هشتمین همایش صنایع دریایی
۹ لغایت ۱۱ آبانماه ۱۳۸۵
استان بوشهر

ارائه طرح نوین؛ زیردریایی مستقل از سیستم رانش (PIS)

محمد مونسان[1]، امین اشتری لرکی[2]، امیر همایون مقدادی[3]

دانشگاه صنعتی مالک اشتر- مجتمع علوم و فناوری زیردریا

www.moonesun@yahoo.com

چکیده

این مقاله، طرح جدیدی از یک زیردریایی را ارائه می‌کند که دارای هیچگونه سیستم رانش (شامل موتور الکتریکی و پروانه) نمی‌باشد بلکه بوسیله سیستم هوای فشرده و مخزن بالاست و روش غوص و صعود متوالی، حرکت رو به جلو را انجام می‌دهد. این سیستم، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در ذخیره و مصرف انرژی، نویز و ارتعاش و جانمایی داخلی در زیردریایی‌ها در پی دارد.

از آنجا که سیستم هوای فشرده نقش اصلی در پیشرانش این زیردریایی دارد، قسمت زیادی از فضای داخلی این زیردریایی، به ذخیره کپسولهای هوای فشرده اختصاص می‌یابد که البته مقدار این ذخیره، به حجم مخزن بالاست، عمق غوص و سرعت پیشروی بستگی دارد. از خصوصیات ویژه شکل ظاهری این زیردریایی، بدنه غیر دوکی شکل و بالک‌های بزرگ میانی می‌باشد.

کلمات کلیدی: زیردریایی_ سیستم رانش_ سیستم هوای فشرده_ غوص و صعود_ بالک

---

[1] عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر
[2] محقق پژوهشکده زیرسطحی دانشگاه مالک اشتر
[3] محقق پژوهشکده زیرسطحی دانشگاه مالک اشتر

۱- مقدمه

این مقاله طرح نوینی از یک زیردریایی فوق سبک را ارائه می‌کند که برای حرکت، نیازی به سیستم رانش (موتور الکتریکی و پروانه) ندارد بلکه از نیروی گرانش و بویانسی خود زیردریایی برای حرکت استفاده می‌کند. این زیردریایی اصطلاحاً PIS[۴] نامیده می‌شود و با سیستم غوص و صعودهای متوالی، حرکت به جلو را انجام می‌دهد.

مزیت عمده این زیردریایی وزن بسیار سبک و سطح نویز بسیار پایین، بدلیل نداشتن سیستم رانش و ملحقات آن می‌باشد. در این مقاله سعی شده است ضمن تبیین سناریوی حرکت، مکانیزمها و سیستم‌های این زیردریایی، مبنای ارائه این طرح تبیین گردد. اجزاء اصلی این زیردریایی به همراه توزیع وزنی آنها نیز ارائه شده است. این طرح می‌تواند مبنای نسل جدید زیردریایی فوق سبک و مخفی آینده باشد.

۲- مبنای تأمین نیروی پیشران

زیردریایی‌های معمولی برای پیشرانش از یک یا دو پروانه یا تراستر استفاده می‌کنند که این پروانه بوسیله یک موتور دیزل یا موتور الکتریکی حرکت می‌کند که این سیستم رانش، حجم و وزن زیادی از زیردریایی اشغال می‌کند و ذخیره سوخت یا انرژی محدودی نیز می‌تواند داشته باشد. برای حذف این مشکل، زیردریایی می‌تواند از انرژی پتانسیل غوص و صعود خود برای حرکت رو به جلو استفاده کند. اگر وزن زیردریایی بیشتر از بویانسی شود (بویانسی منفی)، زیردریایی با شتاب معینی به پائین غوص می‌کند و اگر بویانسی بیشتر از وزن شود (بویانسی مثبت) زیردریایی با شتاب معینی رو به بالا حرکت می‌کند.

