تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۱۱

فصلنامه علوم و فنون نظامی
سال هجدهم، شماره ۶۱، پاییز ۱۴۰۱
صص ۱۸۲- ۱۶۱

کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی در عملیات زیرسطحی

رامین نجاتی*[۱]
غلامرضا طحانی[۲]
محمود براتیان[۳]

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

انتشار نویز آکوستیکی در زیردریایی از اهمیت بسیار بالایی در آشکارسازی موقعیت یگان برخوردار است؛ کـاهش نویزهای آکوستیکی باعث مخفی ماندن زیردریـایی از دید دشمن و هم‌چنین سامانه‌های سـونار‌ی زیردریایی کارایی بالاتری (آشکارسازی) پیدا می‌کند. منابع تولید نویز، به سه دسته نویز بدنه، تجهیزات داخلی و سامانه تحرک به‌ویژه نویز پروانه تقسیم‌بندی می‌گردد. هدف محقق شناسایی منابع نویز آکوستیکی زیردریایی و روش‌های کاهش آن می‌باشد. نوع این مقاله، کاربردی و روش اجرا توصیفی با رویکرد آمیخته است که محقق قصد دارد با جمع‌آوری اطلاعات واقعی و مبسوط منابع نویز آکوستیکی زیردریایی، روش‌های کاهش نویز را در عملیات زیرسطحی مورد بررسی علمی قرار دهد. در این مقاله پژوهشی حجم جامعه آماری محدود و مختص به واجدین شرایط در تحقیق که در ناوتیپ زیرسطحی منطقه یکم امامت نداجا/ بندرعباس خدمت می‌نمایند، به تعداد ۸۶ نفر در نظر گرفته شده و بنابراین حجم نمونه منطبق با حجم جامعه آماری به صورت تمام شمار و به تعداد همان ۸۶ نفر می‌باشد. محقق در نهایت پس از جمع‌آوری منابع، با استفاده از روش آماری متناسب (همبستگی)؛ با انجام آزمون‌های آلفای کرونباخ و پیرسون روابط بین متغیرها را با کاهش نویز بررسی نموده است. اطلاعات مورد استفاده در این مقاله پژوهشی، به دو روش کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شده و در روش میدانی هم با انجام مصاحبه با صاحب‌نظران و خبرگان مرتبط با موضوع این مقاله پژوهشی و نیز ارائه پرسش‌نامه به جامعه آماری اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری استفاده شده است. روش تجزیه و تحلیل در این مقاله پژوهشی به دو صورت کیفی و کمّی با استفاده از روش‌های آمار توصیفی/ نرم‌افزار SPSS و اکسل انجام شده است. محقق در نهایت بـه ایـن نتیجـه رسیده است که در تمام مراحل طراحی و ساخت، ضمن بررسی منابع تولید نویز زیردریایی، بایستی روش‌های فعال و غیرفعال مؤثر در کاهش نویز با اولویت سامانه تحرک، بدنه و در نهایت تجهیزات داخلی مورد توجه قرارگیرد تا امکان اجرای عملیات زیرسطحی در اختفای کامل فراهم شود.

واژه‌های کلیدی:
نویز، آکوستیک، زیرسطحی، سونار.

---

[۱] کارشناسی ارشد مدیریت دفاعی، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران
[۲] عضو هیئت علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش، تهران، ایران
[۳] عضو هیئت علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش، تهران، ایران
* نویسنده مسئول: Email: www.raminnejati@yahoo.com

CC BY NC ND

DOI: 10.22034/QJMST.2022.527124.1517

مقدمه

با نگرش به سمت‌وسوی تهدیدات فعلی از دریا در عملیات احتمالی آینده، پیش‌بینی و استفاده از روش‌ها و فناوری‌های مناسب برای بازدارندگی لازم و حیاتی است. یکی از تجهیزات دریایی برای مقابله با نیروی مقابل، استفاده از زیردریایی است. بعد از ساخت اولین زیردریایی دیزلی در سال ۱۹۰۴ میلادی و استفاده گسترده از آن‌ها در جنگ جهانی دوم، طراحان و مهندسان در تلاش بودند تا اقداماتی انجام دهند که کشف و شناسایی این وسیله، دشوار گردد (مونسان و روستا، ۱۳۹۵: ۱۲).

در عرصه جنگ دریایی اختفاء و استتار یکی از ویژگی‌های بسیار حیاتی برای شناورهای زیرسطحی به شمار می‌رود. در چند دهه اخیر کنترل علائم[1] ناخواسته زیردریاییها از دغدغه‌های اصلی طراحان و کاربران در عملیات زیرسطحی بوده است. زیردریایی پس از کشف توسط دشمن بسیار آسیب‌پذیر خواهد بود و دلیل اصلی آن انتشار نویزهای آکوستیکی[2] از یگان شناور در محیط دریا می‌باشد. نویزهای آکوستیکی اهمیت فراوانی از لحاظ آشکارسازی دارند چراکه با سرعت بالا و در مسافت‌های طولانی منتشر شده و در فواصل طولانی قابل آشکارسازی و طبقه‌بندی می‌باشند. مهمترین روش شناسایی شناورهای زیرسطحی، استفاده از امواج صوتی است؛ بنابراین کاهش نویز انتشاری این شناورها از یک طرف و جذب و پراکنده‌سازی امواج سونارهای فعال دشمن از طرف دیگر، یک ضرورت برای عملیات زیرسطحی محسوب می‌گردد (آزاد و حسینی، ۱۳۸۷: ۳).

اولین مرحله در شناسایی و کاهش نویز آکوستیکی، شناسایی منابع نویز است. کاهش سطح نویزهای آکوستیکی در زیردریایی با توجه به وجود اژدرهای خود هدایتی آکوستیکی پیشرفته و همچنین مین‌های اکوستیکی- مغناطیسی مدرن و سامانه‌های سونار از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، چراکه اولاً باعث مخفی ماندن زیردریایی از دید دشمن شده و ثانیاً با کاهش سطح نویز یگان خودی، سامانه‌های سونار زیردریایی کارایی بالاتری پیداکرده و کشف و آشکارسازی آن مشکل‌تر می‌گردد.

یک زیردریایی در حال حرکت؛ منبع تولید نویزهای مختلفی است که با آشکارسازی آن‌ها از نویز پس‌زمینه موجود در دریا می‌توان مکان، سرعت و حتی کلاس و نوع زیردریایی را تشخیص داد.

---

[1] Signatures
[2] Acoustics

کنترل نویز، فرایندی است که باعث بهبود وضعیت آکوستیکی زیردریایی در اجرای موفقیت‌آمیز عملیات زیرسطحی می‌گردد (پیرزادفرد، ۱۳۸۴: ۳).

با نگرش به موارد فوق پس باید برای کاهش احتمال شناسایی زیردریایی‌های خودی توسط دشمن، نویز صوتی آن‌ها را کاهش داد. برای این منظور دو روش فعال و غیرفعال وجود دارد.

الف) در روش فعال از سامانه‌های کنترلی جهت کنترل (حذف یا کاهش) نویز استفاده می‌شود که متناسب با میزان نویز ورودی سامانه، میزان آن در خروجی جهت دستیابی به حد مطلوب کنترل می‌شود.

ب) در روش غیرفعال از تجهیزات بدون کنترل و به‌گونه‌ای ثابت در حذف یا کاهش نویز بهره‌گیری می‌شود.

