

# بسم رب البحر المسجور

بنام خداوند دریای خروشان (فرازی از دعای عهد امام زمان)



بسمه تعالی



دانشکده مهندسی دریا

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی دریا-گرایش هیدرودینامیک و جلوبری

عنوان

ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متحرک‌های

زیرسطحی

توسط:

بهزاد مکفایی

استاد راهنما:

دکتر سید حسین موسوی زادگان



استاد مشاور:

آقای سهراب طهماسبی

مهرماه ۱۳۹۳



## سپاسگزاری

خداوند کریم فرمودند هر کس از بنده من حق سپاس و شکر را بجا نیاورد از من نیز نخواهد آورد، لذا بر خود واجب میدانیم از تمام کسانی که به هر نحو در انجام این رسالت و وظیفه مرا یاری کردند کمال تشکر را بجا آوردم. هر کس به نحوی و در جایگاهی.

سپاس میکنم خداوند را برای چنین نعماتی که در عرصه های مختلف مرا همدم بودند

سپاس میکنم مادر و پدرم را به این خاطر که در تمام مراحل زندگی با من همراه بودند و با غم‌هایم

غمگین شدند و با خوشحالیم خوشحال

سپاس میکنم بانوی مهربانم را که با محبت خود آرامشی جدید به من عطا کرد و با ثمره زیبای

محبت‌مان، دختر زیبایم حق را به من تمام کرد

سپاس میکنم حق اساتیدم را، تمام کسانی که بر حسب محبت، صداقت و چون شمعی بی ادعا

داشته‌های خود را به من عطا کردند تا قدری از نور معرفت و علمشان را درک کنم. سپاس از اساتیدی چون

دکتر سید حسین موسوی زادگان، مهندس احمد عسگری جزی.

مهرماه ۱۳۹۳-بهزاد مکفایی



تمام حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری-  
های حاصل از این تحقیق متعلق به دانشگاه صنعتی مالک اشتر است



## تأیید صحت، اصالت و رعایت امانت در پایان نامه / رساله

اینجانب بهزاد مکفایی دانشجوی رشته مهندسی دریا گرایش هیدرودینامیک و جلوبری مقطع کارشناسی ارشد به شماره دانشجویی ۹۰۷۴۳۵۰۳۴ صحت اصالت و رعایت امانت در پایان نامه را تایید و اعلام مینمایم کلیه نتایج این پایان نامه و نشریات مرتبط با آن حاصل از کار اینجانب و بدون هرگونه دخل و تصرف است و موارد نسخه برداری ده از آثار دیگران را با درج کامل مشخصات منابع ذکر کرده ام. علاوه بر این، هرگونه آثار مرتبط با این پایان نامه را با رعایت امانت منتشر نموده و یا خواهم کرد. بنابراین در تمامی آثار مرتبط حقوق مالکیت دانشگاه صنعتی مالک اشتر را رعایت مینمایم و هرگونه اثری را با هماهنگی و درج نام مبادی ذیصلاح دانشگاه منتشر خواهم کرد. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق و یا هرگونه تخلفی که صحت، اصالت و رعایت امانت در پایان نامه را مخدوش نماید، دانشگاه میتواند مطابق با ضوابط و مقررات حاکم با اینجانب رفتار کند.

مهرماه ۱۳۹۳

بهزاد مکفایی



## تقدیم اثر

تقدیم به مادر مهربان و پدر دلسوزم که ثمره زندگی خود را جز در موفقیت و شادکامی فرزندشان ندیدند.

تقدیم به همسرم، یار مهربانم

تقدیم به دختر زیبایم حوریا که شادی بخش زندگیم بود

تقدیم به جوانانی که شاید لیاقتشان بیش از این است اما تنها داشته من بود، آنان که تمام داشته

هایشان را دادند تا سرزمینم پابرجا باشد

تقدیم به استادم که با صبر دانه ای نابارور در ذهنم را پروراند تا حاصل دهد



## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده.....	۱۳
۱- مقدمه.....	۱۴
۱-۱- تشریح موضوع.....	۱۴
۲-۱- انگیزه و اهمیت بررسی موضوع.....	۱۸
۳-۱- کارهای انجام شده.....	۱۸
۴-۱- روش کار انجام شده در این پروژه.....	۲۱
۵-۱- ساختار پایان نامه.....	۲۲
۲- امکان سنجی و طراحی مفهومی زیردریایی.....	۲۵
۱-۲- متدولوژی امکان سنجی و طراحی مفهومی زیردریایی.....	۳۳
۲-۱-۱- روشها و متدهای اصلی در طراحی زیردریایی [۱۰].....	۳۸
۲-۱-۲- حلزون طراحی شناورها.....	۳۹
۲-۱-۳- تکنیک کاربرد مدل مبنایی [۱۰].....	۴۱
۲-۲- تیمهای مختلف درگیر در طراحی شناورهای بزرگ و زیردریایی [۱۰].....	۴۲
۳-۲- شکست فعالیت فازهای مختلف و مسئولیت گروه ها [۱۰].....	۴۳
۴-۲- تعاریف کاربردی در فرایند طراحی.....	۴۴



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

- ۴۴-۱-۴-۲- نیازمندی‌های عملیاتی..... ۴۴
- ۴۵-۲-۴-۲- خصوصیات و مشخصات تطبیبی در نیازمندی‌های عملیاتی..... ۴۵
- ۴۵-۳-۴-۲- تاثیر تغییر متغیرهای طراحی در طراحی مفهومی..... ۴۵
- ۴۶-۴-۴-۲- تهیه طرح فنی پیشنهادی و سند مشخصات طراحی زیردریایی..... ۴۶
- ۴۹-۱-۲- مطالعات نیاز سنجی..... ۴۹
- ۵۲-۲-۲- نیازمندیهای فنی زیردریایی مدلبکارگیری و تحلیل منطقه عملیاتی..... ۵۲
- ۵۲-۳-۲- تشریح تبدیل نیاز مشتری به زبان مهندسی..... ۵۲
- ۵۳-۴-۲- نحوه انجام طراحی مفهومی سیستم ها و زیردریایی..... ۵۳
- ۵۵-۱-۴-۲- امکان سنجی طراحی زیردریایی و امکان سنجی سیستمی..... ۵۵
- ۵۶-۲-۴-۲- طراحی سیستمهای مختلف زیردریایی و تعیین تابعیت هر کدام از آنها..... ۵۶
- ۵۸-۳-۴-۲- مطالعات اولیهی فناوریها و متغیرهای طراحی [۳]..... ۵۸
- ۶۷-۴-۴-۲- تحلیل‌های مدیریتی..... ۶۷
- ۶۹-۵-۴-۲- تحلیل نیازمندی ها و انتخاب کلاس زیردریایی..... ۶۹
- ۷۱-۵-۲- مدل و تعریف معیارهای طراحی زیردریایی..... ۷۱
- ۷۶-۳- طراحی مفهومی زیردریایی در حلقه اول..... ۷۶
- ۷۷-۱-۳- نمونه‌های از مشخصات فنی اولیه مورد نظر کارفرما از محصول پروژه و ویژگی های محصول پروژه..... ۷۷
- ۷۸-۲-۳- تخمین وزنی گروه های مختلف زیردریایی و بسط متغیرها و ورودی های طراحی بر اساس معیار مهندسی وزنی..... ۷۸
- ۸۷-۳-۳- تعاریف اولیه از تناژ زیردریایی..... ۸۷



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

- ۴-۳- معیارهای طراحی و انتخاب سیستم سلاح مناسب ..... ۹۱
- ۳-۴-۱- حجم کامپارتمان اژدر [۱۰] ..... ۹۳
- ۳-۴-۲- وزن سیستم سلاح [۱۰] ..... ۹۵
- ۳-۵- تخمین اولیه از تناژ زیردریایی با استفاده از تخمین های حجم و وزن سیستم سلاح ..... ۹۵
- ۳-۶-۱- انتخاب فرم بدنه و لایوتهای پیشنهادی زیردریایی ..... ۱۰۱
- ۳-۶-۲- ابعاد استاندارد زیردریایی ..... ۱۰۲
- ۳-۶-۳- پروفیل بدنه جکسون و محاسبات مربوط به آن [۹] ..... ۱۰۳
- ۳-۶-۳- نسبتهای بهینه در زیردریاییها ..... ۱۰۶
- ۳-۷-۱- محاسبه، مقاومت، توان رانشی ..... ۱۰۹
- ۳-۷-۱- فرم زیردریایی و مقاومت با در نظر داشتن فرم بدنه جکسون ..... ۱۱۲
- ۳-۷-۲- فرم زیردریایی و مقاومت با در نظر داشتن فرم بدنه استاندارد و مشخص ..... ۱۱۴
- ۳-۷-۳- محاسبه توان هتل لود زیردریایی ..... ۱۱۸
- ۳-۷-۴- برآورد توان جلوبری برای سرعت اسنورکلی در مد حرکت سطحی ..... ۱۱۹
- ۳-۸-۱- برآورد تراست مورد نیاز و مشخصات کلی از پروانه زیردریایی ..... ۱۲۲
- ۳-۸-۱- دور مورد نیاز پروانه و موتور ..... ۱۲۴
- ۳-۸-۲- نسبت قطر پروانه به قطر زیردریایی و تعداد پره های آن ..... ۱۲۵
- ۳-۸-۳- ضرایب ویک و تراست ..... ۱۲۵
- ۳-۸-۴- ضریب پیشروی، تراست، گشتاور پروانه و طراحی اولیه از پروانه زیردریایی ..... ۱۲۶
- ۳-۹- معیارهای انتخاب و وزن و حجم گروههای تجهیزات مکانیکی و سیستمهای تولید و انتقال قدرت ..... ۱۳۲
- ۳-۹-۱- تخمین وزن سیستم رانش زیردریایی ..... ۱۳۲



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

- ۳-۱۰- برآورد برد قابل پیمایش زیردریایی با تخمین اولیه از تعداد باطری ها ..... ۱۳۴
- ۳-۱۱- برآورد برد زیردریایی در حالت اسنورکلی ..... ۱۳۶
- ۴- محاسبات و تحلیل نتایج ..... ۱۳۸
- ۴-۱- تخمین وزنی و ابعادی بر اساس تخمین اولیه از بار قابل حمل زیردریایی ..... ۱۳۸
- ۴-۲- محاسبه توان رانشی زیردریایی در مد حرکت زیرسطحی و اسنورکلی ..... ۱۴۷
- ۴-۳- محاسبه حدود حداقل و حداکثر فضا برای اختصاص به سیستم رانش، باطری و سوخت زیردریایی و محاسبات برد قابل پیمایش مدلهای ..... ۱۶۶
- ۴-۴- محاسبه مشخصات موتور قابل تامین برای زیردریایی و بررسی تبعات استفاده از انتخابهای مختلف ..... ۱۷۱
- ۴-۵- بررسی پارامترهای طراحی پروانه ..... ۱۸۳
- ۴-۵-۱- مشخصات پروانه با تجهیز زیردریایی به موتور *DC* ..... ۱۸۳
- ۴-۵-۲- مشخصات پروانه با تجهیز زیردریایی به موتور *BLDC* ..... ۱۹۲
- ۴-۶- جمع بندی و نتیجه گیری ..... ۲۰۲
- ۵- مراجع ..... ۲۱۶



## فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: فرایند مطالعات مفهومی و بسط تکنولوژیکی در طراحی شناورها [۱۲].....	۱۷
شکل ۱-۲: مسیرهای طراحی و امکان سنجی بر اساس استاندارد DOD [۱۲].....	۲۹
شکل ۲-۲: یک مثال از فلوچارت تعریف نیازمندی های طراحی [۱۲].....	۳۰
شکل ۳-۲: فلوچارت فعالیت های امکان سنجی [۱۲].....	۳۱
شکل ۴-۲: یک مثال از فلوچارت طراحی مفهومی [۱۲].....	۳۲
شکل ۵-۲: مسیرهای امکان سنجی و طراحی زیردریایی از شروع تا مرحله ی ساخت [۱۲].....	۳۵
شکل ۶-۲: حلزون طراحی شناور زیرسطحی.....	۴۱
شکل ۷-۲: سرفصل مطالب در مبحث تحلیل نیازسنجی.....	۵۱
شکل ۸-۲: دسته بندی نیازمندی های کارفرما از محصول مورد نظر.....	۵۲
شکل ۹-۲: خروجی های تحلیل های نیازمندی فنی متناسب با هر دسته بندی از خواسته کارفرما.....	۵۳
شکل ۱۰-۲: تخمین و پیش بینی وزنی در هر مرحله طراحی [۹].....	۵۸
شکل ۱۱-۲: تعادل وزن و حجم [۹].....	۶۷
شکل ۱۲-۲: مدل ریاضی طراحی زیردریایی [۱۰].....	۷۳
شکل ۱۳-۲: نمودار نحوه رایج انجام کار در مرحله طرح فنی پیشنهادی [۱۰].....	۷۴
شکل ۱-۳: درصدهایی از شاخص وزنی [۱۱].....	۸۱
شکل ۲-۳: یک نمایش گرافیکی از روند فوق [۹].....	۸۳
شکل ۳-۳: فلوچارت طراحی امکان سنجی با استفاده از پارامترهای طراحی سیستم سلاح.....	۹۹
شکل ۴-۳: فلوچارت فعالیت های امکان سنجی [۱۲].....	۱۰۰