یک غوطه‌ورشونده با بویانسی منفی به صورت عمودی به عمق آب غوص می‌کند و یک غوطه‌ورشونده با بویانسی مثبت، به صورت عمودی به سطح آب صعود می‌کند. این حرکت عمودی باعث جریان سیال به صورت عمودی بر روی بدنه زیردریایی می‌شود. حال مطابق شکل ۱ یک جفت بالک بر روی بدنه با مقطع فویل در نظر بگیرید. حرکت عمودی سیال بر روی فویل، نیروی لیفت و درگ ایجاد می‌کند. نیروی درگ، یک نیروی رو به بالا و نیروی لیفت، یک نیروی افقی است. *این نیروی لیفت می‌تواند باعث حرکت رو به جلوی زیردریایی شود.*

یعنی مطابق شکل ۱، نیروی لیفت بالک، باعث حرکت زیردریایی به سمت چپ می‌شود.

---

[4] **Propulsion Independent Submarine**

هنگام صعود نیز جریان حرکت سیال روی بدنه از بالا به پائین می‌باشد. اگر مقطع فویل بالک مطابق شکل ۲ باشد، باز هم نیروی لیفت بالک در جهت زیردریایی است و در این شکل، باز هم نیروی لازم جهت حرکت به سمت چپ فراهم می‌شود.

بدین ترتیب زاویه حرکت سیال و مقطع فویل بالک، باید همواره به گونه‌ای حفظ شود که زیردریایی بتواند از نیروی لیفت بالک یا برآیند برای حرکت رو به جلو استفاده کند . بدین ترتیب زاویه بالک‌ها مطابق با تغییر زاویه بدنه و در حرکت غوص و صعود باید همواره تغییر کند. برای اعمال این نیرو، در جهت حرکت زیردریایی، مطابق شکل-های فوق، بالک باید دارای لبه متحرک (flap) باشد. در شکل‌های ۱ و ۲ ملاحظه می‌گردد که جهت بالک‌ها در حرکت صعود، نسبت به حرکت غوص ۱۸۰ درجه دوران کرده و زاویه لبه بالک نیز تغییر نموده است.

کنترل زاویه بالک‌ها و لبه بالکها در هر لحظه حرکتی، به گونه‌ای که همواره نیروی لیفت یا برآیند نیروهای لیفت و درگ در جهت حرکت باشد، از دشواری‌های طراحی این زیردریایی است که باید بوسیله یک سیستم هوشمند کامپیوتری انجام شود.

۳- سیستم حرکت غوص و صعود متوالی

این زیردریایی دارای یک مخزن بالاست می‌باشد. این مخزن به هنگام غوص‌کردن، از آب دریا پر می‌شود و وقتی زیردریایی به عمق دریا رسید با خالی‌شدن این مخزن، زیردریایی به سطح آب صعود می‌کند. خالی‌شدن این مخزن در عمق، بوسیله اعمال هوای فشرده بر روی مخزن انجام می‌شود. همانطور که بیان شد، زیردریایی از این حرکت غوص و صعود و جریان سیال روی بالکها برای پیشرانش استفاده می‌کند. بنابراین زیردریایی در هر سیکل غوص و صعود (مطابق شکل ۳) یک حرکت Vشکل را طی می‌کند و اگر فاصله افقی طی‌شده در هر سیکل، d باشد و زیردریایی تعداد n غوص و صعود را انجام دهد، در مجموع فاصله افقی n.d را طی خواهد کرد.

هر چه نسبت d/h بیشتر باشد، پیشروی زیردریایی بیشتر خواهد بود و زیردریایی در هر سیکل، مسافت افقی بیشتری را طی می‌کند و عمق کمتری را غوص می‌کند.

بنابراین ضریب پیشروی (propulsion factor) به صورت زیر قابل تعریف است:

$$\Pr opulsion.Factor(PF) = \frac{d}{h}$$

اگر نسبت d/h کم باشد، زیردریایی مجبور است برای پیمودن مسافت افقی (d)، عمق زیادی را غوص کند که غوص کردن در عمق زیاد مشکلات زیر را در پی دارد:

۱- تأمین ایمنی در عمق زیاد

۲- تأمین فشار هوا برای دمیدن مخزن بالاست در عمق آب

۳- محدودیت عمق منطقه عملیاتی و افزایش احتمال برخورد با ناهمواری‌های عمق دریا

تأمین ضریب پیشروی مناسب، وابسته به شکل بدنه، شکل بالکها و در مجموع ضرائب هیدرودینامیکی بدنه است که نیازمند تحلیل عددی است (شکل ۴). باید توجه داشت که تغییر هوشمند و به موقع زاویه بالکها، متناسب با تغییر شیب بدنه و تغییرات جهت سیال روی بدنه، در مقدار پیشروی در هر غوص، بسیار موثر است.