بنابراین مشکل و مسئله اصلی که در نظر است در این مقاله پژوهشی به آن پرداخته شود، بررسی منابع نویز زیردریایی و روش‌های کاهش نویز آکوستیکی در عملیات زیرسطحی نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران است؛ که با توجه به تهدیدات دریاپایه یگان‌های منطقهای و فرامنطقه‌ای در شمال اقانوس هند، نتایج این مقاله پژوهشی در خصوص ارائه راه‌کارهای کاهش نویز آکوستیکی زیردریاییها در صحنه رزم زیرسطحی و استفاده از اصل غافل‌گیری بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در صورت عدم تحقق نتایج مورد نظر، دقت کاربران سامانه‌های سوناری زیردریایی به‌واسطه وجود نویز جهت شناسایی دقیق اهداف سطحی و زیرسطحی بسیار کاهش می‌یابد و یگان‌های زیرسطحی امکان استفاده از اصل غافل‌گیری را در صحنه رزم زیرسطحی از دست می‌دهند.

مبانی نظری و پیشینه‌ها

روش‌های ردیابی زیردریایی: آشکارسازی زیرسطحی به روش‌های مختلف (آشکارسازی مغناطیسی، صوتی، حرارتی، لیزری، مادون‌قرمز، پدیده شب‌تابی) صورت می‌گیرد. با توجه به خاصیت صوت و نحوه عملکرد در محیط دریا میتوان گفت که کشف و شناسایی زیردریایی با کمک امواج صوتی بهترین روش می‌باشد. در روش آشکارسازی آکوستیکی؛ مهمترین و مؤثرترین روش آشکارسازی زیردریایی در زیرآب استفاده از سونارهای فعال فرکانس پایین میباشد (اسکندری، ۱۳۹۴: ۳).

در بخش‌های پیشین اشاره شد که یک زیردریایی در حال حرکت، منبع تولید نویزهای مختلفی است که با آشکارسازی آن‌ها از نویزهای پس‌زمینه موجود در دریا می‌توان مکان، سرعت و حتی کلاس و نوع زیردریایی را تشخیص داد. عملکرد انواع زیردریایی از لحاظ نویز تولیدی به سه دسته زیردریایی‌های پرسروصدا[1]، ساکت[2] و خیلی ساکت[3] تقسیم‌بندی می‌شوند (میرزایی، ۱۳۹۴: ۴).

زیردریایی‌ها مملو از تجهیزات در حال کار و حرکتی هستند که دائماً نویز آکوستیکی ایجاد می‌کند و اگر این صداها از طریق بدنه با محیط بیرون تبادل شود امکان ردیابی از زیرآب حاصل خواهد شد. یکی از تجهیزات آکوستیکی برای شناسایی، سونار[4] است. سونار به مفهوم «ناوبری و تشخیص فاصله توسط صوت» سامانهای است که از امواج مکانیکی بهطور عمده صوتی و فراصوتی برای ناوبری و فاصلهسنجی استفاده میکند (حافظی مطلق، ۱۳۹۱: ۲۳).

استفاده از سونارهای فعال در عملیات نظامی بسیار خطرناک است، زیرا بهراحتی توسط ناوها و زیردریاییهای دیگر قابل شناسایی می‌شود و سونارهای فعال قادر به شناسایی اهداف در یک فاصله معین میباشند. اما مشکل این است که این سونار توسط شناساگرهای دیگر در فواصل چندین برابر فاصله شناسایی این سونارها قابل شناسایی هستند (نوبهاری و شریفی، ۱۳۹۴: ۳۱)؛ اما در نوع غیرفعال[5] انتشار صوت یک‌طرفه بوده و سامانه‌های مربوطه که در کنار هیدروفون قرارگرفته‌اند، فقط صداهای تولید شده از هدف را دریافت میکنند (اریک به نقل از سهیلی فر، ۱۳۸۶: ۶۹).

نویز در دریا: نویز در محیط دریا، صدایی است که در داخل آب تولید شده و منتشر می‌شود. عوامل مختلفی نویز در دریا را تولید می‌کنند. نویزها در دریا به دو قسمت عمده تقسیم میشود: نویزهای پس‌زمینه (محیطی[6]) و نویزهای سازه‌ای (خودی[7]).

نویز پسزمینه: صدایی است که به‌طور طبیعی در دریا وجود دارد. این نویزها توسط جانداران و یا شرایط مختلف دریایی تولید می‌گردند. مقدار نویز تولید شده توسط شرایط دریا به ارتفاع موج، سرعت باد، بارش باران و عوامل مشابه بستگی دارد. از آنجایی‌که پارامترهای یاد شده مؤثر در تولید نویز پس‌زمینه برای هر دریا و یا حتی قسمت‌های مختلف یک دریا متفاوت می‌باشد، برای اندازه‌گیری آن از ثبت داده‌ها در مکان‌های مختلف دریا استفاده می‌شود. برای این کار با

---

[1] Noisy Submarine
[2] Quiet Submarine
[3] Very Quiet Submarine
[4] Sound navigation and ranging
[5] Passive
[6] Ambient noise
[7] Self noise

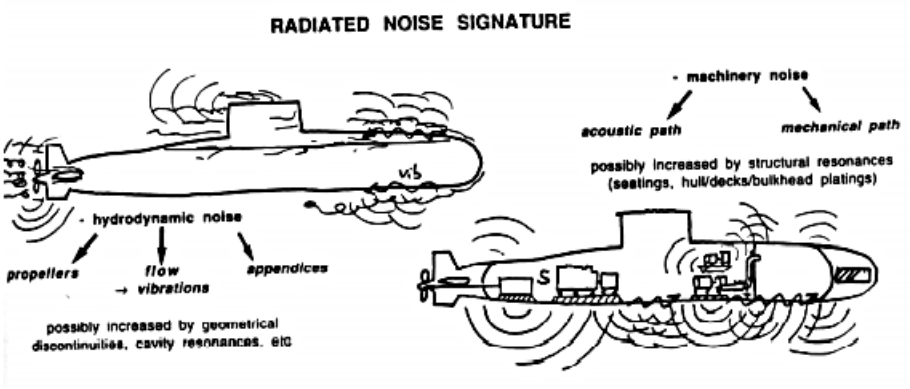
بویه گذاری و نصب تجهیزات اندازه‌گیری در مکان‌های مختلف دریا، پارامترهای مختلفی مانند ارتفاع موج، سرعت باد، میزان شوری دریا و نویزهای موجود ثبت می‌گردد(Malcolm;1997) .

نویزهای سازه‌ای: عامل دیگر تولید نویز در دریا، وجود سازه‌های دریایی و حرکت شناورهای سطحی و زیرسطحی در آن می‌باشد. اجزای مکانیکی شناورها، ارتعاشی تولید می‌کنند که موجب به وجود آمدن صدایی در زیر آب شده و پس از عبور از بدنه سازه و اتلاف انرژی اولیه آن در دریا، توسط گیرنده‌ها در فواصل دور دریافت می‌گردد. برای نمونه می‌توان به پروانه شناورهای زیرسطحی (و البته شناورهای سطحی) اشاره کرد که مولد صدا می‌باشد.