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

- شکل ۳-۵: فرم استاندارد زیردریایی [۱۴]..... ۱۰۲
- شکل ۳-۶: هندسه زیردریایی بر اساس پروفیل جکسون [۹]..... ۱۰۴
- شکل ۳-۷: اثر تغییر فاکتور شکل در حالت قطر ثابت [۹]..... ۱۰۵
- شکل ۳-۸: اثر تغییر فاکتور شکل در حالت طول ثابت [۹]..... ۱۰۵
- شکل ۳-۹: توزیع مقاومت در سیستم جلویی..... ۱۱۰
- شکل ۳-۱۰: مقاومت در حالت های سطحی و زیرسطحی..... ۱۱۱
- شکل ۳-۱۱: اجزاء تشکیل دهنده مقاومت زیردریایی..... ۱۱۱
- شکل ۳-۱۲: ضریب مقاومت موج بعنوان تابعی از عدد فرود و نسبت غوطه‌وری..... ۱۱۹
- شکل ۳-۱۳: ضریب مقاومت موج در شرایط اسنورکلی و پارامتر  $h/L=0.05$ ..... ۱۲۱
- شکل ۳-۱۴: ضریب مقاومت موج در شرایط اسنورکلی و پارامتر  $h/L=0.01$ ..... ۱۲۲
- شکل ۴-۱: تعریف فضای امکان پذیر از مدلسازی زیردریایی در قطر ۶,۲ متری متناسب با نسبت های مختلف طول به قطر..... ۱۴۳
- شکل ۴-۲: نمایش فضای امکان پذیر در مدلسازی زیردریایی با قطر ۶,۲ متر در قسمت هاشور خورده..... ۱۴۳
- شکل ۴-۳: تعریف فضای امکان پذیر از مدلسازی زیردریایی در قطر ۶,۷ متری متناسب با نسبت های مختلف طول به قطر..... ۱۴۴
- شکل ۴-۴: نمایش فضای امکان پذیر در مدلسازی زیردریایی با قطر ۶,۷ متر در قسمت هاشور خورده..... ۱۴۴
- شکل ۴-۵: تعریف فضای امکان پذیر از مدلسازی زیردریایی در قطر ۷,۲ متری متناسب با نسبت های مختلف طول به قطر..... ۱۴۵
- شکل ۴-۶: نمایش فضای امکان پذیر در مدلسازی زیردریایی با قطر ۶,۷ متر در قسمت هاشور خورده..... ۱۴۵



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

- ۱۴۵.....
- شکل ۴-۷: تعریف فضای امکان پذیر از مدلسازی زیردریایی در قطر ۷,۷ متری متناسب با نسبت های مختلف طول به قطر ..... ۱۴۶
- شکل ۴-۸: نمایش فضای امکان پذیر در مدلسازی زیردریایی با قطر ۶,۷ متر در قسمت هاشور خورده ..... ۱۴۶
- شکل ۴-۹: محاسبه سطح خیس شده مدل های امکان پذیر بر حسب نسبت  $L/D$  در قطرهای مختلف ..... ۱۴۹
- شکل ۴-۱۰: محاسبه مقاومت رانشی در حالت سطحی و زیرسطحی برای  $L/D$  های مختلف در قطر ۶,۲ متر ..... ۱۶۴
- شکل ۴-۱۱: برد حالت اسنورکلی برای مدل های مختلف امکان پذیر متناسب با نسبت  $L/D$  و در سرعت های مختلف ..... ۱۶۴
- شکل ۴-۱۲: نسبت توان به تناژ برای مدل های مختلف امکان پذیر در قطرهای مختلف ..... ۱۶۵
- شکل ۴-۱۳: مقایسه پیچیدگی ساخت محرکه های مختلف ..... ۲۰۲
- شکل ۴-۱۴: حلزون طراحی یک شناور ..... ۲۰۴
- شکل ۴-۱۵: تغییرات تناژ بر حسب تغییرات در نسبت طول به قطر ۸ الی ۱۱ برای طول های مختلف امکان پذیر و قطر های مختلف امکان پذیر ..... ۲۱۲
- شکل ۴-۱۶: نسبت توان موثر مدلهای به تناژ سطحی برای سطعتهای مختلف حالت سطحی در یک قطر ..... ۲۱۴
- شکل ۴-۱۷: تغییر در برد اسنورکلی متناسب با تغییر در نسبت های ابعادی و قطر زیردریایی ..... ۲۱۵



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



## فهرست جدول ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۲: تابعیت حجمی و وزنی سیستم های مختلف زیردریایی [۲].....	۵۶
جدول ۲-۲: دسته بندی حجمی زیردریایهای دیزالکتريک [۱۳].....	۶۴
جدول ۳-۲: گروه بندی وزنی در زیردریایی .....	۶۵
جدول ۱-۳: نیازمندی های فنی و عملیاتی یک زیردریایی فرضی .....	۷۷
جدول ۲-۳: شاخص تخمین و بلوغ مهندسی وزنی متناسب با ريسک پروژه [۱۱].....	۸۰
جدول ۳-۳: خلاصه وزن زیردریایها، برحسب درصد وزنهای گروه ۱-A [۹].....	۸۵
جدول ۴-۳: خلاصه وزن زیردریایهای موشکی برحسب درصد وزنهای گروه ۱-A [۹].....	۸۶
جدول ۵-۳: گروه های مولفه بار زیردریایی [۱۰].....	۸۸
جدول ۶-۳: مقادیر نسبی و درصد تناژ حاصل از حجم ها در زیردریایی های مختلف [۱۰].....	۹۱
جدول ۷-۳: مولفه های رابطه تعیین وزن سیستم سلاح .....	۹۵
جدول ۸-۳: جدول نمونه از معرفی پارامترهای جدول مجموعه جوابها.....	۹۹
جدول ۹-۳: نسبت های بهینه ابعادی در زیردریایها [۷].....	۱۰۶
جدول ۱۰-۳: فاصله بهینه سطوح کنترل تا دماغه زیردریایی بر حسب ضریب طول زیردریایی.....	۱۰۸
جدول ۱۱-۳: نسبت های ابعادی در زیردریایی های کلاس مختلف U209.....	۱۰۸
جدول ۱۲-۳: ضریب آدمیرالتی $C_i$ .....	۱۳۳
جدول ۱۳-۳: تقسیم بندی وزن قسمت رانش و تولید قدرت ( $W_{pp}$ ) برای یک زیردریایی دیزل - الکتريک.....	۱۳۳
جدول ۱۴-۳: مشخصات ظرفیت دشارژ با توان ثابت برای یک نمونه باتری.....	۱۳۴



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

- جدول ۱-۴: ورودی های حل مسئله و مدل سازی زیردریایی و نتایج اولیه از امکان سنجی سیستم سلاح  
..... ۱۳۸
- جدول ۲-۴: مدل های مختلف امکان پذیر زیردریایی با ابعاد مختلف و تناژهای حداقل و حداکثر در ابعاد  
مختلف ..... ۱۴۰
- جدول ۳-۴: سطح خیش شده مدل های مختلف امکان پذیر ..... ۱۴۸
- جدول ۴-۴: ضرایب مقاومت در حالت زیرسطحی برای قطر ۶,۲۱ ..... ۱۵۰
- جدول ۵-۴: ضرایب مقاومت در حالت زیرسطحی برای قطر ۶,۷۱ ..... ۱۵۱
- جدول ۶-۴: ضرایب مقاومت در حالت زیرسطحی برای قطر ۷,۲۱ ..... ۱۵۲
- جدول ۷-۴: توان مورد نیاز رانشی بر اساس مشخصات ابعادی برای قطر ۶,۲۱ ..... ۱۵۳
- جدول ۸-۴: توان مورد نیاز رانشی بر اساس مشخصات ابعادی برای قطر ۶,۷۱ ..... ۱۵۵
- جدول ۹-۴: توان مورد نیاز رانشی بر اساس مشخصات ابعادی برای قطر ۷,۲۱ ..... ۱۵۷
- جدول ۱۰-۴: محاسبه توان هتل لود و نیز انرژی کل مورد نیاز در مدل های مختلف زیردریایی در حالت  
سرعت اقتصادی زیرسطحی ..... ۱۵۹
- جدول ۱۱-۴: محاسبه ضریب مقاومت موج و توان مورد نیاز رانش در حالت اسنورکلی با قطر ۶,۲۱ ... ۱۶۰
- جدول ۱۲-۴: محاسبه ضریب مقاومت موج و توان مورد نیاز رانش در حالت اسنورکلی با قطر ۶,۷۱ ... ۱۶۱
- جدول ۱۳-۴: محاسبه ضریب مقاومت موج و توان مورد نیاز رانش در حالت اسنورکلی با قطر ۷,۲۱ ... ۱۶۲
- جدول ۱۴-۴: محاسبه حجم سوخت، تعداد باطری و وزن قابل تامین موتور ، انرژی قابل تامین در حالت  
زیرسطحی و درصد پوشش برد در بازه قابل تامین مدل های مختلف با استفاده از روابط ادمیرالتی در قطر  
۶,۲۱ ..... ۱۶۷
- جدول ۱۵-۴: محاسبه حجم سوخت، تعداد باطری و وزن قابل تامین موتور ، انرژی قابل تامین در حالت  
زیرسطحی و درصد پوشش برد در بازه قابل تامین مدل های مختلف با استفاده از روابط ادمیرالتی در قطر



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۶,۷۱.....	۱۶۸.....
جدول ۱۶-۴: محاسبه حجم سوخت، تعداد باطری و وزن قابل تامین موتور ، انرژی قابل تامین در حالت زیرسطحی و درصد پوشش برد در بازه قابل تامین مدل های مختلف با استفاده از روابط ادمیرالتی در قطر	
۷,۲۱.....	۱۶۹.....
جدول ۱۷-۴: حداقل برد قابل دسترس زیردریایی های مدل های مختلف امکان پذیر در سرعت های ۸ تا ۱۴	
۱۴ نات به مایل دریایی.....	۱۷۰.....
جدول ۱۸-۴: مشخصات موتورهای پیش فرض برای مدلسازی موتورهای مختلف.....	۱۷۱.....
جدول ۱۹-۴: وزن موتور قابل تامین برای مدل های مختلف، توان مورد نیاز رانشی بر اساس فرم بدنه، توان قابل تامین سیستم رانش (به ترتیب از چپ به راست برای هر قطر مشخص).....	۱۷۳.....
جدول ۲۰-۴: حجم موتور مورد نیاز رانشی در قطر ۶,۲ متر با دوره های ۱۵۰ تا ۵۵۰ دور بر دقیقه برای موتور DC.....	۱۷۵.....
جدول ۲۱-۴: حجم موتور رانشی قابل تامین مدلها در قطر ۶,۲ متر با دوره های ۱۵۰ تا ۵۵۰ دور بر دقیقه برای موتور DC.....	۱۷۶.....
جدول ۲۲-۴: مشخصات ابعادی مختلف موتور مدلسازی شده و امکان پذیر برای مدل زیردریایی با قطر ۶,۲ متر.....	۱۷۷.....
جدول ۲۳-۴: حجم موتور مورد نیاز رانشی در قطر ۶,۲ متر با دوره های ۱۵۰ تا ۵۵۰ دور بر دقیقه برای موتور BLDC.....	۱۷۹.....
جدول ۲۴-۴: حجم موتور رانشی قابل تامین مدلها در قطر ۶,۲ متر با دوره های ۱۵۰ تا ۵۵۰ دور بر دقیقه برای موتور BLDC.....	۱۸۰.....
جدول ۲۵-۴: مشخصات ابعادی مختلف موتور مدلسازی شده BLDC و امکان پذیر برای مدل زیردریایی با قطر ۶,۲ متر.....	۱۸۱.....