فرض کنید ضریب پیشروی (PF) یک زیردریایی (PIS) برابر ۴ باشد و عمق غوص مجاز در هر سیکل نیز ۱۰۰ متر باشد و ذخیره هوای فشرده نیز برای ۲۰ سیکل غوص و صعود کفایت کند. حداکثر برد این زیردریایی برابر است با:

برد در هر سیکل = ۴ × ۰/۱ = ۰/۴ km

کل برد = ۲۰ × ۰/۴ = ۸ km

۴- حجم‌بندی و تعیین محل مخزن بالاست

تعیین محل مخزن بالاست باید به گونه‌ای باشد که به هنگام غوص، شیب سینه و به هنگام صعود، شیب پاشنه مناسب را تأمین کند (شکل ۵). بنابراین مخزن بالاست باید در قسمت جلوی بدنه نصب گردد و حجم آب داخل بالاست باید در حالت طراحی که زیردریایی بدون شیب و در مرز غوطه‌وری است، به صورت نیمه پر باشد.

در تعیین حجم مخزن بالاست نیز موارد زیر را باید مدنظر داشت:

هر چه حجم مخزن بالاست بزرگتر باشد، مقدار ذخیره هوای فشرده بیشتری برای دمیدن (تخلیه کردن) مخازن نیاز است. حجم مخزن بالاست در واقع برابر مقدار ذخیره بویانسی زیردریایی است.

هر چه حجم مخزن بالاست بزرگتر باشد، نیروی غوص و صعود (بویانسی منفی و مثبت) بیشتری قابل تأمین است و زیردریایی با شتاب بیشتری حرکت می‌کند. لذا سرعت پیشروی زیردریایی وابسته به حجم مخزن بالاست است. افزایش حجم مخزن بالاست (با در نظر داشتن ذخیره معین هوای فشرده)، باعث کاهش برد حرکت زیردریایی می‌شود، چرا که در واقع تعداد سیکل‌های غوص و صعود که می‌تواند انجام شود، کاهش می‌یابد. بنابراین حجم مخزن بالاست اثر منحصر بفردی در قابلیتهای عملیاتی این زیردریایی دارد که در نمودار شکل ۶ قابل ملاحظه است.

۵- پیش‌بینی مشکلات طراحی و اپراتوری

با توجه به خصوصیات ویژه حرکت این زیردریایی، عوامل ویژه‌ای در طراحی و همچنین کاربری این زیردریایی وجود دارد که از جمله مهمترین آنها به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

۵-۱- سیستم کنترل دقیق زاویه بالکها

همانطور که بیان شد، زاویه بالکها نسبت به جهت جریان روی بدنه و بالکها و همچنین زاویه لبه متحرک بالک باید در یک سیستم کنترل مرکزی، طوری کنترل شود که از نیروی لیفت بالکها بتوان برای پیشرانش زیردریایی استفاده کرد. کاربری دستی و غیر هوشمند بالکها بسیار دشوار یا غیر ممکن است.

۵-۲- تخلیه و آبگیری سریع و به موقع مخزن بالاست

مطابق با سناریوی حرکت این زیردریایی، آبگیری و تخلیه مخزن بالاست باید بسیار به موقع و سریع انجام شود. عدم دقت در آن باعث مختل شدن حرکت غوص و صعود و در نتیجه کاهش سرعت پیشروی می‌گردد. تخلیه دیر هنگام مخزن بالاست، ممکن است باعث برخورد زیردریایی با کف دریا یا غوص‌کردن به «عمق انهدام» شود. لذا داشتن ضریب اطمینان بالا و حاشیه ایمنی کافی در هنگام غوص ضروری است.

۵-۳- خستگی سازه‌ای در اثر غوص و صعود متوالی

انجام غوص و صعودهای متوالی، مبنای حرکت این زیردریایی است که در هر سیکل تنش‌های سازه‌ای متناوب بر سازه اعمال می‌شود. این تنش‌های تناوبی باعث خستگی سازه و احتمال بروز شکست خستگی سازه می‌شود. لذا در حین طراحی مسئله خستگی سازه باید به دقت مورد توجه قرار گیرد. بررسی این اثر بخصوص در پنجره‌های

اکریلیک این زیردریایی (که برای امکان دید سرنشین فراهم می‌شود) از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردارمی‌باشد.