منابع نویز در یگان‌های زیرسطحی را می‌توان به سه دسته اصلی تقسیم نمود. دسته اول نویز مکانیکی می‌باشد که توسط قسمت‌های مکانیکی شناور تولید می‌شود. دسته دوم نویز پروانه است که منبع این نویز مکانیکی و هیدرودینامیکی می‌باشد. دسته سوم نویز هیدرودینامیکی است که ناشی از جریان نامنظم آب هنگام حرکت شناور است. این دسته از نویزها بیشتر مورد توجه قرارگرفته‌اند، لذا تعیین میزان شدت این نویز و روش‌هایی برای کاهش آن به‌شدت مورد نیاز است. از آنجایی‌که نویزهای تولیدی از هر شناور، از مشخصه‌های شناور در حرکت پایا می‌باشد، با اندازه‌گیری نویزهای تولیدی از شناور، می‌توان مکان آن را نیز تعیین کرد. این روش از اندازه‌گیری و تشخیص به سونار غیرفعال معروف است، که با استفاده از نویزهای تولید شده توسط هدف، به شناسایی، دنبال کردن و تشخیص نوع آن می‌پردازد. برای کاربرد صحیح و افزایش بازدهی سونار غیرفعال، نیاز به شناسایی منابع تولید نویز، نحوه انتشار صوت تولید شده و توسعه سامانه‌های اندازه‌گیری داخل آب می‌باشد که نویزهای انتشار یافته از شناورها با وجود نویزهای پس‌زمینه دریافت می‌شود و با تقویت، آنالیز و حذف سیگنال‌های محیطی، شناسایی و ردیابی صحیح شناورها انجام می‌گیرد (Sharp;1997) .

منابع نویز: منابع نویز یگان‌های زیردریایی را می‌توان منابعی از قبیل گرمایی، الکترومغناطیسی، هیدرودینامیکی و آکوستیکی نام برد که در شناسایی زیردریایی بسیار حائز اهمیت هستند که از بین این منابع به دلیل سرعت انتشار امواج صوتی در دریا (۱۵۰۰ متر بر ثانیه) و با توجه به خاصیت محیط دریا، منابع تولید نویز آکوستیکی مهم‌ترین عامل در شناسایی زیردریایی از فواصل دور است. منابع این نوع نویز به دو دسته کلی و زیرمجموعه آن تقسیم می‌گردد. (به شرح شکل ۱):

- ✓ نویزهای مکانیکی
- ✓ نویز هیدرودینامیکی

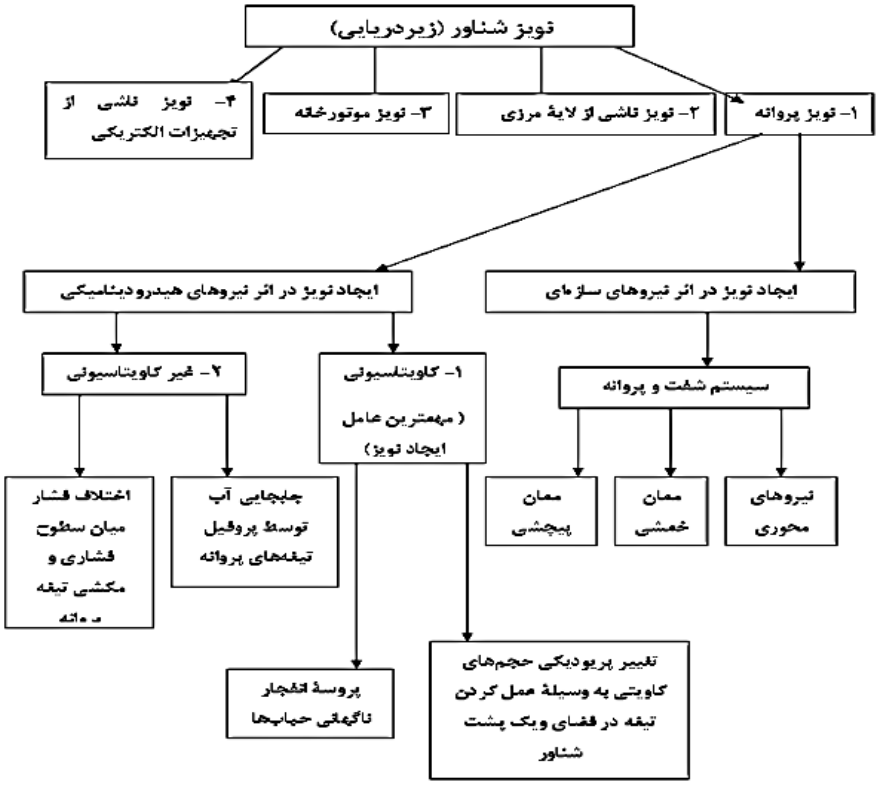


شکل(۱) انواع نویز زیردریایی

نویزهای مکانیکی: این نویزها به دلیل ارتعاش پوسته شناور تولید میشوند. منبع اصلی تولید آن‌ها در این حالت، وجود نیروهای دینامیکی در شناور است که باعث تحریک و ارتعاش بدنه یگان می‌گردند. یکی از مهم‌ترین عواملی که باعث تولید و انتشار صوت در زیرآب توسط زیردریایی می‌شود، ارتعاش بدنه حاصل کارکرد موتورهای دیزل و یا ماشین‌آلات یگان زیرسطحی می‌باشد (Malcolm;1997).

نویزهای مکانیکی شامل:

- ✓ موتور دیزل
- ✓ ماشین‌های کمکی مرتبط با دیزل مثل پمپ‌ها، ژنراتورها و غیره
- ✓ گیربکس و جعبه‌دنده‌ها
- ✓ ارتعاش حاصل از اثر چرخش پروانه بر روی بدنه یگان زیرسطحی (عامل اصلی که موجب کشف یک هدف سطحی توسط زیردریایی‌ها می‌گردد پدیده کاویتاسیون پروانه می‌باشد.)



نمودار (۱) عوامل ایجاد نویز در شناورها

نمودار فوق، به‌صورت شماتیک اجزا مختلف سیستم رانش و نویزهای مربوط به آن‌ها را برای یک شناور با سامانه رانش دیزل- الکتریک نشان می‌دهد (Malcolm;1997).

نویز هیدرودینامیکی: نویزهای هیدرودینامیکی، به خاطر حرکت جسم و یا بدنه یگان شناور در سیال (آب دریا) تولید می‌شوند. منبع اصلی این نوع از نویزها نوسانات فشار سیال در اطراف شناور متحرک است. لذا عواملی که باعث تولید صدا در اثر حرکت شناور در دریا میگردد، نویزهای هیدرودینامیکی بیشتر به‌واسطه کاویتاسیون، جریانهای حبابدار، جریان یا گردابههای پشت اجسام متحرک در آب و سطح سیال که توسط جریان رانده میشود، ایجاد میگردند. در نبود کاویتاسیون، نویزهای حاصل از آشفتگی اهمیت کمتری دارند و نویزهای تولیدی تحت تأثیر ارتعاش بدنه شناور، غالب میشوند (Malcolm;1997)

نویزهای هیدرودینامیکی شامل:

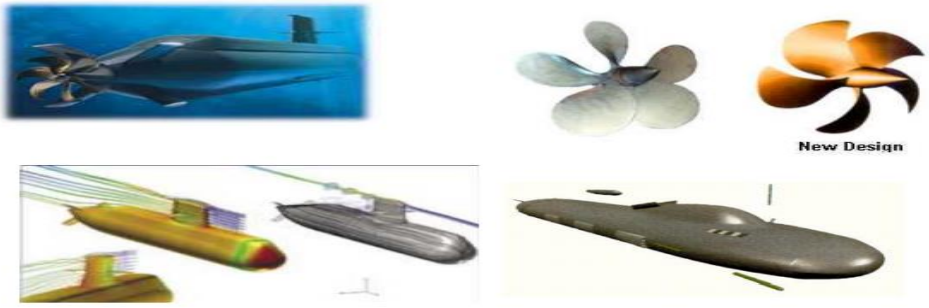
- ✓ نویزهای تولیدی حاصل از تداخل بدنه شناور و سیال متحرک اطراف آن

- ✓ ورتکسها و جریانهای گردابی پشت جسم متحرک در سیال
- ✓ توربولانس جریان اطراف بدنه شناور
- ✓ کاویتاسیون‌های تولیدی در اثر تداخل جسم متحرک و سیال
- ✓ نویزهای تولیدی توسط پروانه

روش‌های کاهش نویز: شامل روش‌های اولیه و روش‌های ثانویه است. روش‌های اولیه، شامل تمام روش‌هایی است که به‌طور مستقیم بر روی منبع مولد نویز اِعمال می‌شود و روش‌های ثانویه شامل کلیه روش‌هایی است که بر روی مسیر انتشار و بدنه اعمال می‌گردد. روش‌های ثانویه به دو دسته روش‌های فعال و روش‌های غیرفعال تقسیم می‌شود.