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۲۶: فرضیات اولیه و ورودی های مسئله طراحی پروانه مدلهای زیر دریایی با قطر ۶,۲ متر و مجهز به موتور DC.....	۱۸۳
جدول ۴-۲۷: برآورد فاکتور ویک و تراست از روابط فرم بدنه و راندمان بدنه .....	۱۸۴
جدول ۴-۲۸: ضریب پیشروی پروانه با استفاده از اطلاعات ضریب ویک و تراست و برآورد اولیه از راندمان هیدرودینامیکی .....	۱۸۴
جدول ۴-۲۹: بررسی و مقایسه بازه توان موتور حاصل از راندمان و توان مورد نیاز با توان موتور قابل تامین ناشی از تحلیل های حجمی برای مدلهای مختلف زیردریایی با قطر ۶,۲ متر .....	۱۸۶
جدول ۴-۳۰: استخراج ضریب تراست و تراست پروانه و مقایسه با تراست مورد نیاز رانشی .....	۱۸۸
جدول ۴-۳۱: محاسبه گشتاور پروانه .....	۱۹۱
جدول ۴-۳۲: محاسبه توان موتور با لحاظ کردن راندمان هیدرودینامیکی و صرف نظر از راندمان شافت .....	۱۹۱
جدول ۴-۳۳: محاسبه ضریب پیشروی پروانه و راندمان هیدرودینامیک اولیه برای مدلهای مجهز به موتور BLDC.....	۱۹۳
جدول ۴-۳۴: بررسی و مقایسه بازه توان موتور حاصل از راندمان و توان مورد نیاز با توان موتور قابل تامین ناشی از تحلیل های حجمی برای مدلهای مختلف زیردریایی با قطر ۶,۲ متر مجهز به موتور BLDC.....	۱۹۳
جدول ۴-۳۵: استخراج ضریب تراست و تراست پروانه و مقایسه با تراست مورد نیاز رانشی .....	۱۹۵
جدول ۴-۳۶: محاسبه گشتاور پروانه .....	۱۹۹
جدول ۴-۳۷: محاسبه گشتاور موتور با لحاظ کردن راندمان هیدرودینامیکی و صرف نظر از راندمان شافت .....	۲۰۱
جدول ۴-۳۸: مشخصات کلی .....	۲۰۶



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۳۹: مشخصات فنی زیردریایی نوع 209/1300 ..... ۲۰۶

جدول ۴-۴۰: مثالی از عدم تغییر حجم موتور برای مدل‌های مختلف در قطر ثابت زیردریایی ..... ۲۱۰



### چکیده

طراحی زیردریایی به لحاظ ساختار و شاکله‌ی کلی آن طراحی مبتنی بر سعی و خطا بوده که در حلقه‌های طراحی مشخصی، ویژگی‌های محصول استخراج می‌شوند و سیستم‌ها و کارائی آنها تعیین می‌گردد. امروزه روش صحیح طراحی را طراحی یکپارچه می‌شناسند به نوعی که با در نظر گرفتن قیود، پارامترها و متغیرهای طراحی بر آورده کننده تمام حالات محصول مورد نیاز باشد، مفهومی یکپارچگی در فرایند طراحی تضمین کننده ارتباطات منطقی بین تمام اجزاء و ساختارهای محصول است. یکی از مهم ترین گامهای طراحی یکپارچه، مدل سازی ترکیبی شناورها است که هدف اصلی این پروژه میباشد، به این معنا که با در نظر گرفتن یک بازه از پارامترهای و متغیرهای طراحی به مدل سازی شناور زیرسطحی پرداخته میشود. یک مدل برای طراحی شناورهای زیرسطحی با ابزار مهندسی وزنی و مشخصات هیدرودینامیکی توسعه داده شده است. در این مدل تولید مشخصات هندسی با منطق مهندسی وزنی و تعیین مشخصات عملیاتی با استفاده از پارامترهای هیدرودینامیکی انجام شده است. مدل توسعه داده شده و یا متدولوژی تدوین شده مسیری است که یک گروه طراحی به منظور طراحی یکپارچه‌ای از محصول باید بپیماید. در این مدل سازی به مشخصات هیدرواستاتیکی، مقاومت، رانش و پروانه بسنده شده و با تغییر نیازهای عملیاتی و ورودی‌های مسئله طراحی زیردریایی تغییرات این پارامترها را شناسایی خواهیم کرد. این عمل با برنامه نویسی کامپیوتری با استفاده از نرم افزارهای موجود انجام شده است. ورودی‌های عملیاتی و مشخصات بار قابل حمل به نحوی در این نرم افزارها مدل سازی شده است که تمام زیردریایی‌های امکان پذیر با ابعاد و تناژهای مختلف به همراه مشخصات هیدرودینامیکی آنها را معرفی میکند. به همین منظور لازم است که متدولوژی طراحی شناورهای زیرسطحی مبتنی بر روش طراحی یکپارچه توسعه داده شود. بخش اول پروژه حاصل تدوین متدولوژی طراحی و بخش دوم آن روش محاسبه و مدل سازی در لوپ اول طراحی زیردریایی توسعه داده شده است.

مدل طراحی زیردریایی به لحاظ ساختار و پیچیدگی فرایند آن بسیار سخت و پیچیده است و لذا به دانشجویان عزیز و محققان این حوزه پیشنهاد میشود قبل از ورود به بررسی مدل اراده شده مطالعاتی در خصوص ساختار زیردریایی ها و فرایندهای طراحی آن داشته باشید



## فصل اول

### مقدمه

#### ۱- مقدمه

##### ۱-۱- تشریح موضوع

امکان سنجی زیردریایی شامل نیازسنجی و طراحی مفهومی است. این مجموعه فعالیتها گامهای اصلی برای نیل به طراحی زیردریایی را بیان می‌دارند. امکان سنجی زیردریایی شامل مجموعه اقداماتی است که در آن نیاز بیان شده توسط کارفرما را به مشخصات سیستمها و زیردریایی های قابل تولید تبدیل می‌کند.

مجموعه‌ی این اقدامات و گام‌های طراحی شامل موارد زیر است:

أ. نیازسنجی

ب. مدل بکارگیری زیردریایی و تحلیل منطقه عملیاتی



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

ت. تحلیل نیازمندی‌های فنی زیردریایی<sup>۱</sup>

ث. بسط متدولوژی طراحی

ج. طراحی مفهومی زیردریایی و زیرسیستم‌ها

در تعیین مشخصات امکان پذیر از طراحی زیردریایی متناسب با نیاز کارفرما، لازم است علاوه بر تحلیل بر روی نیازمندی اعلام شده و بیان مهندسی آن مجموعه فعالیت‌هایی در قالب طراحی مفهومی انجام شوند تا بتوان مشخصاتی از زیردریایی را که پوشش دهنده خواسته‌های بیان شده است، استخراج نمود. نیازهای کارفرما در قالب ۴ محور بیان میشوند که شامل برد و مدت عملیاتی، عمق عملیاتی، نوع عملیات و تهدیداتی است که نیاز است زیردریایی در آن شرایط طراحی شود. در گام بعدی نیازهای بیان شده برای تبدیل به مشخصات محصولی لازم است پایش مهندسی شود تا الزامات و نیازمندی‌های کیفی بصورت بیانی از مشخصات سیستم‌ها، کمیتی از محصول و یا دیگر پارامترهای مهندسی استخراج گردند. این مجموعه فعالیت‌ها در قالب نیازمندی‌های فنی زیردریایی و مدل بکارگیری آن در گام جداگانه‌ای انجام می‌شود. پایش و بیان مهندسی برد و مدت عملیاتی اعلام شده از سوی کارفرما خروجی‌هایی مانند کلیاتی از نوع سیستم رانش مورد تقاضا و متناسب با پوشش نیاز اعلام شده، مواد مصرفی مورد نیاز و سرعت زیردریایی در حالت کروز را بیان می‌کند. به عنوان مثال و برای مشخص شدن ماهیت این نوع تحلیل‌ها و مطالعات، میتوان به تفاوت بین مدت و برد عملیاتی زیردریایی‌های مجهز به سیستم رانش هسته‌ای، دیزل الکتریک یا پیل سوختی و یا دیگر مدل‌های مختلف اشاره کرد. در بیان عمق عملیاتی اعلام شده از سوی کارفرما کلیاتی از مشخصات جنس بدنه، محدوده‌ی قطر و ابعاد اصلی با در نظر گرفتن محدوده‌ی بهینه ابعادی، ضخامت پوسته و شاکله‌ی کلی از سازه زیردریایی استخراج می‌شود. مهم‌ترین قسمت در این فاز از طراحی تحلیل و مطالعه بر روی نوع عملیات زیردریایی است که بیان کننده‌ی فضا و

---

<sup>۱</sup> Technical Requirement



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

حجم مورد نیاز از تسلیحات قابل حمل زیردریایی، تعداد پرسنل، نیروهای ویژه و سطح اتوماسیون مورد نیاز از زیردریایی و تعیین کلیاتی از شکل بدنه، کامپارتمان بندی، و رزرو شناوری است که در مراحل آتی و مخصوصاً در تعیین مشخصات زیردریایی مبنایی بسیار کاربردی است. این بخش از مطالعات، نیازمند مطالعه‌ی دقیق بر روی رفتار شناور در حوزه‌ی تعادل و هیدرودینامیک و هیدرواستاتیک است، تعیین متدولوژی مطالعات حوزه‌ی هیدرودینامیک و هیدرواستاتیک به عنوان ابزاری برای تحقق خواسته‌ها و نیازهای محصول امری بسیار حائز اهمیت بوده است که عمدتاً به دلیل استفاده از مدل‌های مبنایی<sup>۱</sup> کمتر مورد توجه قرار می‌گرفته است حال آنکه به دلیل اینکه دانشی یکپارچه ساز محسوب می‌شود بسیار دارای اهمیت بوده و از جایگاه خاصی برخوردار است. مطالعه و تحلیل نیازمندی‌های فنی و مدل بکارگیری زیردریایی به مطالعه و تحلیل شرایطی که زیردریایی باید در آن محیط عملیات کند می‌پردازد. خروجی‌های این بخش میتواند به عنوان پارامتر صحت سنجی طراحی مدل‌های مختلف امکان پذیر باشد. خروجی‌هایی چون سرعت‌های حداکثری و تحلیل منطقه عملیاتی بیانی دیگر از مشخصات مورد نیاز از محصول است که قبل‌تر مشخصات کلی از آنها استخراج شده بود. اهمیت بیان و تعیین متدولوژی استاندارد از طراحی زیردریایی تا پایان مطالعات امکان‌سنجی زیردریایی از جایگاه خاصی برخوردار است، این موضوع به این جهت است که ارتباط و ترتیب و توالی در گام‌های مختلف از هر فاز طراحی آنچنان اهمیت دارد که می‌تواند در صورت عدم رعایت این موضوع طراحی را واگرا کرده و هزینه‌ها و زمان تیم طراحی را هدر دهد. جایگاه مدل سازی ترکیبی در ساختار طراحی یکپارچه در شکل زیر نشان داده شده است. در شکل ۱-۱: فرایند مطالعات مفهومی و بسط تکنولوژیکی در طراحی شناورها نشان داده شده است. هدف از ارائه این شکل محل بحث پروژه حاضر در فرایند طراحی یکپارچه است. هدف ما علاوه بر معرفی متدولوژی تحقیق و مطالعه در فرایند اکتساب محصول، مدل سازی ترکیبی شناورهای

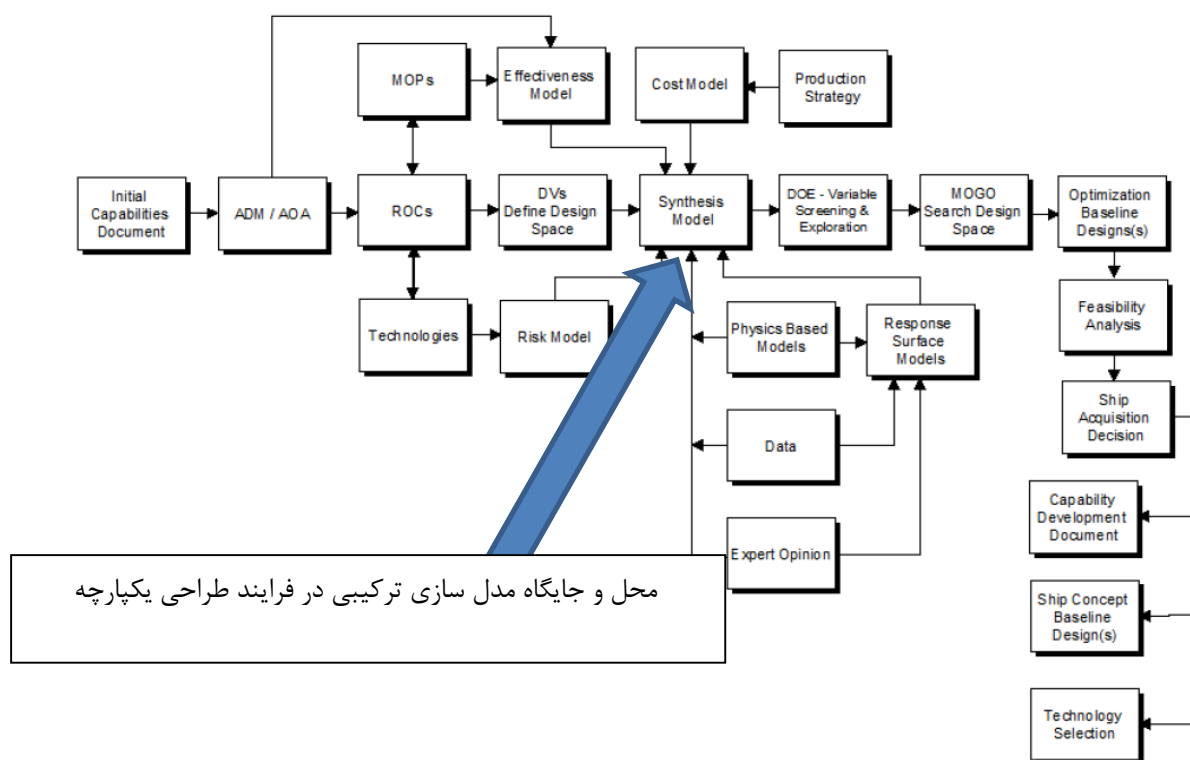
---

<sup>۱</sup> Sister Ship



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

زیرسطحی با استفاده از پارامترهای هیدرودینامیکی است که در گراف شکل زیر به عنوان مدل ترکیبی<sup>۱</sup> شناخته میشود. در این شکل به اجمال نشان داده شده است که فرایند یکپارچه طراحی در شناورها با در نظر گرفتن نیازهای اولیه، بسط تکنولوژیکی، ریسک طراحی و تامین، اثربخشی استفاده از سیستمها و سامانه ها و غیره است که البته تمام این مباحث در مدل سازی ترکیبی شناورها به محصول تبدیل میشود. میتوان به نوعی گفت که اهمیت مدل سازی ترکیبی شناورها به حدی بالاست که تمام معیارهای ارزش گذاری محصول را به خود معطوف میکند.