۶- اجزاء اصلی و توزیع وزنی PIS

اقلام وزنی عمده این زیردریایی در دو حالت دارای تراستر (شکل ۷) و بدون تراستر (شکل ۸) قابل بررسی است. تراسترها بر روی این زیردریایی برای مواقع اضطراری و انجام مانورهای خاص می‌تواند نصب شود که نیاز به ذخیره باطری‌های جداگانه‌ای برای کارکرد تراسترها دارد. بنابراین اقلام وزنی اصلی در دو حالت فوق عبارتست از؛

- بدنه فشار: این بدنه قابلیت تحمل فشار عمق را دارد و سرنشین در داخل آن قرار می‌گیرد.
- بدنه هیدرودینامیک: این بدنه شکل مناسب هیدرودینامیکی را فراهم می‌کند و قابلیت تحمل فشار عمق را ندارد.
- کپسولهای هوای فشرده: برای دمیدن مخزن بالاست
- باطری‌ها: برای کارکرد سیستم مخابراتی و ناوبری
- مکانیزمها: مکانیزمهای تحریک بالکهای بزرگ میانی و بالک و سکان پاشنه
- تأسیسات: تأسیسات تهویه مطبوع، دمش مخازن و تحریک مکانیزمها
- تجهیزات ناوبری و مخابراتی
- وزنه‌های سربی
- آب داخل مخازن بالاست (حالت نیمه‌پر)

در صورت نصب‌شدن تراسترها موارد زیر به اجزاء PIS اضافه می‌شود:

- تراسترها
- باطری‌های قدرت: برای تأمین قدرت تراسترها

۷- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

زیردریایی بی‌نیاز از سیستم رانش می‌تواند نسل جدیدی از زیردریایی‌های آینده باشد که با فناوری منحصربه‌فرد، می‌تواند کاربردهای متعددی از جمله کاربردهای نظامی داشته باشد. این زیردریایی دارای سطح نویز بسیار پائینی می‌باشد و می‌تواند نسل آینده زیردریایی‌های بسیار آرام باشد. عمده‌ترین معضلات طراحی و اپراتوری این زیردریایی در این مقاله بیان شد که نشان از فناوری محصربه‌فرد این زیردریایی دارد.

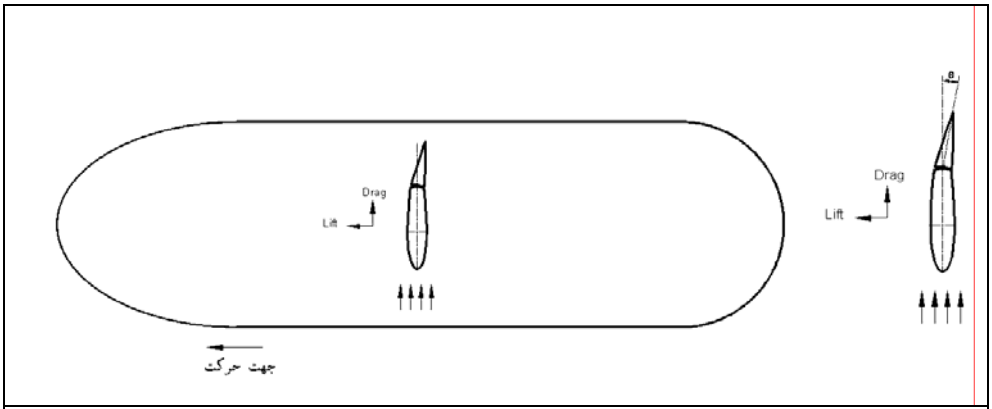
با توجه به سیستم‌های توضیح داده شده و اقلام وزنی بیان شده برای این زیردریایی، تناژ جابجایی این زیردریایی (در حالت بدون تراسترها و باطری‌های قدرت) در حدود ۳ تن می‌باشد که یک زیردریایی فوق سبک محسوب می‌شود که البته تناژ این زیردریایی وابستگی زیادی به برد مورد انتظار از این زیردریایی دارد.

قابل ذکر است که این زیردریایی مشابه خارجی ندارد و طرح و ایده آن از پژوهشکده زیرسطحی دانشگاه مالک اشتر می‌باشد.