روش‌های اولیه کاهش نویز: شامل تمام روش‌هایی است که به‌طور مستقیم بر روی منبع مولد نویز اعمال می‌شود. این روش‌ها بسیار کارساز و مؤثرند ولی متأسفانه همواره عملی نیستند. روش‌های اولیه شامل موارد ذیل می‌باشند.

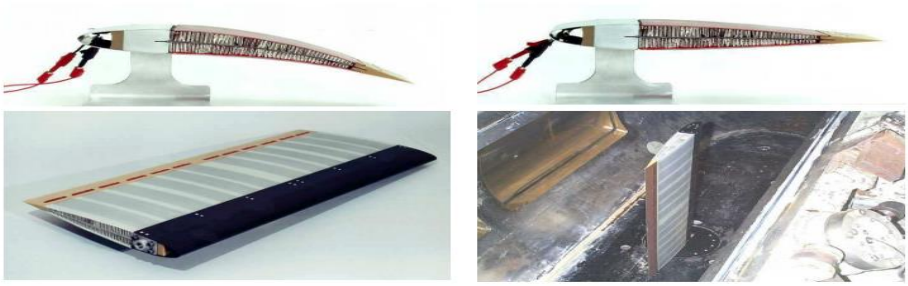
- ✓ استفاده از ماشین‌های جلوبری اصلی با دور کم
- ✓ استفاده از ماشین دیزل با احتراق نرم[1]
- ✓ استفاده از ماشین‌های الکتریکی و سامانه‌های تهویه بالانس شده
- ✓ استفاده از پمپ‌ها با بدنه قالب‌ریزی شده نسبت به بدنه‌های جوشی و به همراه یک سوپاپ هوا برای جبران فشار
- ✓ استفاده از موتور V یا W شکل به‌جای موتورهای خطی برای کاهش طول میل‌لنگ
- ✓ استفاده از پروانه کم نویز
- ✓ طراحی فرم مناسب هیدرودینامیکی بدنه خارجی
- ✓ استفاده از بالک‌های هوشمند



شکل (۲) فرم مناسب هیدرودینامیکی بدنه و پروانه کم نویز

[1] Soft combustion

بالک‌های هوشمند با تحریک الکتریکی خم می‌شوند و باعث کاهش جریانات گردابی است. (شکل ۳) در واقع بالک‌های هوشمند، اصلاح دیدگاه کنترل زیردریایی از کنترل صِرف به کنترل هوشمند با در نظر گرفتن اثرات محیطی می‌باشد.



شکل (۳) بالک هوشمند زیردریایی

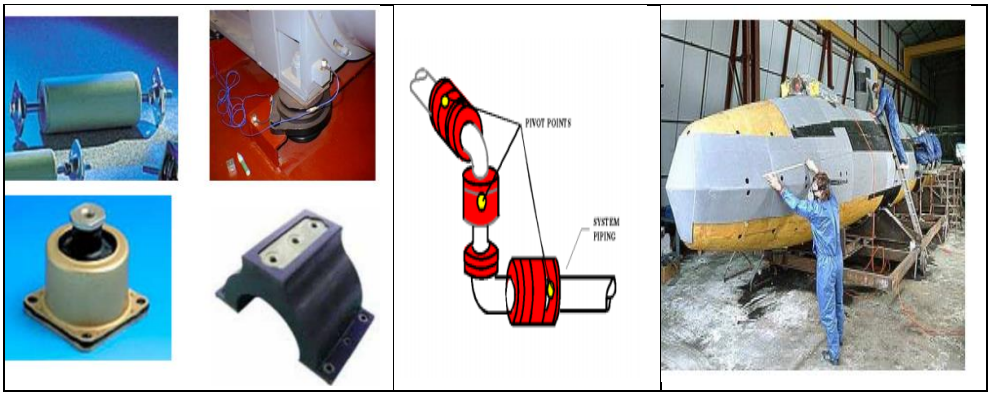
روش‌های ثانویه کاهش نویز: روش‌های ثانویه شامل کلیه روش‌هایی است که بر روی مسیر انتشار و بدنه اِعمال می‌گردد. روش‌های ثانویه به دودسته روش‌های فعال و روش‌های غیرفعال تقسیم می‌شود.

چند نمونه از روش‌های غیرفعال عبارتند از:

- ✓ استفاده از پایه‌های قابل ارتجاع[1] تکی برای تک‌تک تجهیزات به‌طور جداگانه
- ✓ استفاده از پایه‌های قابل ارتجاع و دوتایی
- ✓ استفاده از اِلمان‌های فنری مدرن
- ✓ دکوپلینگ لوله‌ها با استفاده از جبران سازه
- ✓ عایق‌بندی در مقابل نویز فضایی مثلاً با قرار دادن در یک محفظه بسته یا پوشش‌های داخلی
- ✓ دمپینگ اِگزوز
- ✓ تزریق آب در داخل اِگزوز
- ✓ جذب نویز هوایی
- ✓ دمپینگ تمام بدنه‌هایی که قابلیت لرزش دارند (بالای عرشه و بُرجک)

[1] Elastic mounting

با استفاده از پایه‌های قابل ارتجاع دوتایی دامنه لرزش ایجاد شده حدود ۴۰ دسی‌بل کاهش می‌یابد. برای کاهش استحکام هدف می‌توان از پوشش‌های مخصوص بر روی بدنه خارجی زیردریایی استفاده نمود. این پوشش‌ها استحکام هدف را به حدود ۲۵ درصد می‌رسانند. پوشش‌های جدید در طیف فرکانسی سونار آمریکایی AN/BQ-5 باعث کاهش ۲۵ تا ۵۰ درصد برد آشکارسازی می‌شود. شکل (۴) نصب این پوشش‌ها را بر روی بدنه زیردریایی نشان می‌دهند.



شکل (۴) نمونه‌های از روش ثانویه کاهش نویز

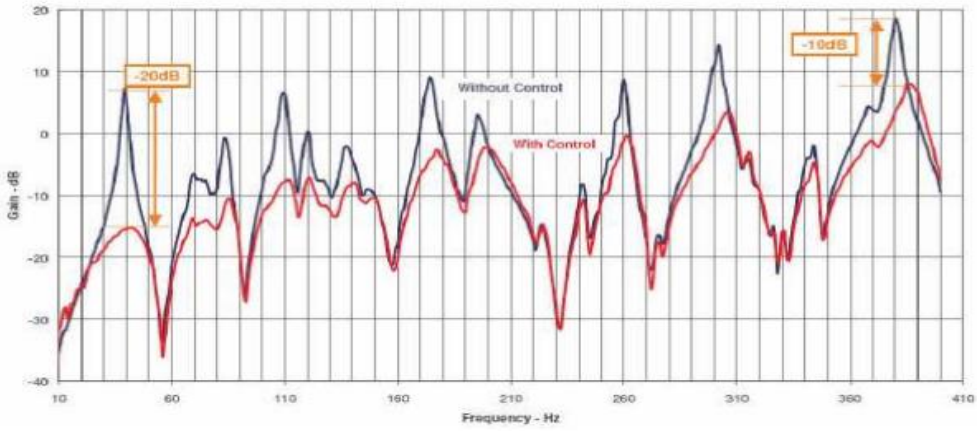
روش‌های فعال کاهش نویز و لرزش (ANVC)[1]:

در روش‌های غیرفعال می‌توان میزان شدت ارتعاشات منتقل شده را تا حدود ۲۰ الی ۳۰ دسی‌بل کاهش داد. ولی فرکانس‌های خیلی پایین که دارای مقادیر ماکزیمم در دامنه ارتعاشی هستند را نمی‌توان به روش غیرفعال کنترل نمود. به این منظور لازم است از کنترل‌کننده‌های فعال ارتعاشی استفاده کرد.