شکل ۱-۱: فرایند مطالعات مفهومی و بسط تکنولوژیکی در طراحی شناورها/۱۲/

<sup>۱</sup> Synthesis Model



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

### ۱-۲- انگیزه و اهمیت بررسی موضوع

طراحی و ساخت هر محصولی نیازمند به دو بعد مختلف از توانمندی و طراحی است که بر اساس آن شالوده و اساس طراحی را تعریف میکنند. به نوعی میتوان گفت که این توانمندیها در قالب یک پلتفرم از محصول خود را نشان می‌دهند. در صورتی که محصول مورد نظر دارای پیچیدگی بالا و سطح تکنولوژی خاصی باشد، این توانمندیها بیشتر خود را نشان خواهند داد. این دو دسته شامل توانمندیها در طراحی زیرسیستمهای محصول و توانمندیها در مدیریت و طراحی یکپارچه و مهندسی سیستم است. استاندارد ایزو ۱۵۲۸۸ مرتبط با این مبحث است. در این استاندارد اشاره دارد که طراحی محصولات پیچیده با منطق مهندسی سیستم محصول محور انجام خواهد شد. گرچه روش طراحی در این استاندارد ارائه نشده است اما بنابر منابع و مراجع در دسترس، نیازمندیهای مورد نظر این استاندارد برای طراحی شناورهای زیرسطحی با استفاده از روش حل ترکیبی انجام خواهد شد که موضوع روز طراحی محسوب میشود.

کشور ما با دارا بودن نیروی توانمند و طراحان با ابتکار و با ذوق فراوان در زمینه طراحی سیستمها و زیرسیستمها نسبتا غنی است اما مشکل در مدیریت این توانمندیها و یکپارچه‌سازی هاست. مدیریت و مهندسی سیستم مبتنی بر روش محصول محور میتواند تمام توانمندیهای ارائه شده در طراحی زیرسیستمهای اصلی را به محصول با قابلیت اطمینان بالا و ریسک پایین و نیز منطبق با نیاز اولیه کارفرما تبدیل کند. کمبود دانش فنی در این حوزه و نیز توجه زیاد دانشگاهها و صنایع دنیا در این حوزه انگیزه اصلی انجام این مطالعات بوده است که در سطوح پایین تر خود را در طراحی بر اساس منطق انتخاب پارامترهای چندمتغیره و حساسیت سنجیهای طراحی و نهایتا بهینه سازیها نشان خواهد داد.

### ۱-۳- کارهای انجام شده

مطالعه‌ی ارشیتکتوری و کلاس زیردریایی‌های دیزل‌الکتریک نشان داده است که اختلاف بین



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

کلاس‌های مختلف ناشی از نیازهای مختلف و ماموریت‌های مختلف تعریف شده‌ی متناسب با همان کلاس است.

دسته‌بندی‌ها و امتیازدهی‌ها به ورژنهای مختلف طراحی یک زیردریایی در مراحل ابتدایی آن بر اساس سه مولفه‌ی هزینه، ریسک و قابلیت اطمینان آن خواهد بود. قابلیت اطمینان یک پارامتر مهم و اثر گذار در حوزه‌ی وظیفه و تعریف قابلیت دسترسی و رسیدن حداکثری به وظیفه است. این موضوع اهمیت تحلیل محیط عملیاتی و نوع ماموریت مورد انتظار را مشخص می‌کند. در تحلیل و بیان فازها و پروسه‌های طراحی در مراحل ابتدایی (طراحی اکتشافی و نیازسنجی) تحلیل ماموریت، منطقه عملیاتی و پارامترهای مانوری یکی از سه گام اصلی انجام مطالعات است. شاخص‌های طراحی میتوانند با هم متفاوت باشند، اما سه عامل در همه طراحی‌ها باید در نظر گرفته شوند و آن سه عامل تولید و طراحی بر اساس نیازهای مشتری و کارفرما، طراحی بر اساس فناوری‌های در دسترس و هزینه است. همانطور که از منابع طراحی زیردریایی برمی‌آید، در مراحل ابتدایی، طراحی مفهومی زیردریایی و نیز امکان‌سنجی و استخراج کلاس آن، متناسب با نیازسنجی محصولی انجام میشود. تحلیل این موضوع در بهینه سازی های هیدرودینامیکی متناسب با منطقه و نوع عملیات‌های تاکتیکی زیردریایی انجام خواهد شد. در کشورهای توسعه یافته و یا کشورهایی که سابقه‌ی طراحی زیردریایی را بصورت وسیع و گسترده‌ای دارند این موضوع بصورت آماری و با استفاده از تجارب قبلی صورت می‌پذیرد اما در همان کشورها نیز به منظور طراحی زیردریایی‌های جدید، تحلیل‌ها و طراحی‌ها بر اساس مدل‌های ترکیبی و تحلیلی سیستمی صورت می‌پذیرد. برای تاکید بر اهمیت این موضوع به معرفی برخی از مراجع مرتبط که در زیر به آنها اشاره شده است خواهیم پرداخت:

جان استنارد<sup>۱</sup> [۱] مشخصات فنی ۱۰ مدل زیردریایی مختلف دیزل الکتریک و مشهور دنیا را مورد

مطالعه و ارزیابی قرار داد و پارامترهای مهم و اثرگذار بر ماموریت آنها را که در مشخصات فنی زیردریایی

---

<sup>۱</sup> JOHN K, Stenard



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

تاثیرگذار بودند تعیین کرد. اسکار تورکلسن<sup>۱</sup> [۲] مدل سازی با روش طراحی حجمی وزنی زیردریایی را انجام داد. دستا المایهو<sup>۲</sup> [۳] سرطراح پروژه طراحی، بر روی طراحی مفهومی زیردریایی کلاس ویرجینیا آمریکا شروع به کار کردند و طراحی مفهومی منطبق با تکنیک مدل ترکیبی را توسعه دادند. در این پروژه مفاهیم اولیه از تولید و طراحی یک شناور زیرسطحی متناسب با پارامترها و متغیرهای مختلف مورد ارزیابی و مطالعه قرار گرفت. زیردریایی طراحی شده یک زیردریایی مجهز به سیستم رانش هسته‌ای و قابلیت حمل موشکل با کلاهک هسته‌ای است که دارای تناژی در حدود ۳۳۰۰ تن است. در همان سال مطالعات مشابهی بر روی مدل‌های مختلف دیگری نیز انجام شد. از این دسته مطالعات و استفاده از همین روش را میتوان در مطالعات و طراحی های متعددی از گروه های طراحی و اشخاص مختلف نیز دید. از این جمله به موارد دیگری که در زیر آورده شده اند، اشاره کرد.

مطالعات بسط داده شده بر روی سیستم یکپارچه طراحی توسط هانول چوی<sup>۳</sup> [۴] بر یک کلاس

روی شناور نظامی کره جنوبی

طراحی زیردریایی کلاس (SSLW) به سرطراحی جاستین چین<sup>۴</sup> [۵] که یک زیردریایی تهاجمی

مخصوص عملیات در آبهای سرزمینی است با روش طراحی ترکیبی بر پایه مهندسی سیستم در دانشگاه ویرجینیا

طراحی مفهومی شناور سبک سطحی به سرطراحی گاز هندرسون<sup>۵</sup> [۶] تحت تیم چهارم تحقیقاتی

دانشگاه ویرجینیا

لیزا مینینک<sup>۶</sup> [۷] در قالب پروژه کارشناسی ارشد خود در دانشگاه ویرجینیا به بسط پارامتر

مانورینگ و پایداری دینامیکی زیردریایی پرداخت و تاثیر تغییر این پارامترها را بر روی مدل‌های مختلف

---

<sup>1</sup> Kai Oscacr Torkrlson

<sup>2</sup> Desta Alemayehu

<sup>3</sup> Choi Hanwool

<sup>۴</sup> Justin Chin

<sup>۵</sup> Chaz Henderson

<sup>6</sup> Lisa Minink



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

زیردریایی نشان داد. علاوه بر آن مطالعات خود را بر روی رفتار هیدرودینامیکی ۱۰ مدل مختلف و ساخته شده از زیردریایی‌های ایالات متحده آمریکا انجام داد. نگاه مشابه به مقوله متدولوژی طراحی نسبت به گروه‌ها مختلف طراح به شکل طراحی تریکیبی در این پروژه نیز لحاظ شده بود. فرایندهای طراحی هیدرودینامیکی شناور زیرسطحی توسط تام جی سی و جان پی هافت<sup>۱</sup> [۸] مورد مطالعه قرار گرفت و پارامترهای نظیر مقاومت و رانش و پروانه مورد ارزیابی قرار گرفت و روش و اهمیت طراحی این پارامترها نشان داده شد. متدولوژی طراحی زیردریایی و نیز روش‌ها و روابط مرتبط با طراحی پارامتریک زیردریایی توسط هری جکسون<sup>۲</sup> [۹] به خوبی مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفت و روابط پارامتریک آن استخراج شد و نیز سرطراح مشهور روس کورمیلیتسین<sup>۳</sup> [۱۰] متدولوژی و روابط مشابهی را که بر روی مدلسازی زیردریایی‌های کیلو کلاس مورد استفاده قرار گرفته بود، بسط داده است. روش طراحی بر اساس نیازمندی‌های طراحی مهندسی سیستم استاندارد ایزو توسط پال پیرس و ماتیو هاوس<sup>۴</sup> مورد مطالعه قرار گرفته است. نیازمندی‌های طراحی یک شناور با دیدگاه مهندسی سیستم و نیز مهندسی دریایی به منظور ایجاد ساختار طراحی یکپارچه توسط اریکسن<sup>۵</sup> [۱۱] به خوبی شرح داده شده است.

### ۴-۱- روش کار انجام شده در این پروژه

این پروژه در دو بخش متفاوت انجام شده است. یک بخش از آن مربوط به مطالعات مرتبط با متدولوژی طراحی است که نتیجه مطالعه مباحث و مراجع مختلف طراحی بوده است که البته با توجه به نیازهای ما برای ایجاد یک ساختار صحیح، ساختاردهی آن برگرفته شده از نتایج تحقیقات و مطالعات خود بنده بوده است. بخش دوم پروژه که ارائه یک روش حل برای مطالعات حلقه اول بوده است بر اساس

---

<sup>۱</sup> Tom J.C. van Terwisga & Jan P. Hooft

<sup>۲</sup> Harry A. Jaacson

<sup>۳</sup> Y.N. Kormilitsin

<sup>۴</sup> Paul Pearce, and Matthew Hause

<sup>۵</sup> Ericksen



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

روش‌های انتخاب پارامترهای چندمتغیره انجام شده است. به این شکل که با استفاده از مدل سازی انجام شده یک نمونه از مشخصات عملیاتی تمام زیردریایی‌های مختلف امکان‌پذیر را استخراج کردیم و با استفاده از پارامترهای طراحی در حوزه هیدرودینامیک به شناسایی مشخصات فنی آنها پرداختیم. این عمل با استفاده از کد نرم‌افزاری که با استفاده از نرم‌افزارهای موجود بسط داده شده است انجام شد. پارامترهای عملیاتی با استفاده از مهندسی وزنی که شالوده اصلی طراحی شناورهای زیرسطحی شناخته می‌شود انجام شد. نسبت های ابعادی به عنوان پارامترهایی در یک بازه بهینه در نظر گرفته شدند و با در نظر داشتن این بازه از پارامترها ابعاد مختلف و تناژهای مختلف زیردریایی استخراج شدند. برای مدل های مختلف استخراج شده مقاومت، رانش و پروانه زیردریایی بصورت پارامتریک حل شدند به این معنا که در صورت تغییر هر یک از ورودی های عملیاتی و در یک بازه خاص از پارامترهای طراحی تمام حالات ممکن حل شده و مشخصات هیدرودینامیکی مدل‌ها استخراج شدند.