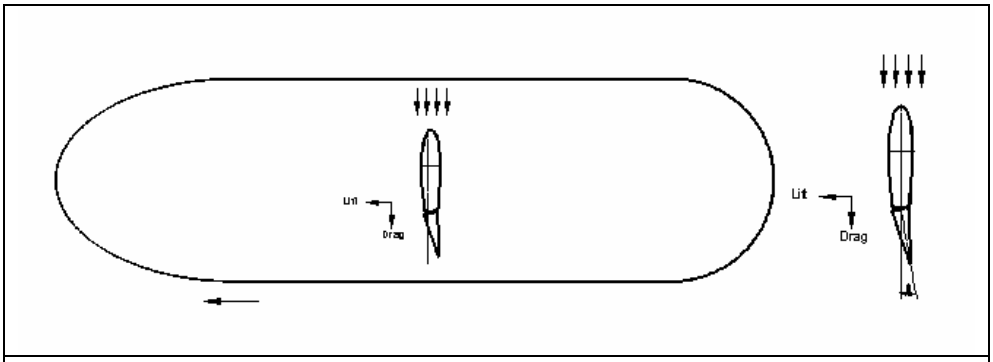
منبع:

- طراحی مفهومی پرنده زیر آبی، پژوهشکده زیرسطحی دانشگاه صنعتی مالک اشتر، آذر ۸۴

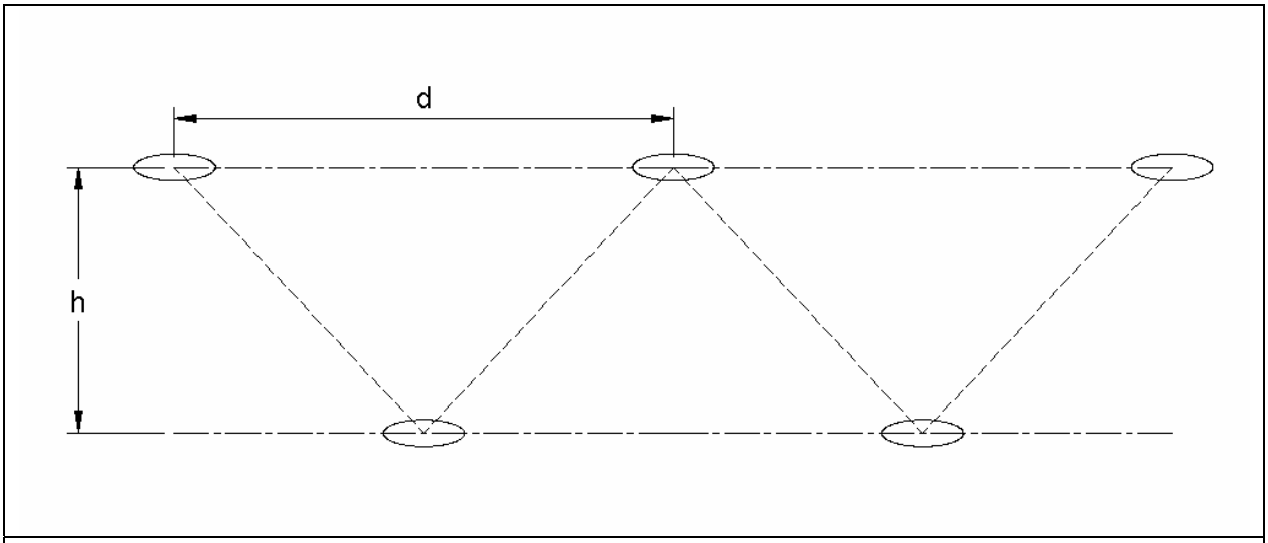
۸- شکلها