اساس کار این دستگاه‌ها بر تولید سیگنال‌های با همان شدت ولی مخالف سیگنال‌های منبع تولیدکننده می‌باشد و بدین‌وسیله ارتعاشات و نویز کاهش می‌یابد. برای نمونه استفاده از لرزاننده‌ها یکی از روش‌های فعال، استفاده از لرزاننده‌ها و پایه‌های قابل ارتجاع فعال است. اصول عملکرد این پایه‌ها در شکل ۴ بالا آمده است. این پایه‌ها شامل چند حساسه (سنسور) برای تشخیص دامنه لرزش، چند محرک برای ایجاد دامنه لرزش مورد نیاز، یک کنترلر برای محاسبه و کنترل سطح و فرکانس لرزش و یک تقویت‌کننده توان برای اعمال توان مورد نظر به محرکه‌ها می‌باشد. چنانچه در شکل نشان داده شده است این پایه‌ها تا ۲۰ دسی‌بل

[1] Active noise and vibration control

سطح نویز را در فرکانس‌های خیلی پایین کاهش می‌دهد. که تأثیر بالایی در کاهش آشکارسازی زیردریایی دارد.



نمودار (۳) نمودار کاهش نویز پایه‌های قابل ارتجاع فعال

تلاش‌ها برای رفع نقیصه‌های روش‌های غیرفعال به ابداع روش‌های فعال برای کاهش نویز صوتی منجر شد. در حالت کلی روش فعال کنترل نویز، بر دو پایه به شرح زیر استوار است:

۱) تغییر دادن ویژگیهای دینامیکی سامانه

تغییر ویژگیهای فیزیکی سیستم (سیستم به‌عنوان یک حامل موج صوتی محسوب می‌شود) به‌منظور کاهش سطح نویز خروجی سیستم، مانند امپدانس ورودی سیستم نسبت به اغتشاش، امپدانس و مدهای انتقال و یا شرایط مرزی سیستم (خورشیدی، ۱۳۸۴).

۲) خنثی‌سازی فعال[1]

در این راهکار مانند نویز تولید شده توسط سامانه (نویز اولیه) نویزی با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه نسبت به آن (نویز ثانویه)، تولید می‌شود. در نتیجه جمع این دو نویز همدیگر را خنثی می‌کنند (راهی، ۱۳۸۹: ۴).

پیشینه‌های پژوهش

البته که در خصوص مفهوم عام زیردریایی و موارد مرتبط با آن تحقیقات زیادی انجام شده است ولی پیشینه تحقیقات انجام شده با محوریت صوت و محیط انتشار صوت در زیر آب به شرح زیر ارائه می‌گردد:

[1] ANC: Active Noise Cancelation

جدول (۱) پیشینه تحقیقات انجام شده

محل اجرا	عنوان	نام محقق و سال	روش‌شناسی	نتایج
دافوس آجا	افزایش قابلیت اختفاء یگان‌های زیرسطحی نداجا در ابعاد آکوستیکی، مغناطیسی و	امیری فرهاد، ۱۳۹۴، کارشناسی ارشد مدیریت دفاعی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا	کاربردی	کاهش اثرات آکوستیکی از طریق کاهش نویز اجزای ماشینی، نویز پروانه و کاهش نویز هیدرودینامیکی در افزایش قابلیت اختفای یگان زیرسطحی بسیار مؤثر است. مهم‌ترین عامل ایجاد اثر مغناطیسی در بدنه یک شناوری مانند زیردریایی ناشی از ایجاد آهن‌رباهای کوچک توسط مولکولهای آهن در حین ساخت و یا تعمیرات شناور مثل عملیات جوشکاری، برشکاری و غیره است. پس از آنکه شناور به‌آب‌اندازی شد از برآیند همه آن آهنرباهای کوچک یک برآیند کلی مغناطیسی که متعلق به شناوری است، ایجاد می‌گردد و در نتیجه برای قابلیت اختفای زیردریایی بسیار مؤثر است. عامل اصلی اثر حرارتی در زیردریایی‌های دیزل الکتریک، حرارت ناشی از عملکرد دیزل ژنراتور است و روشهای عملی زیر جهت کاهش اثرات زیردریایی مطرح است تا قابلیت اختفای حرارتی زیردریایی را افزایش دهد: استفاده از عایق حرارتی موتورخانه و لوله‌های اگزاست، به‌کارگیری سامانه‌های تهویه و هواساز، دمش دود دیزل درون آب، به‌کارگیری پوشش عایق بر روی بدنه داخلی زیردریایی، استفاده از سامانه‌های پیل سوختی جهت کاهش وابستگی به دیزل ژنراتور.
دافوس آجا	تاکتیک‌های بهره‌برداری نداجا از محیط انتشار امواج صوتی جهت مقابله بایگان‌های شناور زیرسطحی	لطفی، علیرضا، ۱۳۸۷، کارشناس ارشد مدیریت دفاعی فرماندهی و ستاد آجا	کاربردی	با توجه به پیشرفت‌های زیاد سامانههای زیردریایی و سرمایه‌گذاری برای طراحی و ساخت زیردریایی در کشور، لزوم بررسی روشهای کاهش احتمال آشکارسازی زیردریایی ضروری است. تاکتیک بهره‌برداری یگان‌های شناور زیرسطحی در محیط انتشار امواج صوتی

محل اجرا	عنوان	نام محقق و سال	روش‌شناسی	نتایج
	نیروهای فرا منطقه‌ای			به‌منظور مقابله بایگان‌های شناور زیرسطحی نیروهای فرامنطقه‌ای ارتباط مستقیم دارد. تاکتیک بهرهبرداری یگان‌های شناور سطحی در محیط انتشار امواج صوتی به‌منظور مقابله با یگان‌های شناور زیرسطحی نیروهای فرامنطقه‌ای ارتباط مستقیم دارد.
قرارگاه سازندگی نوح	بررسی منابع تولید نویز آکوستیکی در دریا	قاسم‌کاشی، مجید، ۱۳۸۶،کارشناس فنی معاونت صنعت و معدن	کاربردی	نویزآکوستیکی یکی از مهم‌ترین راه‌های آشکارسازی اهداف دریایی است. شناخت این دو نوع نویز مقدمه‌ای بر شناسایی غیرفعال اهداف دریایی می‌باشد که می‌توان به‌ویژه اهداف زیرسطحی را شناسایی نمود.