### ۱-۵- ساختار پایان نامه

پروژه حاضر شامل ۵ فصل می‌باشد که نتیجه مطالعات سه ساله اینجانب بر روی متدولوژی طراحی زیردریایی است. از آنجا که روش حل مسئله زیردریایی به لحاظ پیچیدگی و حجم بالای آن از اهمیت خاصی برخوردار است لذا مطالعه دقیق روش‌های مختلف و ابزارهای به‌کاررفته شده، قبل از ورود به موضوع و تبیین زوایای مختلف آن از اهمیت خاصی برخوردار بود. فصل دوم پروژه حاضر توضیحی در خصوص روش حل و متدولوژی طراحی ارائه شده در مراجع مختلف طراحی است. با مطالعه و تحقیق بر روی کتب و مراجع مختلف طراحی و نیز مقالات و استانداردهای موجود به این نتیجه خواهیم رسید که مهم‌ترین بخش طراحی در حوزه محصولات با تکنولوژی بالا، مبحث متدولوژی تحقیق و طراحی است که به نوعی میتوان آنرا دانش فنی یک‌پارچه‌سازی هر دفتر طراحی و یا موسسه تحقیقاتی و صنعت دانست لذا هر کدام از مراجع در بیان مسئله متدولوژی به نوعی ناقص عمل کرده است و تنها راه ممکن تحقیق



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

گسترده مراجع و منابع مختلف و ایجاد یک ساختار هماهنگ بود که به لطف خدا انجام پذیرفت. متدولوژی ارائه شده در بردارنده روش حل و مسیر حل طراحی و امکان سنجی زیردریایی است که باید خود پوشش دهنده نیازهای انتهای ساخت محصول و نیز مبتنی بر روش‌های نوین امتیازدهی و انتخاب محصول منطبق با نظر کارفرما باشد. امروزه ابزارهای جدید چون تحلیل‌های اثر بخشی و ریسک، قابلیت اطمینان و تحلیل‌های هزینه و تکنولوژی از جمله ابزارهایی است که کارفرما را قادر خواهد ساخت تا انتخاب آگاهانه و دقیق و منطقی داشته باشد اما ایجاد یک ساختار منظم برای پیاده سازی همزمان آنها با توجه به اینکه این پارامترها خود تاثیرات متناقضی را بر روی هم دارند، از مشکلات متدولوژی طراحی نوین زیردریایی است. سعی شده است تا با بیان دقیق این موضوع، مشکل را به نوعی حل کرده باشیم. البته ذکر این نکته نیز لازم است که با توجه به ابعاد مسئله و نیاز زیاد کشور به این روش طراحی و حل، مطالعه بر روی این موضوع همچنان ادامه دارد.

از طرفی نیز سیر مراحل طراحی از منظر هیدرودینامیک با توجه به ماهیت این مطالعات که در آینده نیز به آن اشاره خواهیم کرد در ۴ حوزه اصلی از اهمیت ویژه ای برخوردار است که این ۴ حوزه شامل مقاومت، رانش، مانور و دریامانی است که در پروژه حاضر دو مبحث از ۴ مبحث اشاره شده مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج آنها ارائه شد. پارامترهای هیدرودینامیکی یک شناور زیرسطحی تشکیل دهنده مشخصات کلاس زیردریایی است و ماهیت عملیاتی آن را شرح خواهد داد و در اولین گام‌های طراحی، باید وارد شوند. ساختاری غیر وابسته و تقریباً مستقل دارند و به همین جهت در ابتدای طراحی بصورت پارامترهای چند متغیره بیان خواهد شد که می‌توان با تغییر هر کدام از آنها مشخصات فنی و عملیاتی زیردریایی را به کلی تغییر داد. مباحث ارزیابی شده در این پروژه با توجه به حجم کار و زمان در دسترس برای ارائه نتایج مطالعات و البته تقدم و تاخر گام‌های مطالعاتی شامل مطالعات مقاومت و رانش بوده است به نحوی که کلاس زیردریایی در آنها بصورت پارامتریک در نظر گرفته شده است و این قابلیت لحاظ شده است تا با تغییر خواست‌های کارفرما تبعات آن بصورت دقیق اعلام شود. این مطالعات برای



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

مانور و دریامانی نیز انجام شده است اما با توجه به حجم و زمان پروژه و نیز عدم تکمیل آنها به این دو مبحث اشاره نخواهیم کرد. فصل سوم گزارش شامل محاسبات حلقه اول طراحی زیردریایی است. در این حلقه مشخصاتی از کلاس زیردریایی که برآورده کننده نیازهای اولیه کارفرما باشد استخراج خواهند شد و با مطالعات پارامتریک آنها کلاس، تناژ و ابعاد اصلی شناور در بازه‌های مختلفی ارائه خواهند شد به نحوی که بتوان از نتایج آنها در گام‌های بعدی طراحی زیردریای به نحو احسن استفاده کرد. در فصل چهارم محاسبات و نتایج حاصل از مدلسازی زیردریایی در حلقه اول طراحی آورده شده است و فصل آخر شامل مراجع و منابع بکار رفته شده در این مطالعات است.



## فصل دوم

### امکان سنجی و طراحی مفهومی زیردریایی

#### ۲- امکان سنجی و طراحی مفهومی زیردریایی

اصلی ترین فعالیت های مطالعاتی در بخش طراحی مفهومی زیردریایی و سیستم های وابسته، در این قسمت صورت می پذیرد. در این حلقه بررسی و شناخت جایگزین های مناسب و قابل قبول برای طراحی ورژن های متنوع و با قابلیت های متفاوت انجام می شود و در انتهای حلقه اول شمای کلی و کلاس زیردریایی مشخص خواهد شد.

این بخش شامل بررسی مفهومی زیردریایی در حلقه های اول تا چهارم است. در حلقه اول طراحی مشخصات کلی از زیردریایی مورد انتظار استخراج شده و در حلقه دوم و سوم مشخصات سیستم ها، که الزامات آنها در حلقه اول مشخص شده است، طراحی می شوند. نهایتاً حلقه چهارم انتخاب بهترین گزینه طراحی و جمع بندی طراحی مفهومی است.

در نهایت مراحل مطالعاتی و پژوهشی در قالب طراحی مفهومی به منظور یافتن بهترین الگوی



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

طراحی و استخراج نزدیکترین ورژن به نیازهای کارفرما بر اساس توانمندی‌های ساخت، طراحی و تامین ارائه می‌شود. تمامی این مراحل در قالب طراحی مفهومی یک زیردریایی نه‌تنها در یک مرحله، بلکه در چندین مرحله انجام می‌پذیرد. گام‌های اصلی را میتوان به ۴ گام معرفی شده در زیر تقسیم بندی نمود.

۱. شناخت و تحلیل ورودی‌های طراحی مفهومی

۲. شکست کار در فاز طراحی

۳. طراحی در حلقه اول و استخراج سند آرشیوکتوری و چشم انداز فنی

۴. طراحی در حلقه دوم و تحلیل پاسخ تغییر متغیرها

در طول فاز طراحی مفهومی و امکان‌سنجی، ماموریت و نیازهای عملیاتی و معیارهای مهندسی و سیستمی شناور از طریق تکنیک‌های آرشیوکتوری ترجمه و تبدیل می‌شوند. این موضوع شامل مطالعات امکان سنجی است که به منظور تعیین پارامترهای اصلی شناور مانند طول، عرض، ارتفاع، قدرت و توان مورد نیاز برای دریایمایی و دیگر پارامترهای مهم و اصلی شناور انجام می‌شوند. در کنار این پارامترها، ویژگی‌هایی مانند سرعت و برد عملیاتی، حجم مورد نیاز برای ذخیره بار قابل حمل و نهایتاً وزن خشک محاسبه و در نظر گرفته می‌شوند، برای حصول این نتیجه از منحنی‌های طراحی و بهینه شده، روابط تئوریک و نسبت‌های ابعادی استفاده خواهد شد. فناوری‌های موجود و اصول لازم برای تامین قابلیت‌های عملیاتی مورد نیاز با توجه به کارایی، هزینه و ریسک‌پذیری به همراه اندازه شناور تعیین و مشخص میشوند. لازم به ذکر است که زیردریایی محصولی تکنولوژیکی است و انتظار می‌رود به همراه طراحی و تولید آن سطح تکنولوژی و فناوری کشور رشد کند به همین دلیل لازم است در این بخش مطالعه و امکان‌سنجی‌های لازم برای فراهم کردن بسترهای پیشرفت در حوزه‌های گوناگون انجام شود. و نیز حوزه‌های گلوگاهی، مطالعاتی و با توجه به شرایط سیاسی و اقتصادی کشور مورد ارزیابی و تحلیل



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

قرار گیرد.[۳] در این مرحله تجزیه و تحلیل جایگزین ها و متغیرهای طراحی و ورژن های طراحی<sup>۱</sup> بصورت مطالعات پارامتریک یک ابزار مهم برای تعیین راه حل طراحی با کمترین هزینه شناخته خواهند شد. موضوع پایش طراحی ها و متغیرهای طراحی اغلب به منظور استخراج ورژن های متعدد و متنوع از طراحی ها کاربرد دارد. این موضوع و این تکنیک باعث میشود که یک سری تحلیل ها و طراحی ها در مدت زمان کم انجام شود.[۱۲]

فلوچارت نشان داده شده در شکل ۲-۳ بیان کنندهی روش انجام این مطالعات است. پس از تصمیم گیری در خصوص بسط مفهوم، نیازمندیهای سازمانی<sup>۲</sup> یا همان قابلیت های اولیه<sup>۳</sup> صادر می شود. این سند بصورت گسترده، هم فاز اهداف عملیاتی و به عنوان یک بیان کنندهی قابلیت های لازم برای شناور تنظیم شده است. مرحله تحلیل مفهومی شامل تجزیه و تحلیل متغیرهای جایگزین<sup>۴</sup> و مطالعات امکان-سنجی طراحی است. جایگزین های سیستم ها و متغیرهای طراحی به منظور کاربرد در تحلیل متغیرهای جایگزین انتخاب خواهد شد. فضای طراحی تعریف خواهد شد. برآورد هزینه جایگزین های طراحی و ورژن های مختلف طراحی برای هر یک از گزینه ها آماده خواهد شد و یک معیار مناسب برای مقایسه ی بین ورژن ها خواهد بود. هدف از این مرحله این است که یک راه حل مناسب، با استفاده از یک ماتریس از گزینه های جایگزین و ورژن های مختلف طراحی، ارائه شود و در سند راهبردی A مورد استفاده و ارزیابی قرار گیرد. این راه حل مورد نظر ( استفاده از پارامتر وزنی و هزینه) باید اساس تجزیه و تحلیل متغیرهای جایگزین<sup>۵</sup> باشد، اما مطالعه بیشتر ممکن است در انتخاب گزینه های بیشتر و دقیق تر مانند مطالعات ریسک و قابلیت اطمینان به کار آید. این اطلاعات از طریق اجرای مطالعات امکان سنجی برای انتخاب گزینه ها و ورژنهای مختلف طراحی توسعه یافته خواهد بود.. گزینه های در نظر گرفته شده باید

---

<sup>۱</sup> AOA

<sup>۲</sup> SR

<sup>۳</sup> ICD

<sup>۴</sup> Analysis of Alternative

<sup>۵</sup> AOA-Analysis Of Alternative



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

طیف گسترده ای از احتمالات از جمله عملکرد، هزینه و خطر را پوشش دهد.

هدف از تحلیل پارامترها و متغیرهای طراحی و مطالعات امکان سنجی عبارتند از:

۱. تعریف مجموعه‌ای از امکان سنجی‌های تمام ورژن‌های مختلف شناور ها و جایگزین ها

برای حل و پوشش مجموعه ای از شرایط عملیاتی

۲. بررسی فرضیات و برآورد توسعه در طول فاز مفهومی و قبل از ورود به طراحی سیستم

ها.

۳. ایجاد یک ساختار منطقی در قالب مطالعات امکان سنجی برای مقایسه بین پارامترهای

قابلیت عملیاتی، هزینه و خطر با هدف کمک به مشتری برای تصمیم گیری در خصوص

اینکه چه چیزی را با چه ویژگی خریداری کنید.