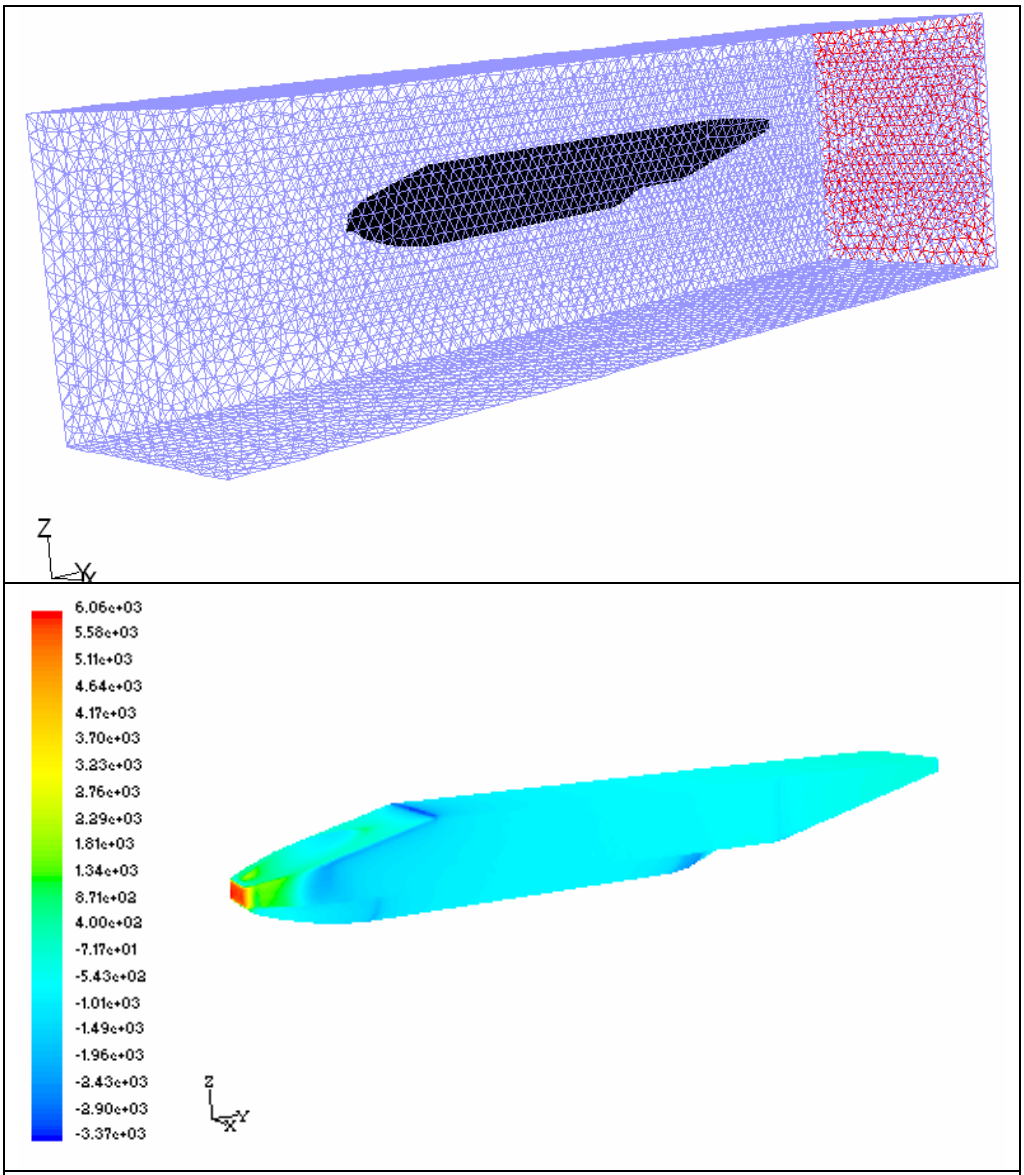
شکل ۱: جریان سیال روی بدنه و بالکها در حرکت غوص



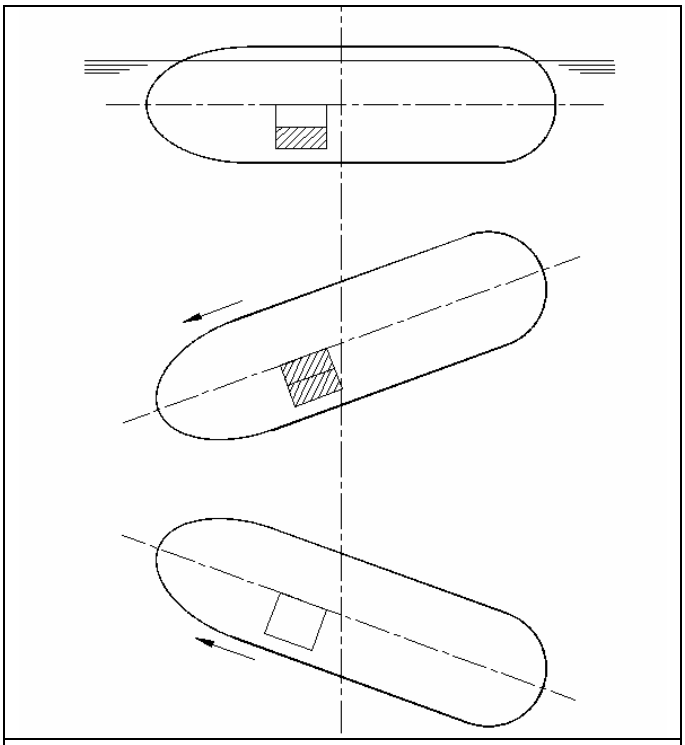
شکل ۲: جریان سیال روی بدنه و بالکها در حرکت صعود