روش‌شناسی پژوهش

این مقاله پژوهشی از نظر هدف، کاربردی و با روش تحقیق توصیفی و رویکرد تحلیل اطلاعات و دادهها، به‌صورت آمیخته انجام‌شده است. روش جمعآوری اطلاعات با دو روش کتابخانهای و میدانی بوده است. در روش کتابخانه‌ای از اسناد و مدارک و کتاب‌های مرتبط با موضوع استفاده شده و در روش میدانی، با خبرگان سازمانی مصاحبه و سپس با تدوین پرسش‌نامه عوامل مؤثر در کاهش نویز، مورد سنجش قرارگرفته است. پرسش‌نامه تدوین‌شده دارای ۲۵ سؤال است که محاسبات لازم با استفاده از فرمول آلفای کرون باخ انجام گردیده است.

جامعه آماری هم شامل؛ فرماندهان و افسران و همچنین متخصصان زیردریایی با مدرک تحصیلی کارشناسی، کارشناسی ارشد و بالاتر و از درجات ناخدا سوم و بالاتر واجد شرایط در ناوتیپ زیرسطحی منطقه یکم امامت نداجا/ بندرعباس به تعداد ۸۶ نفر در نظر گرفته شده است. با توجه به محدود و تخصصی بودن حجم جامعه، حجم نمونه به صورت تمام شمار و به همان تعداد ۸۶ نفر اِعمال شده است.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

در این مقاله پژوهشی، برای رسیدن به یافته‌های تحقیق؛ ابتدا تجزیه‌وتحلیل کیفی اهداف جزئی بر اساس نظر خبرگان و مطالعه منابع با دسته‌بندی داده‌ها، پردازش داده‌ها انجام شده و در نهایت

قضاوت، استنتاج و سپس تجزیه‌وتحلیل کمی (توصیفی) داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از ابزار پرسش‌نامه و نرم‌افزار آماری اس. پی. اس. اس[1] استفاده گردیده است.

هدف یکم: تبیین چگونگی کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی با انجام اصلاحات در طراحی بدنه زیردریایی

- جمع‌بندی نظرات خبرگان سازمانی در مورد اصلاح بدنه زیردریایی به‌منظور کاهش نویز عبارتند از:

(۱) با توجه به اهمیت کاهش نویز هیدرودینامیکی بدنه زیردریایی جهت اجرای عملیات زیرسطحی و تأثیر شکل بدنه و محل قرارگیری برجک نسبت به طول زیردریایی با احتساب نویز گردابی تولیدی توسط برجک استفاده از بدنه دوکی‌شکل و بُرجک با ارتفاع کم شیب‌دار که به سمت سینه زیردریایی نزدیک‌تر باشد باعث کاهش نویز گردابی و درنتیجه کاهش نویز هیدرودینامیکی بدنه می‌گردد.

(۲)استفاده از عایق‌های صوتی در طول بدنه زیردریایی با توجه به جنس و خاصیت جذب شدن امواج صوتی، همچنین ساختار مثلثی موجود در پوشش‌های ضد صوتی که باعث شکست امواج در داخل پوشش می‌گردد کاهش نویز در زیردریایی را باعث می‌گردد.

هدف دوم: تبیین چگونگی کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی با انجام اصلاحات در سامانه تحرک زیردریایی

- جمع‌بندی نظرات خبرگان سازمانی در مورد اصلاح سامانه تحرک زیردریایی به‌منظور کاهش نویز عبارتند از:

(۱) بیشترین نویز تولیدی در زیردریایی مربوط به سامانه تحرک است که جهت کاهش نویز حاصله بایستی با محاسبات دقیق از ابتدا اقدام به طراحی و ساخت هدفمند زیردریایی نمود.

(۲) نویز حاصله از دیزل ژنراتور یگان، سامانه شافت و گیربکس بیشترین نویز حاصله را در موتورخانه زیردریایی تولید می‌کنند که باید با انجام عایق‌کاری صوتی و اصلاح گیربکس نویز یگان را کاهش داد.

(۳) نویز تولیدی توسط پروانه یگان با توجه به تولید کاویتاسیون مهم‌ترین عامل در ره‌گیری یگان می‌باشد که با اقداماتی همچون اصلاح زاویه اسکیو، افزایش تعداد پره پروانه، نصب داکت در اطراف پروانه و ... باید نویز را کاهش دهیم.

[1] Statistical Package for Social Science (SPSS)

هدف سوم: تبیین چگونگی کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی با انجام اصلاحات در تجهیزات داخلی زیردریایی

نویز تولیدی توسط دستگاه‌های اصلی و فرعی داخل زیردریایی نیز با توجه به انتقال آن به بدنه زیردریایی و در نتیجه انتقال به آب دریا باعث افزایش احتمال ره‌گیری یگان زیرسطحی می‌گردد. لذا با استفاده از عایق‌های پوششی ضد صوت و پایه‌های لرزه‌گیر و ... باید نویز داخلی زیردریایی را کاهش داد.

تجزیه‌وتحلیل توصیفی داده‌ها (یافته‌های سؤالات مقاله پژوهشی)

در خصوص چگونگی کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی، ۲۵ سؤال تدوین گردید و از تعداد ۸۶ نفر از جامعه نمونه نظرخواهی شد که نتایج توصیفی آن به شرح زیر ارائه می‌گردد.

فرضیه اول: به نظر می‌رسد با اصلاح بدنه زیردریایی (شکل بدنه و پوشش ضد صوت) می‌توان نویز آکوستیکی زیردریایی را جهت اجرای عملیات زیرسطحی نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران کاهش داد (اصلاح بدنه از طریق تعویض و بهینه نمودن پوشش‌های ضد صوت امکان‌پذیر است و اصلاح از طریق شکل بدنه نیز با ایجاد پوشش‌های آیرودینامیکی سبک می‌توان نویز را کاهش داد.).

جدول (۲) آلفای کرون باخ مقیاس اصلاح بدنه و کاهش نویز آکوستیکی

تعداد گزینه‌ها	آلفای کرون باخ بر اساس گزینه‌های استاندارد	آلفای کرون باخ
۶	٪۹۷	٪۹۶

بر اساس نتایج جدول ۳، بین مؤلفه پوشش ضد صوت با کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی (P≤۰/۰۱، r=۰/۴۸)، بین مؤلفه شکل بدنه با کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی (P≤۰/۰۱، r=۰/۴۱)، بین مؤلفه بدنه زیردریایی با کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی (P≤۰/۰۱، r=۰/۶۷) رابطه وجود دارد (*در سطح (P ≤۰/۰۱) معنی‌دار است).

جدول (۳)پ آزمون پیرسون در مورد اصلاح بدنه زیردریایی

متغیر	شاخص	کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی
پوشش ضد صوت		پوشش ضد صوت
	r	۰/۴۸
	P	۰/۰۰۱*
شکل بدنه		شکل بدنه
	r	۰/۴۱
	P	۰/۰۰۱*
بدنه زیردریایی		بدنه زیردریایی
	r	۰/۶۷
	P	۰/۰۰۱*

*در سطح ($P \leq$۰/۰۱) معنی‌دار است.

فرضیه دوم: به نظر می‌رسد با اصلاح سامانه تحرک (گیربکس، شافت و پروانه) می‌توان نویز آکوستیکی زیردریایی را جهت اجرای عملیات زیرسطحی نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران کاهش داد.