۴. ایجاد یک ساختار بر روی هر یک از ورژن ها و جایگزین های طراحی

۵. شناسایی خطرات عمده فنی مرتبط با هر گزینه، ورژن ها و جایگزین های طراحی

طراحی مفهومی در مرحله طراحی مقدماتی مورد ارزیابی مجدد و البته استفاده قرار خواهد گرفت و مبنای کار در این فاز خواهد شد، طراحی مفهومی از دو بخش مهم برآورده کردن الزامات و نیازمندی ها و امکان سنجی ساخت تشکیل شده است. سند راهبردی A سند خروجی تحلیل متغیرها و مطالعات امکان سنجی است که به طور رسمی به عنوان ورودی و آغاز مرحله مقدماتی لحاظ خواهد شد. مسیرهای طراحی و امکان سنجی بر اساس استاندارد DOD در شکل ۲-۱ نشان داده شده است. طراحی مقدماتی با تعارف و خروجی های طراحی مفهومی تحت سند راهبردی A آغاز می شود و به عنوان پایه‌ای برای طراحی و شرح کامل مهندسی سیستمی و تحلیل مجموعه آنها تحت یک شناور مورد ارزیابی قرار میگیرد بصورتی که مشخصات فنی آنها و زیرسیستم های آنها در فازهای بعدی پروژه تغییری نکند. خطرات عمده مرتبط با شناور از طریق راه حل های فنی خاص انتخاب زیر سیستم ها حل و فصل و تایید شده است. تغییرات در نیازسنجی و ورودی های طراحی شناور بعد از شروع شدن این مرحله از طراحی که

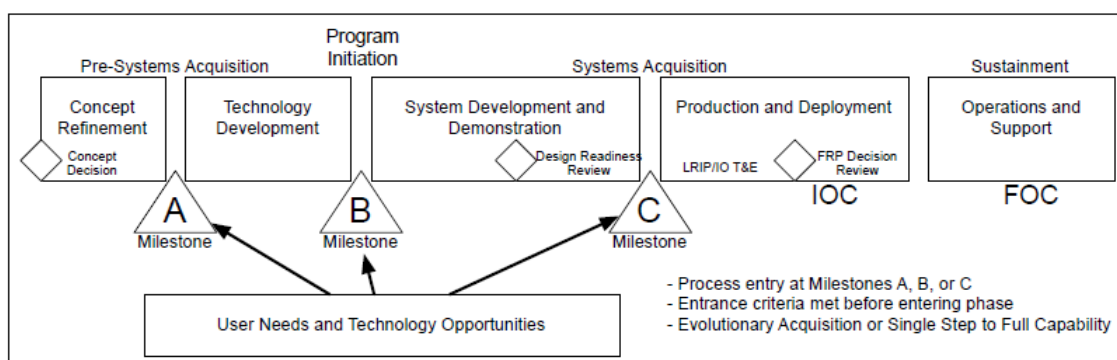


## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

باید به عنوان یک پایه و قید طراحی در نظر گرفته شود مورد پذیرش نخواهد بود.

میتوان فعالیت های برنامه ریزی شده در قالب طراحی مفهومی و امکان سنجی را در گراف ها و

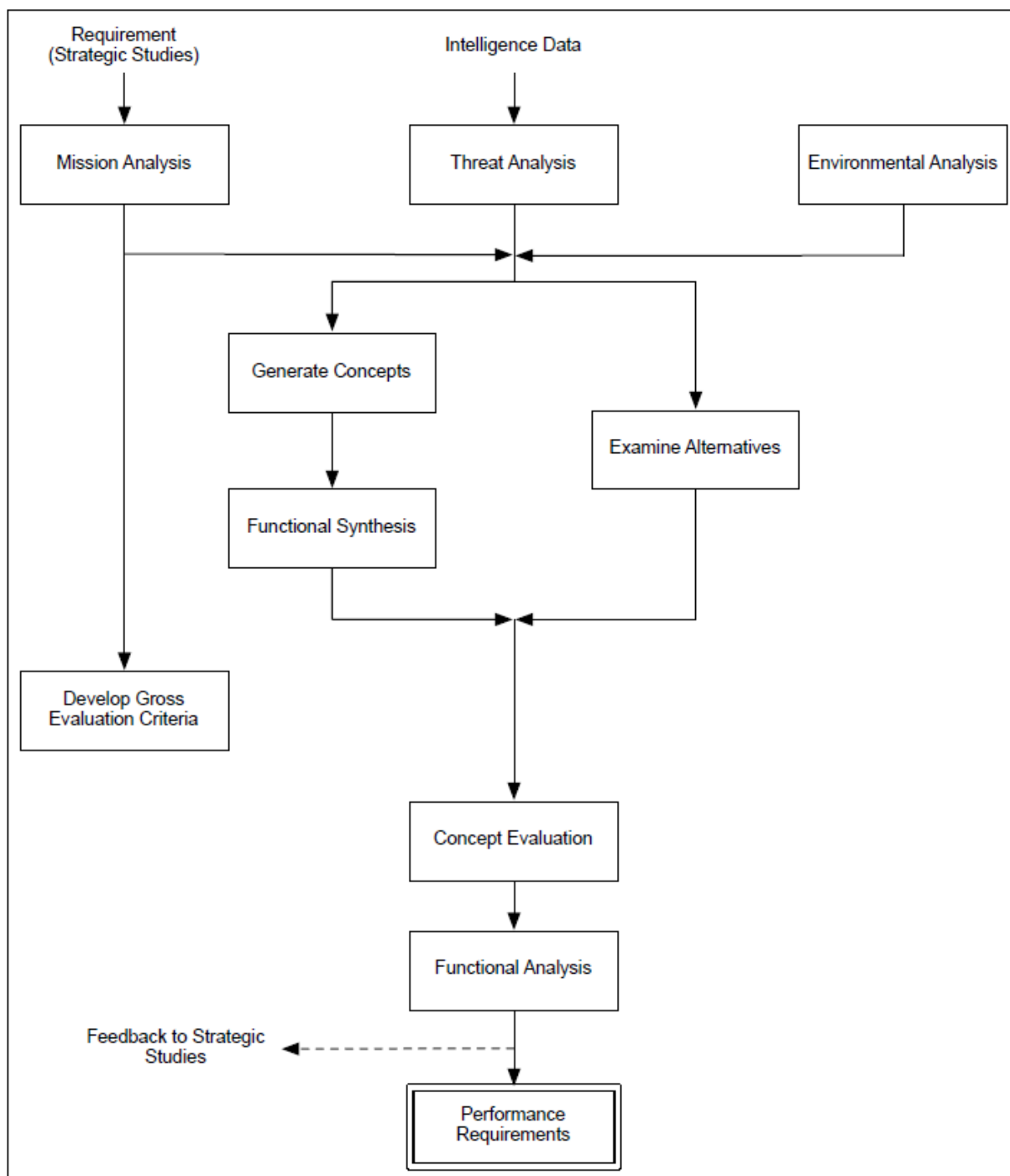
فلوچارت های شان داده شده در شکل ۲-۲، شکل ۳-۲ و شکل ۴-۲ مورد بررسی و مطالعه قرارداد.



شکل ۱-۲: مسیرهای طراحی و امکان سنجی بر اساس استاندارد DOD [۱۲]



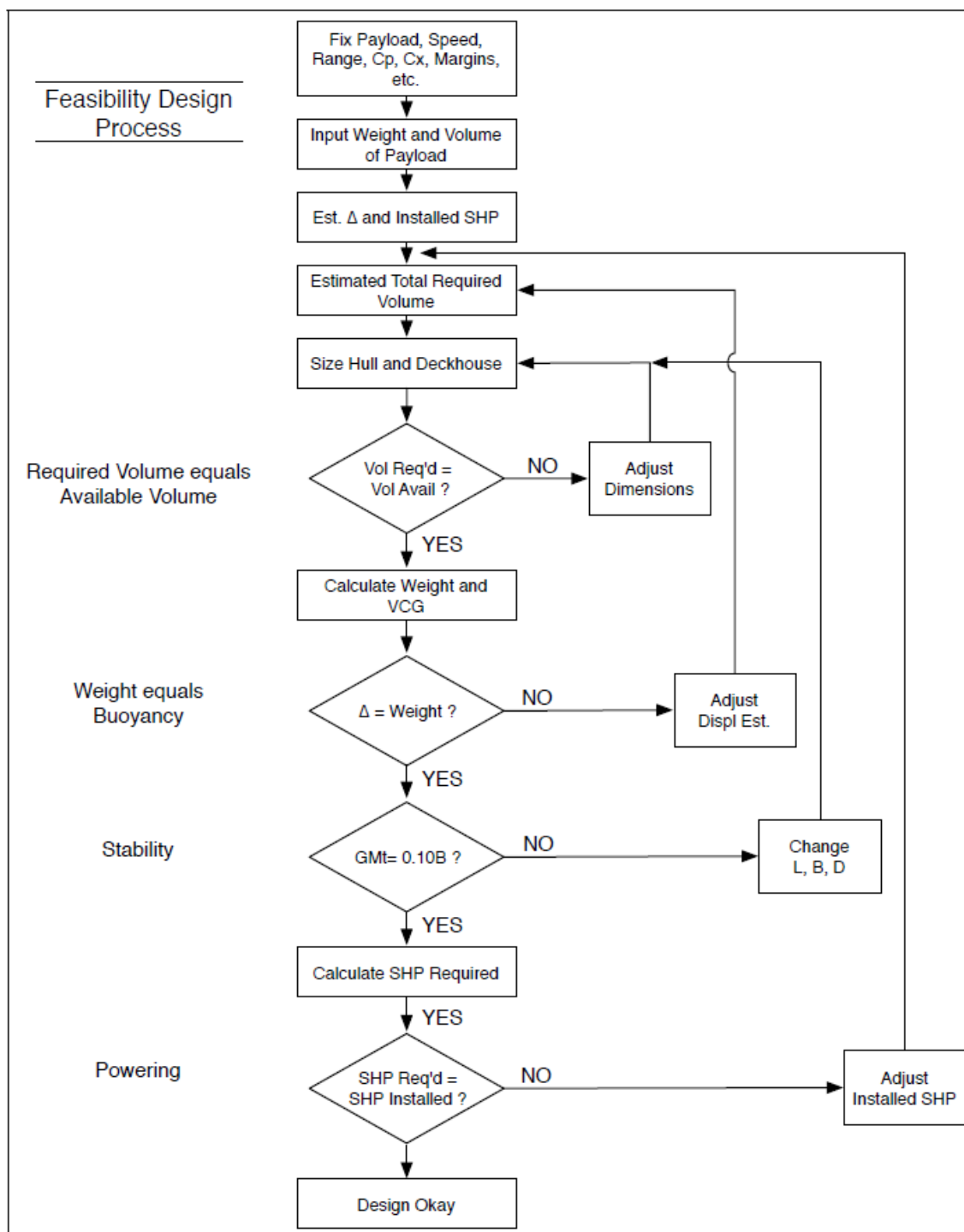
ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۲-۲: یک مثال از فلوچارت تعریف نیازمندی های طراحی [۱۲]



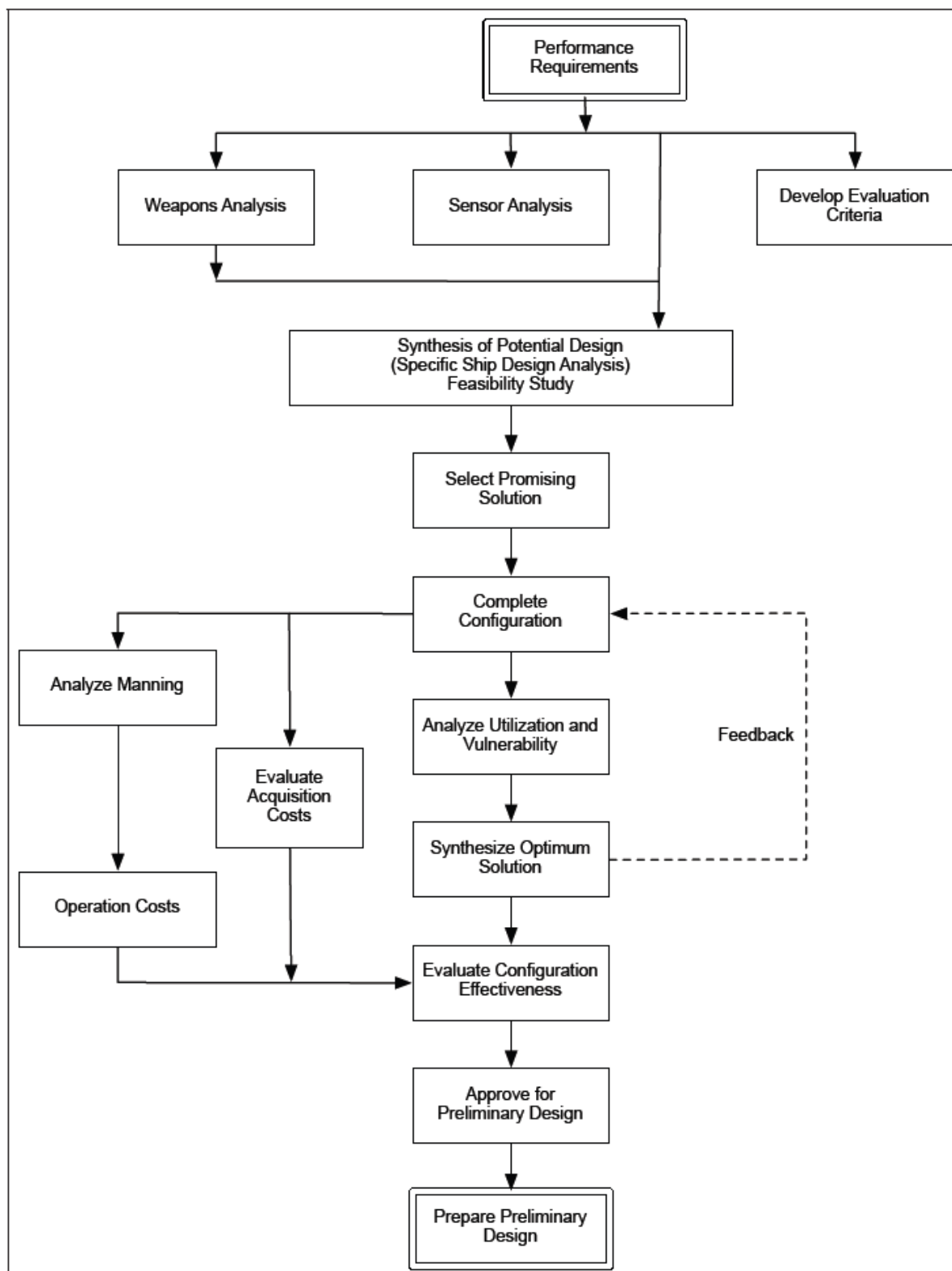
## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۳-۲: فلوچارت فعالیت های امکان سنجی [۱۲]