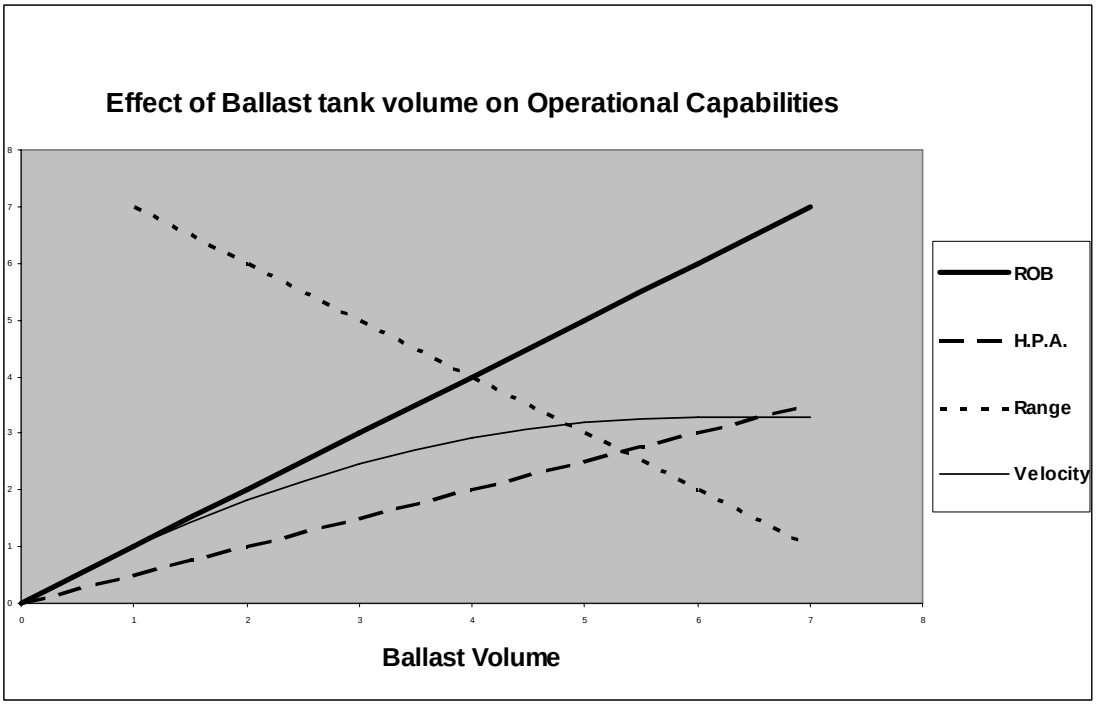
شکل ۳: سیستم حرکت غوص و صعود متوالی برای حرکت رو به جلو