جدول (۴) آلفای کرون باخ مقیاس اصلاح سامانه تحرک و کاهش نویز آکوستیکی

تعداد گزینه‌ها	آلفای کرون باخ بر اساس گزینه‌های استاندارد	آلفای کرون باخ
۸	٪۹۸	٪۹۶

با توجه به مؤلفه‌های موجود برای کاهش نویز در اصلاح سامانه تحرک:

بر اساس نتایج جدول ۵، بین مؤلفه گیربکس با کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی ($P\leq$۰/۰۱، r=۰/۶۵)، بین مؤلفه شافت با کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی ($P\leq$۰/۰۱، r=۰/۷۵)، بین مؤلفه پروانه با کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی ($P\leq$۰/۰۱، r=۰/۷۵)، بین مؤلفه سامانه تحرک با کاهش نویز ($P\leq$۰/۰۱، r=۰/۷۵) رابطه وجود دارد.

جدول(۵) آزمون پیرسون در مورد اصلاح سامانه تحرک زیردریایی

متغیر	شاخص	کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی
گیربکس		گیربکس
	r	۰/۶۵
	P	۰/۰۰۱*
شافت		شافت
	r	۰/۷۵
	P	۰/۰۰۱*
پروانه		پروانه
	r	۰/۷۵
	P	۰/۰۰۱*
سامانه تحرک		سامانه تحرک
	r	۰/۷۵
	P	۰/۰۰۱*

*در سطح ($P \leq ۰/۰۱$) معنی‌دار است.

فرضیه سوم: به نظر می‌رسد با اصلاح تجهیزات داخلی (سامانه‌های اصلی و فرعی) می‌توان نویز آکوستیکی زیردریایی را جهت اجرای عملیات زیرسطحی نیروی دریایی راهبردی ارتش جمهوری اسلامی ایران کاهش داد.

جدول (۶) آلفای کرون باخ مقیاس اصلاح تجهیزات داخلی و کاهش نویز آکوستیکی

تعداد گزینه‌ها	آلفای کرون باخ بر اساس گزینه‌های استاندارد	آلفای کرون باخ
۷	٪۹۶	٪۹۵

با توجه به مؤلفه‌های موجود برای کاهش نویز در اصلاح تجهیزات داخلی زیردریایی:
بر اساس نتایج جدول ۷، بین مؤلفه سامانه‌های اصلی با کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی ($P \leq ۰/۰۱$، $r=۰/۷۵$)، بین مؤلفه شافت با کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی ($P \leq ۰/۰۱$، $r=۰/۶۷$)، بین مؤلفه پروانه با کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی ($P \leq ۰/۰۱$، $r=۰/۷۸$) رابطه وجود دارد.

جدول(۷) آزمون پیرسون در مورد اصلاح تجهیزات داخلی

متغیر	شاخص	کاهش نویز آکوستیکی زیردریایی
سامانه‌های اصلی	سامانه‌های اصلی	
	r	۰/۷۵
	P	۰/۰۰۱*
سامانه‌های فرعی	سامانه‌های فرعی	
	r	۰/۶۷
	P	۰/۰۰۱*
تجهیزات داخلی	تجهیزات داخلی	
	r	۰/۷۸
	P	۰/۰۰۱*

که با توجه به اهمیت هر سه مؤلفه بدنه، سامانه تحرک و تجهیزات داخلی زیردریایی از طریق آزمون کلموگروف اسمیرنوف چون عدد p از ۰.۰۵ صدم بزرگ‌تر است توزیع نرمال است.

جدول (۸) نتایج آزمون کلموگروف اسمیرنوف برای توزیع طبیعی داده‌ها

شاخص	Z	P
پوشش ضد صوت	۰/۹۱	۰/۳۷
شکل بدنه	۰/۸۰	۰/۵۳
اصلاح طراحی بدنه	۱/۳۰	۰/۰۶
گیربکس	۰/۹۲	۰/۳۶
شافت و پروانه	۰/۴۴	۰/۹۸
اصلاح سامانه تحرک	۰/۳۸	۰/۳۱
سامانه‌های اصلی	۰/۷۵	۰/۴۶
سامانه‌های فرعی	۰/۸۷	۰/۴۹
اصلاح تجهیزات داخلی	۰/۲۳	۰/۱۳

جهت اجرای موفق عملیات زیرسطحی با توجه به ویژگی امواج صوتی در محیط دریا باید زیردریایی‌ها در پایین‌ترین سطح نویز تولیدی از منابع ذکرشده (نویز سامانه تحرک، بدنه زیردریایی و تجهیزات داخلی) قرار داشته باشند که می‌بایست از ابتدای مراحل طراحی و ساخت، استفاده از دستگاه‌هایی با حداقل نویز و جانمایی بهینه تجهیزات بتوان حداقل نویز را برای یگان زیرسطحی ایجاد نمود.

با توجه به حرکت زیردریایی در محیط دریا و ایجاد نویز هیدرودینامیکی بدنه، همچنین نتایج کمی به دست آمده ($P\leq$۰/۰۰۱، r =۰/۶۷) ارتباط نسبتاً قوی (متوسط) بین کاهش نویز بدنه و

اختفا زیردریایی وجود دارد که باید با انجام اقدامات در مراحل طراحی و ساخت مثل بدنه دوکی‌شکل، شکل و محل برجک زیردریایی و حذف زوائد از روی بدنه نویز این بخش را کاهش دهیم.

نویزهای تولیدی توسط سامانه تحرک و پروانه زیردریایی با توجه به نتایج کمی ($P\leq ۰/۰۰۱$، $r=۰/۷۵$) به دست آمده بالاترین نویز حاصله در زیردریایی می‌باشد که جهت کاهش نویز و اختفا زیردریایی در عملیات بایستی با انجام اقداماتی همچون استفاده از داکت دور پروانه، پروانه با زاویه اسکیو بالا، در حد امکان حذف گیربکس و یا استفاده از کلاچ بادی، ایزوله کردن موتورخانه و نصب عایق‌های صوتی مناسب نویز را تا حد ممکن کاهش داد که با توجه به نتیجه کاهش نویز سامانه تحرک به ضریب همبستگی پیرسون ارتباط بین کاهش نویز سامانه تحرک و عملیات زیرسطحی بسیار قوی تحلیل گردیده است.

در بخش داخلی زیردریایی با توجه به نتایج کمی به‌دست آمده ($P\leq ۰/۰۰۱$، $r = ۰/۶۷$) می‌توان به اعمال تصحیحات (استفاده از عایق‌های صوتی مناسب در داخل کمپارتمان‌های زیردریایی، به‌کارگیری لرزه‌گیرهای مناسب، دستگاه‌های اصلی و فرعی با کمترین نویز ممکن) در داخل زیردریایی نویز حاصله را جهت بهبود عملکرد دستگاه‌های سوناری و همچنین افزایش دقت کارکنان سوناری کاهش داد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

جهت اجرای موفق عملیات زیرسطحی با توجه به ویژگی امواج صوتی در محیط دریا باید زیردریایی‌ها در پایین‌ترین سطح نویز تولیدی از منابع تولید نویز (نویز سامانه تحرک، بدنه زیردریایی و تجهیزات داخلی) قرار داشته باشند که با توجه به مطالعات انجام شده و تجربیات تاریخی، باید از ابتدای مراحل طراحی و ساخت، استفاده از دستگاه‌هایی با حداقل نویز و جانمایی بهینه تجهیزات حداقل نویز برای یگان زیرسطحی ایجاد گردد.

