقیماً به زیر آب و یا پاشنه ناو هدایت شود تا گازها با استفاده از آب دریا خنک شوند و اشعه مادون‌قرمز نقطه داغی را نشان ندهد. ضمناً می‌توان با افزایش تعداد خروجی اگزاست‌ها در خصوص استتار حرارتی می‌توان اثرات حرارتی ساطع‌شده را به نحو چشمگیری کاهش داد.
- استفاده از رنگ‌هایی که کم‌ترین میزان جذب نور و حرارت خورشید را داشته باشد.
- پیش‌بینی انواع نازل‌های عصایی ولوله‌های شستشوی عرشه به‌منظور خنک کاری بدنه (استفاده از فنّاوری پرده آبی انطباقی).
- استفاده از بخارآب برای پوشاندن مشخصه‌ها و نشانه‌های مادون‌قرمز کشتی به‌منظور مقابله با موشک‌های هدف‌یاب مادون‌قرمز حرارتی که دراین‌ارتباط می‌توان مشابه ناوهای جدید از یک سامانه اگزوز دیزلی آب و بخار، که بخارات خارج‌شده را در هوای محیط اطراف کشتی سرد می‌کند بهره‌برده و لذا این امر از شناسایی اشعه مادون‌قرمز حرارتی در مناطق داغ جلوگیری خواهد نمود.
- به‌کارگیری آزمون ترموگرافی به منظور آگاهی و مراقبت از افزایش دمای تجهیزات مکانیکی و الکتریکی به منظور مدیریت و کاهش حرارت ساطع‌شده در موتورخانه‌ها و استفاده از نرم‌افزارهای رایانه‌ای به‌منظور شبیه‌سازی حرارتی ناو.

در خاتمه پیشنهاد می‌شود به‌منظور تحقق و به‌کارگیری مطلوب از نتایج پژوهش فرماندهی فنی نداجا با همکاری معاونت عملیات و معاونت تحقیقات و جهاد خودکفایی نداجا نسبت به بررسی و امکان‌سنجی بهره‌گیری از توانمندی‌ها و پتانسیل بخش‌های و مراکز علمی و دانشگاهی خصوصی در داخل کشور نسبت به تهیه رنگ‌ها و مواد جاذب راداری و تورها و

پوشش‌های چند طیفی مناسب با استتار الکترومغناطیسی و استتار حرارتی اقدام نموده و بازنگری جداول تجهیزات و سازمان و استانداردسازی اقدامات استتار الکترومغناطیسی و استتار حرارتی برای ناوشکن‌های کلاس جماران توسط معاونت طرح و برنامه نداجا با همکاری معاونت عملیات ملحوظ نظر واقع شود.

منابع

- قطبی، مهدی، صفری نژاد، احمد، (۱۳۸۹) پدافند غیرعامل در دریا، برای استفاده مراکز نظامی- غیرنظامی به‌منظور دفاع غیرعامل دریایی، دانشکده فارابی، تهران
- طحانی، غلامرضا/ صفری نژاد، احمد، (۱۳۹۰) پدافند غیرعامل دریایی، تهران، دافوس آجا
- حسینی ابرده، رضا، (۱۳۹۰) از اهم تکنولوژی‌های آینده: طیف الکترومغناطیس، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران
- تقوی فرهی، محمدرضا، (۱۳۸۷) پدافند غیرعامل دریایی در مقابله با تهدیدات فرا منطقه‌ای، پایان نامه، دافوس آجا
- صفری نژاد، احمد، (۱۳۹۲) تدوین الگوی جامع پدافند غیر عامل در نداجا در حوزه ایمن‌سازی، پوشش، استتار و فریب، تهران، معاونت طرح و بودجه و امور مجلس ستاد آجا
- موحدی‌نیا، جعفر، (۱۳۸۸) اصول و مبانی پدافند غیرعامل، تهران، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
- ملکی ثانی، مجید، (۱۳۸۷) نانو تکنولوژی نظامی،تهران، انتشارات دانشگاه عالی دفاع ملی
- جهانشاهی، میلاد، (۱۳۹۲) پنهان‌سازی ادوات پدافندی به‌وسیله نانو کامپوزیت‌ها، مرکز مطالعات قرارگاه پدافند هوایی خاتم الانبیا(ص)
- سیاری، حبیبا...، آل احمد، مهرداد، (۱۳۹۰) نیروی دریایی ارتش جمهوری اسلامی ایران، دفتر پژوهش‌های نظری و مطالعات راهبردی نداجا، تهران

- Ingo Harve, Bremen, RCS in Radar Range Calculations For Maritime Targets,Germany,2004
- Williams,cramp,curts,Experimental Study of the Radar Cross Section of Maritime Targets,vlo 2,NO 4,July 1978
- John w.Mcgillvery,Jr.commander,US Navy.Stealth technology in surface warships,How this concept Affects the Execution of Marine strategy.Naval war college.Newport 2012
- Fr.lurssen Werft.Naval craft, Weapon and sensor systems 2011
- Information and Security. An international Journal, Vol 13,2004,51-76
- Christopher lurance,Stealth Technology in Modern era.2013
- Willamson-labs.com/ltoc/ships-stealth.htm