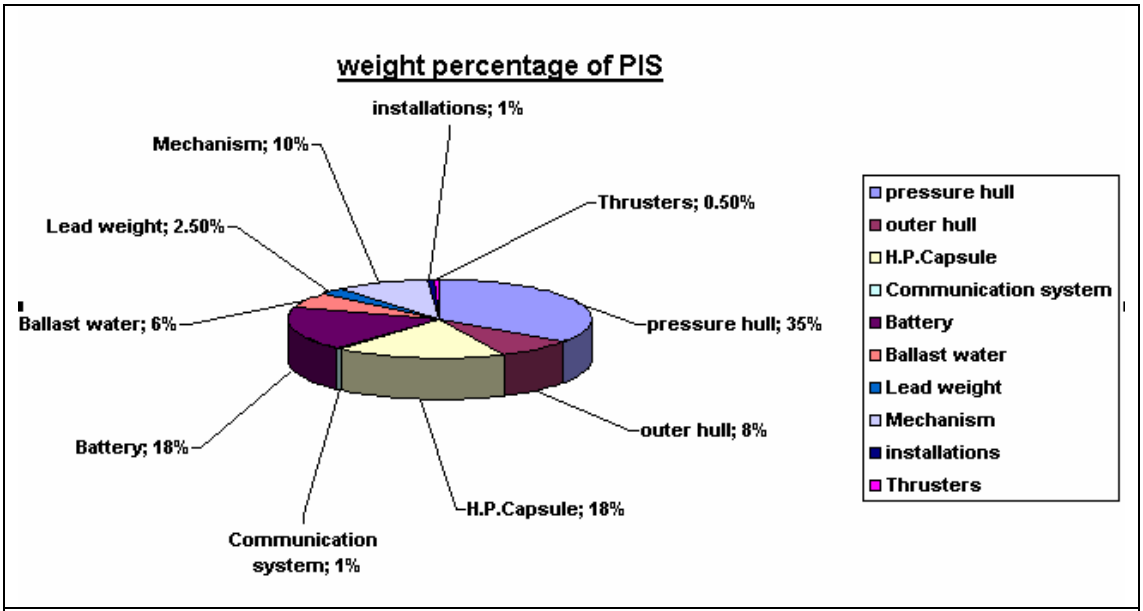
شکل ۴ : شبکه‌بندی اطراف فویل بدنه و کانتور ضریب توزیع فشار بر روی فویل کاذب PIS جهت انتخاب فویل مناسب بدنه



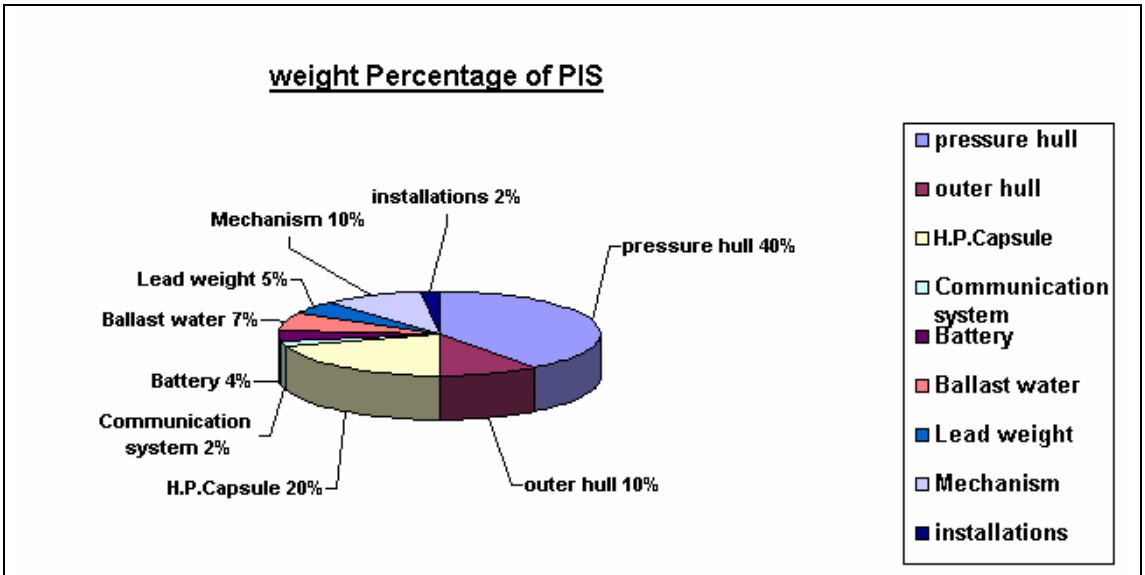
شکل ۵: موقعیت مخزن و مقدار آب داخل مخزن بالاست



شکل ۶: اثر حجم مخزن بالاست بر قابلیتهای عملیاتی PIS



شکل ۷: درصد اقلام وزنی PIS (دارای تراستر)



شکل ۸: درصد اقلام وزنی PIS (بدون تراستر)