برای دستیابی به کمترین نویز باید منابع نویز شناخته شوند؛ به‌طورکلی منابع نویز در زیردریایی به سه دسته تقسیم می‌گردند:

۱- نویز هیدرو آکوستیک که در اثر عبور بدنه کشتی در آب ایجاد می‌شود.
۲- سامانه تحرک یا موتورخانه (منبع اصلی حرکت، گیربکس، شافت و پروانه)
۳- ماشین‌آلات اصلی و فرعی و تجهیزات داخلی زیردریایی

لذا بایستی در تمامی مراحل طراحی و ساخت به‌گونه‌ای عمل شود که کمترین نویز در سامانه و تجهیزات زیردریایی ایجاد گردد؛ بدین منظور باید با انجام اصلاحات و بهینه‌سازی در بخش‌های

بدنه، سامانه تحرک و تجهیزات داخلی بتوان نویز آکوستیکی را در حد ممکن به سطح زیردریایی خیلی ساکت[1] رساند.

در نهایت به این نتیجه می‌رسیم که در مراحل طراحی و ساخت ضمن بررسی منابع تولید اثر صوتی زیردریاییها، بایستی روشهای فعال و غیرفعال مؤثر در کاهش اثر صوتی نیز مورد توجه قرار بگیرد. روشهای غیرفعال برای کنترل نویز صوتی در فرکانسهای بالا کاربرد دارند و روشهای فعال در فرکانسهای پایین مؤثرند. در نتیجه یک سامانه کامل کنترل نویز صوتی برای کنترل نویز در تمامی محدوده فرکانسی، استفاده هم‌زمان از هر دو روش مورد نیاز است. آشکارسازی یک زیردریایی که نکات مربوط به مخفی سازی را به‌خوبی رعایت نکرده باشد به‌راحتی صورت میگیرد. لذا در طراحی و ساخت زیردریایی، بایستی حداکثر دقت و تست صورت گیرد که نویز آکوستیکی حداقلی ایجاد گردد تا امکان اجرای عملیات زیرسطحی در اختفای کامل فراهم گردد (آزمایش‌های کارخانه‌ای، بندری و آزمایش نهایی در دریا).[2]

پیشنهادها

پیشنهاد می‌گردد معاونت‌های ذیربط نداجا به شرح زیر به منظور کاهش نویز اکوستیکی یگان‌های زیرسطحی نداجا اقدامات مشروحه زیر را انجام دهند:

۱- معاونت عملیات نداجا:

با طراحی و اجرای تمرینات تخصصی زیرسطحی از طریق اعزام انواع زیردریایی‌های موجود در نداجا به مناطق تحت مسئولیت نداجا در ناوگان جنوب اقدامات زیر را به عمل آورد:

(۱) استفاده از تجهیزات صوتی و سامانه‌های سونار به‌روز در یگان‌های شناور سطحی و زیرسطحی با بهترین عملکرد و کیفیت ممکن به‌منظور شناسایی تیپ‌های هیدرولوژی مناطق مختلف تحت مسئولیت.

(۲) استفاده از تاکتیک مناسب در استفاده از تیپ هیدرولوژی منطقه در اجرای عملیات زیرسطحی

۲- معاونت طرح و برنامه و بودجه نداجا:

به‌منظور انجام الزامات مورد نظر معاونت عملیات نداجا و فرماندهی فنی نداجا در خصوص پیش‌بینی اعتبار لازم جهت انجام تغییرات و اصلاحات لازم در تجهیزات مورد نظر جهت کاهش مولدهای نویز در انواع زیردریایی‌های نداجا اقدام نماید.

---

[1] Very Quiet submarine
[2] FAT- HAT- SAT

۳- فرماندهی فنی نداجا

با هماهنگی معاونت عملیات نداجا و در تعامل با سازمان جهاد خودکفایی نداجا و در زمان اجرای تمرینات تخصصی زیرسطحی با اعزام نمایندگان و کارشناسان خبره به زیردریایی‌های در حال مأموریت اقدامات زیر را به عمل آورد:

(۱) پایش عملکرد لرزهگیرها و جاذبه‌های ارتباطی و تعویض آن‌ها در صورت لزوم

(۲) کنترل سطح نویز مجاز سامانه‌ها با استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح نویز مجاز.

(۳) پیگیری از طریق سازمان صنایع دریایی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح برای نصب و استفاده از دستگاه‌های با حداقل ایجاد نویز فعال و غیرفعال در یگان‌های زیرسطحی

(۴) برنامه‌ریزی جهت امکان‌سنجی ارزیابی سالیانه نویز زیردریایی با استفاده از آرایه‌های افقی و عمودی جهت سنجش نویز انتشاری زیردریایی و پیش‌بینی اجرای اصلاحات مورد نیاز

قدر دانی

در پایان از تمامی عزیزانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند کمال تشکر را داریم.

منابع

- آزاد، حسین. (۱۳۸۷). *سلاح و تجهیزات زیرسطحی و مین*، نوشهر: انتشارات دانشگاه علوم دریایی حضرت امام خمینی (ره)، نوشهر.
- آزاد، حسین و حسینی، سید جواد. (۱۳۸۷). *سلاح و تجهیزات زیرسطحی*، نوشهر: دانشگاه امام خمینی (ره).
- امیری، فرهاد. (۱۳۹۴). *افزایش قابلیت اختفاء یگان‌های زیرسطحی نداجا در ابعاد آکوستیکی مغناطیسی و حرارتی*، کارشناسی ارشد مدیریت دفاعی دوره نهم دافوس آجا.
- پارسا حسین، منوچهر. (۱۳۹۱). *آشنایی با عملکرد سیستم گیربکس*، تهران: نشر امیرعلی.
- خورشیدی، شاپور. (۱۳۸۴). *سیستم‌های کاهش آلودگی صوتی به‌صورت فعال و وقفی*، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، بهار.
- راهی، مهدی و وحید، زارع پور. (۱۳۸۹). کاهش اثر صوتی کشتی‌ها و زیردریائی‌ها، دوازدهمین همایش صنایع دریایی، مهرماه.
- سهیلی فر، محمدرضا. (۱۳۸۶). *مقدمه‌ای بر سیستم سونار*، ترجمه: نشر اتحاد تهران.

- طحانی، غلامرضا و صفری‌نژاد، احمد. (۱۳۹۲). *پدافند غیرعامل زیرسطحی*، تهران: انتشارات دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا.
- عبدالله نژاد، مهدی. (۱۳۹۵). بررسی و تحلیل کاهش نویز در پروانه زیردریایی، مجموعه مقالات هجدهمین همایش ملی صنایع دریایی ایران.
- فیضی چکاب، محمدامین و قدیمی، پرویز. (۱۳۹۳). بررسی تأثیرات افزایش تعداد پره و استفاده از داکت در کاهش نوفه صوتی پروانه‌های مغروق، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، مجله انجمن مهندسی صوتیات ایران.
- قاسم‌کاشی، مجید. (۱۳۸۶). *کارشناس فنی معاونت صنعت و معدن*، بررسی منابع تولید نویز آکوستیکی در دریا، همایش صنایع دریایی مازندران.
- مونسان، محمد و مهین روستا، کاظم. (۱۳۸۵). *تاریخچه فناوری زیردریایی‌های آلمانی*، تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر.
- Defence, R. & Canada, D. (2002). Acoustic Signatures, www.atlantic.drdc.rddc.gc.ca.
- Fischer, W. (2000). Noise Control Engineering, ty, nwww.noise-control.com.
- G.A. Beatle. (1996). *Submarine Stealth and Detection*, by. NAVAL FORCE *10*(3), 257-271.
- Shar, P., & Li, X. R. (2000). Passive sonar fusion for submarine c/sup 2/systems. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 15(3), 29-34.
- Ships Silencing Program, Diuision Officer Training
- William, H. (1998). Next generation stealth submarines. *Sea Technology*, 59-62.
- Wolfgang Neigenfind. (1989). Noise Reduction Measures on Board Submarines" by, NAVAL FORCE: NO. V-VOL.X.