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۴-۲: یک مثال از فلوچارت طراحی مفهومی [۱۲]



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

اهداف اولیه از فاز طراحی مفهومی و امکان سنجی عبارتند از [11]:

۱. کمک به مشتری در پالایش شرایط عملیاتی.
۲. کنترل عملکرد شناور متناسب با هزینه های طراحی ورژن های مختلف.
۳. شناسایی رابط های سیستم های حیاتی.
۴. بررسی در دسترس بودن و عملکرد سیستم ها برای مراحل طراحی پس از آن.
۵. ایجاد پیکربندی مدیریت عملکرد یک پارچه برای شناور.
۶. توسعه و ارزیابی مفاهیم برای بهینه سازی در شرایطی که عملکرد نیروی انسانی ، حجم کار، ایمنی، بقا، و کیفیت زندگی بالاست

### ۲-۱- متدولوژی امکان سنجی و طراحی مفهومی زیردریایی

روش طراحی زیردریایی وابسته به طبیعت و چگونگی مشخصات طرح زیردریایی است. بنابراین در موردی که زیردریایی باید با منبع برق و نیروی محرکه معین و موجود و مجموعه سلاح ها و حسگرهای مشخص طراحی شود، مشخص بودن وزن ها و اندازه های حداقل برخی از تجهیزات از ابتدای کار، می تواند تا حدی کار طراح را آسان تر نماید. فرایندهای طراحی برای کشتی های بزرگ و زیردریایی ها، با طراحی مفهومی شروع می شود. طراحی مفهومی، نتیجه فعالیت های تحقیقاتی مختلف در زمینه کاربرد طراحی را قابل استفاده نموده و تعمیم می دهد. چنین مطالعاتی به طور پیوسته توسط تیم ها و گروه های پیشرفته طراحی مفهومی انجام می شود. این تیم ها از اعضای مراکز تحقیقاتی و طراحی در صنعت کشتی سازی و نیروی دریایی تشکیل شده اند. [۱۲] طراحی مفهومی یک فرآیند چند متغیره است که تا حد زیادی از تحلیل های نظامی اقتصادی برای توجیه تصمیمات گرفته شده و از روش های تحلیلی برای تعیین مشخصات اصلی زیردریایی، استفاده می کند. با شروع برنامه ساخت نیروی دریایی<sup>۱</sup>، فعالیت های مربوط به

---

<sup>۱</sup> Naval Construction Program



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

طراحی مفهومی، به مطالعات امکان‌سنجی تبدیل می‌شود. [۱۰] مطالعات امکان‌سنجی، روی انواع زیردریایی‌های انتخاب شده و ایجاد رابطه بین نیازمندی‌ها با توانایی‌ها و مشخصات تاکتیکی انجام می‌شود. طراحی مفهومی ترکیبی از خط مشی‌ها و تاکتیک‌های نیروی دریایی، علم و تکنولوژی کشتی سازی و سایر صنایع وابسته به آن می‌باشد. فعالیت های فاز طراحی مفهومی با در نظر گرفتن شاخه‌های اصلی طراحی انجام می‌شود. در این فصل شاخه‌های اصلی طراحی مفهومی زیردریایی معرفی می‌گردند. این شاخه‌ها شامل ۱۲ مورد است که به آنها در ذیل اشاره خواهد شد [۳]

۱. فعالیت های مدیریت پروژه
۲. طراحی مفهومی آرشیوکتوری و جانمایی عمومی
۳. طراحی مفهومی هیدرومکانیک شامل هیدرودینامیک، پایداری و کنترل وزنی، هیدرواستاتیک و چند ضلعی تریم
۴. انتخاب مواد و طراحی مفهومی سازه
۵. طراحی مفهومی مکانیزم ها
۶. طراحی مفهومی سیستم های فرعی و نجات
۷. طراحی مفهومی سیستم نیرو محرکه
۸. طراحی مفهومی سیستم های تأمین انرژی و شارژ
۹. طراحی مفهومی سیستم رانش
۱۰. طراحی مفهومی کنترل ناوبری، مخابرات، کنترل آتش و تسلیحات
۱۱. طراحی مفهومی سامانه هدایت موشک
۱۲. طراحی مفهومی آشکارسازی و آشکارگریزی

و در نهایت به ارائه جدول مشخصات کلی مورد انتظار که شامل موارد زیر است، می‌پردازیم. [۳]

۱. ابعاد کلی و تناژ
۲. سرعت های اقتصادی اسنورکل و سرعت حداکثری زیردریایی



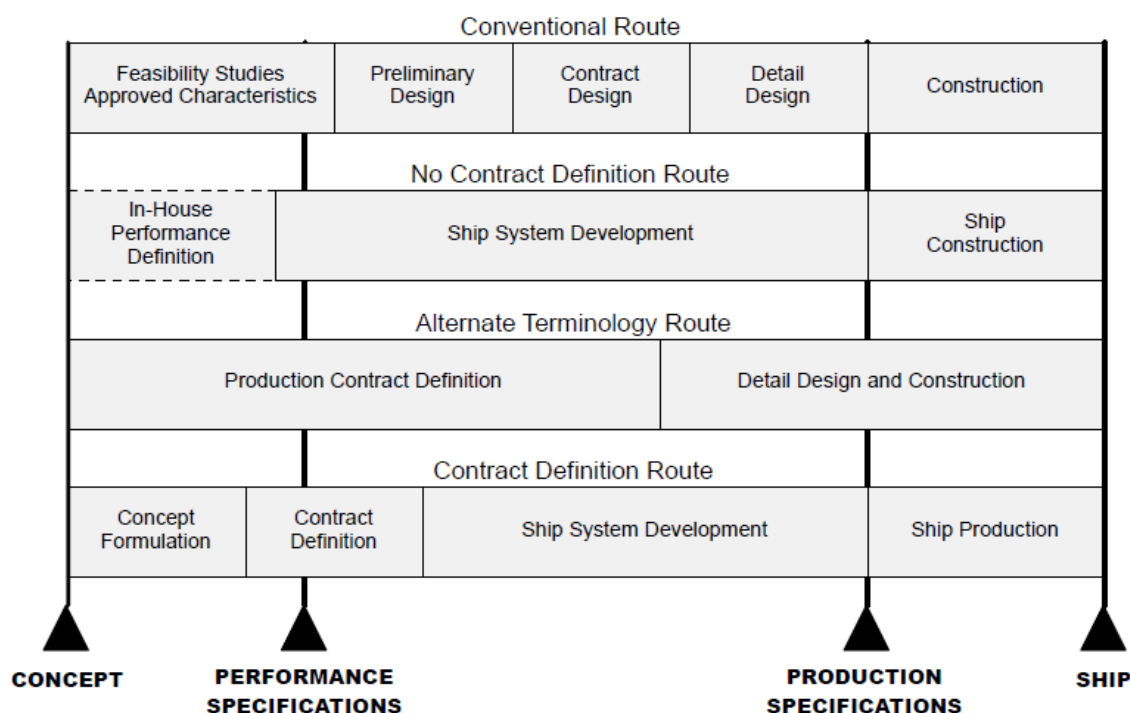
## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۳. برد عملیاتی

۴. سیستم رانش و توان های رانشی مورد نیاز در حالت های اقتصادی ، اسنورکل و حداکثری

سرعت

۵. سیستم سلاح



شکل ۲-۵: مسیرهای امکان سنجی و طراحی زیردریایی از شروع تا مرحله ی ساخت [۱۲]

مدیریت پروژه فرایند برنامه ریزی، سازماندهی و کنترل فعالیت های به منظور رسیدن به اهداف و مقاصد سازمانی است. به نوعی میتوان آنرا نظم و انضباطی دید که با استفاده از فرآیند ها و تکنیک های نظارت و کنترل پروژه، هزینه ها، بودجه ، زمان ، کیفیت، خطر و سایر عناصر متمایز پروژه را شناسایی می کند. منظور از مدیریت پروژه مدیریت برنامه نیست. مدیریت برنامه شامل نظارت ارشد و کنترل تعدادی از پروژه های مربوطه است. بنابراین، کل فرآیند امکان سنجی و اکتساب شناور نیازمند مدیریت کلی پروژه است، بطوریکه طراحی یک شناور، توسعه استراتژیک طراحی و ساخت را شامل خواهد شد. [۱۱] پروژه ها معمولا توسط تیم پروژه انجام و یک نقطه از مسئولیت آن مدیر پروژه می باشد. تکنیک



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

های بسیاری برای نظارت و کنترل پروژه وجود دارد. برخی از آنها عبارتند از

- نمودار گانت
- استفاده از روش مسیر بحرانی<sup>۱</sup>
- ساختار شکست کار<sup>۲</sup>
- ارزش کسب شده<sup>۳</sup>
- مهندسی ارزش و روشهای دیگر

مرحله مهم دیگر در یک برنامه امکان سنجی و اکتساب شناور مربوط به طراحی است، در حالی که طراحی معانی بسیاری را شامل میشود، اما منظور ما در این متن به معنی آماده سازی نقشه های مهندسی، مشخصات فنی و محاسبات مرتبط با آنها و آزمایش تجربی است. فاز طراحی به معنای یک مرحله ی گذار از تبدیل نیاز مشتری به مشخصات فنی است. نتیجه این موضوع تولید مشخصات فنی شامل فرم و ابعاد، مشخصات فنی سیستم هایی است که قرار است پارامترهای ماموریتی را پوشش دهد. هدف از علم مدیریت تبدیل پارامترهای کیفی به زبان مهندسی است، بصورت بارز این تبدیل به زبان مهندسی معماری دریایی خود را نمود میکند، به طوریکه میتوان گفت علم مهندسی هنر استفاده از دانش و اصول علمی است.[۱۱] مرحله فرایند امکان سنجی و اکتساب شناور از طریق گذر از چند مرحله مجزا انجام خواهد شد که در پایان هر مرحله قطعیت موضوع بیشتر خواهد شد. این مراحل شامل طراحی مفهومی، طراحی مقدماتی، طراحی قراردادی و طراحی مهندسی جزئیات است و از طرفی، فرایند طراحی شامل گام های زیر است.[۱۱]

۱. طراحی و نقشه کشی

۲. گزارشات تفصیلی

---

<sup>۱</sup> CPM

<sup>۲</sup> WBS

<sup>۳</sup> EV



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۳. نمودارها / شماتیک

۴. شبیه سازی های کامپیوتری

۵. محاسبات

۶. ساخت مدل

۷. تست مدل

۸. پژوهش / توسعه

۹. آزمایش

شکی نیست که طراحی شناور یک کار مهندسی است و به همین دلیل باید که توسط مهندسين دریایی و معمارهای دریایی حرفه ای آموزش دیده انجام شود. متدولوژی استاندارد طراحی زیردریایی به عنوان روشی برای طراحی یک محصول پیچیده از مهمترین و نیز ابتدایی ترین مسائلی است که باید در شروع طراحی مشخص گردد و بر اساس آن طراحی زیردریایی صورت پذیرد. این متدولوژی باید در بردارنده تمامی ابعاد و زوایایی باشد که طراحی زیردریایی را پوشش داده و برآورده کننده تمامی حالاتی باشد که محصول را در شرایط مختلف کاربری پوشش دهد. در منابع استاندارد و قابل دسترس طراحی زیردریایی، روشها و بیانهای متفاوتی ذکر شده است که با مطالعه و بررسی آنها به این نکته پی خواهیم برد که شالوده و اساس اکثر روشهای ذکر شده مشابه است حال آنکه در بیان و تاکید بر روی مسائل مختلف با هم متفاوت هستند. [۱۰] مشخص است که رویکرد متداول برای طراحی محصولات مهندسی پیچیده، استفاده از روش همگرایی<sup>۱</sup> یا همان روش سعی و خطا، می باشد. این روش به طور کلی برای زیردریایی ها قابل استفاده است. ماهیت این روش به این صورت می باشد که اگر نمی توان در یک مرحله به هدف رسید، باید از چند مرحله متوالی برای انجام طراحی استفاده نمود. از روش تغییر متغیرها در مراحل اولیه طراحی، زیاد استفاده می شود. این روش، راه حل هایی را پیدا می کند که در نتیجه آنها،

---

<sup>۱</sup> convergence method



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

زیردریایی مورد نظر به بهترین روش ممکن، با مأموریت دلخواه مطابقت پیدا می‌کند. هر مرحله از روش همگرایی با مرحله قبلی آن متفاوت است و این تفاوت به علت قطعی و کاملتر شدن بیشتر پارامترهای انتخاب شده و بررسی بیشتر بر روی عملکردهای کلیدی زیردریایی در هر مرحله می‌باشد. [۱۰]

### ۱-۱-۲- روش‌ها و متدهای اصلی در طراحی زیردریایی [۱۰]

روش‌ها و متدهای اصلی در طراحی زیردریایی شامل سه دسته کلی زیر خواهد شد:

#### ۱-۱-۱-۲- روش ترسیمی یا روش گرافیکی

از این روش تنها زمانی می‌توان استفاده کرد که در شروع طراحی، تجهیزات زیردریایی تعیین شده باشند (یا مشخص باشند). این روش نسبتاً زمان بر بوده و تنها اجازه مطالعه بر روی تعداد محدودی از گزینه‌ها را می‌دهد. گام‌های و فعالیت‌های اصلی در این حوزه شامل:

- طراحی با تهیه شکل‌ها و ترسیم‌هایی در مورد چیدمان و آرایش تجهیزات.
- محاسبات تقریبی برای تعادل بارها و حجم شناوری ثابت.
- تراز شناور کنترل می‌شود.

#### ۲-۱-۱-۲- روش ترسیم و تحلیل ۲

موضوع اصلی این روش، تعیین نمودن مقدار تناژ، ابعاد اصلی و دیگر ویژگیهای زیردریایی با استفاده از ترسیم و روابط طراحی می‌باشد. با کمک معادله جرم، مقدار تناژ زیردریایی تعیین شده و منبع قدرت و نیروی محرکه انتخاب شده و در صورت نیاز این مرحله اصلاح می‌گردد. چیدمان کمپارتمانها با استفاده از ترسیم، مطالعه می‌گردد و ذخیره شناوری برآورد می‌شود. تخمین حجم شناوری

۱ این موضوع در حلقه‌های طراحی و به وضوح در بخش‌های امکان‌سنجی سیستمی و زیردریایی خود را نمود خواهد داد.

۲ Graph analytical Method



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

ثابت و ارزیابی اولیه تراز شناور و البته باید در نظر داشت که با انتخاب بدنه فشار، گستردگی راه‌حل‌های جایگزین، محدود می‌شود. در چنین مواردی ممکن است چندین پیشنهاد نیز برای بدنه فشار ارائه گردد.

### ۲-۱-۱-۳- روش تحلیلی

برخلاف دو روش قبلی، این روش بر اساس استفاده از ترسیم نیست، بلکه تنها بر اساس روابط تحلیلی مختلف می‌باشد. بنابراین بدست آوردن معادلات جرم، حجم، پایداری، پیشرانه و غیره، به عنوان کارهای لازم برای تهیه نسخه نهایی مشخصات طراحی زیردریایی<sup>۱</sup>، مقدار تناژ و دیگر پارامترهای طراحی، در نظر گرفته می‌شود. می‌توان این معادلات را به صورت مشترک<sup>۲</sup> حل نمود و مقدار مطلوب تناژ، ابعاد اصلی و دیگر مقادیر طراحی زیردریایی را بدست آورد. از روش تحلیلی در مرحله طراحی مفهومی، زیاد استفاده می‌شود. در این روش نیازی به مطالعات سنگین گرافیکی و ترسیمی نمی‌باشد و لازم نیست که راه‌حل‌های پیشنهادی زیادی برای اهداف مورد نظر، بررسی شود. در این روش، براساس تعیین مقدار مجموعه‌ای از معیارهای منتخب، راه‌حل‌های بهینه برای مسائل بدست می‌آید. البته مشخص است که صحت نتایج بدست آمده از جهات بسیاری، وابسته به نوع معیارهای انتخاب شده و دامنه تغییرات در نظر گرفته شده برای متغیرهای یک معیار، می‌باشد.

### ۲-۱-۲- حلزون طراحی شناورها

طراحی شناور به طور سنتی فرآیند تکرار شونده است که در آن جنبه‌های مختلف از طراحی‌های مربوط به بار قابل حمل<sup>۳</sup>، قدرت مورد نیاز برای رانش، مقاومت سازه‌ای متناسب با عمق کاری زیردریایی، پایداری استاتیکی و دینامیکی، وزن، و فضا از مهم‌ترین پارامترهایی است که در آن توسعه

---

<sup>۱</sup> SDS

<sup>۲</sup> jointly

<sup>۳</sup> payload



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

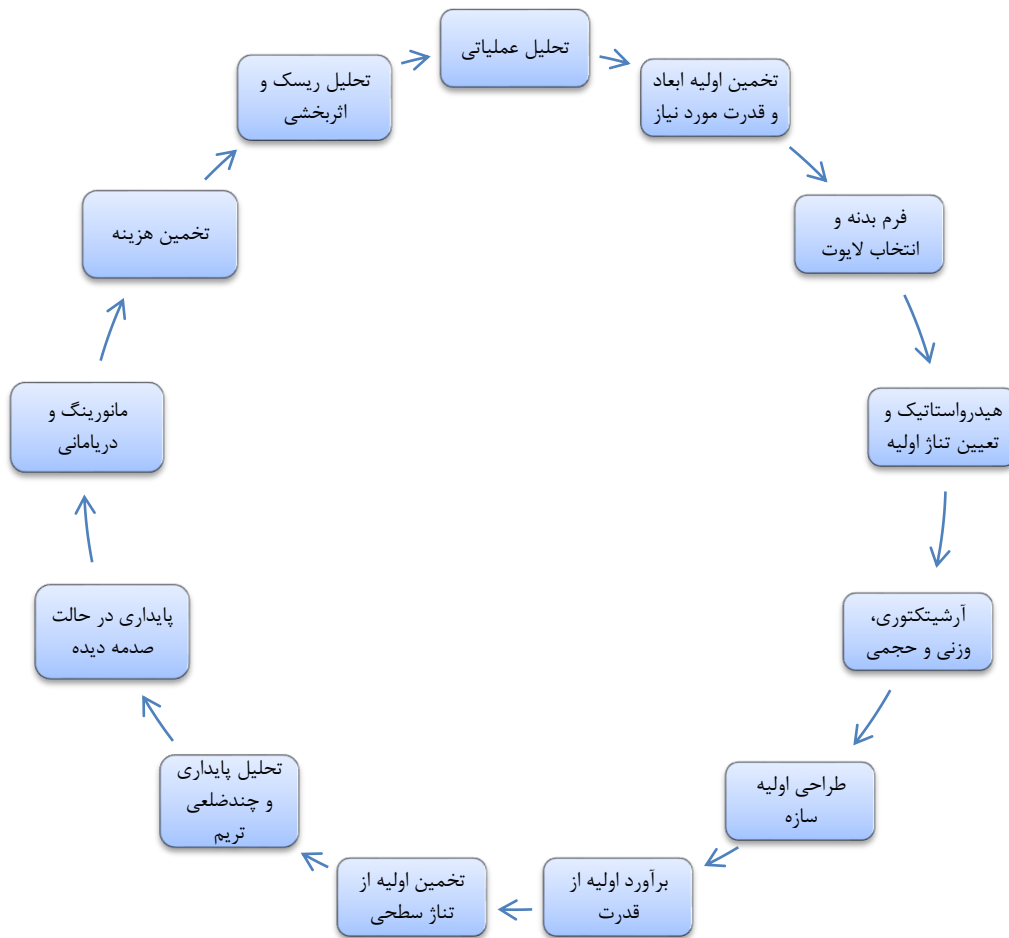
خواهند یافت و با بهینه سازی در بهترین حالت ممکن خود قرار خواهند گرفت. طراحی بهینه از طی یک مسیر حلزونی شکل به منظور ایجاد قابلیت های مورد نیاز و پارامترهای عملیاتی خواسته شده بر اساس یک فرآیند تکرار شونده انجام خواهد پذیرفت.

در نهایت مراحل مطالعاتی و پژوهشی که در قالب طراحی مفهومی به منظور یافتن بهترین الگوی طراحی و استخراج نزدیکترین ورژن به نیازهای کارفرما بر اساس توانمندی های ساخت، طراحی و تامین به آنها اشاره شد در قالب حلزونی زیر نمایش داده می شود. تمامی این مراحل در قالب طراحی مفهومی یک زیردریایی نه تنها در یک مرحله، بلکه در چندین مرحله انجام می پذیرد که در آن با استفاده از معیارهای طراحی مفهومی که پیش از این بیان شد و طی حداقل ۲ حلقه (حلقه) می توان طراحی بهینه را بدست آورد. تعداد حلقه های طراحی در برخی از گام های مطالعاتی متمایز از حلقه های قبل و بعد است اما این موضوع برای تمامی گام های مطالعاتی صادق نیست. به همین دلیل است که تعداد حلقه های طراحی ۴ حلقه تعریف شده است.

در حلقه اول بر اساس تئوری های طراحی تخمین ها زده خواهد شد، حلقه دوم مربوط به بهینه سازی ها است، حلقه سوم محاسبات آورده خواهد شد و حلقه چهارم نتیجه گیری و جمع بندی است. [۹]



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۲-۶: حلزون طراحی شناور زیرسطحی

## ۳-۱-۲- تکنیک کاربرد مدل مبنایی [۱۰]

یکی از تکنیک‌های مهم در طراحی، استفاده از مدل مبنایی است، یعنی استفاده از داده‌های طراحی‌های قبلی و اطلاعات آماری و استفاده از مشخصات و پارامترهای زیردریایی موجود، برای ساخت زیردریایی جدید. به هر حال برای استفاده از این روش باید در نظر داشت که در عمل، همیشه نمونه اولیه‌ای که تمام نیازمندی‌های طراحی را برآورده کند، وجود نخواهد داشت. البته واضح است که با در دسترس بودن چنین نمونه اولیه‌ای، ارائه طرحی جدید، بی‌معنی خواهد بود. استفاده از مدل‌های



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

مبنایی ۱ در قسمت‌های زیر می‌تواند نمونه‌ی مناسبی از بیان کاربرد مدل مبنایی در طراحی زیردریایی باشد. عدول از مدل متناسب با نیاز طراحی، حلقه‌های طراحی را زمان‌برتر، سخت‌تر و پرهزینه‌تر خواهد کرد لذا توجه به این موضوع اساسی است.

موارد مطرح شده زیر، موضوعاتی از کاربرد مدل مبنایی می‌باشد:

۱. طراحی سیستم سلاح با توجه به پیچیدگی‌های موجود در طراحی سیستم مورد نیاز زیردریایی
۲. برآورد وزن سازه با توجه به تغییرات عمق، ماده‌ی بدنه فشار و نوع طراحی
۳. درصد وزن ملحقات سازه بدنه و بدنه‌ی نرم
۴. ضرائب تلفات و مصارف داخلی در برآورد توان مورد نیاز سیستم شارژ و برق زیردریایی
۵. وزن و نوع تجهیزات رادیو الکتریک و ناوبری در برآورد اولیه‌ی حلقه اول طراحی
۶. میزان درصد سرب‌ها
۷. برآورد اولیه از حجم‌بندی مخازن در انتهای حلقه اول با توجه به اینکه محاسبات هیدرواستاتیک و تریم در حلقه اول انجام نمی‌شود و تنها برآورد می‌گردد.

## ۲-۲- تیم‌های مختلف درگیر در طراحی شناورهای بزرگ و زیردریایی [۱۰]

۱. سازمان‌های تحقیقاتی نیروی دریایی
۲. صنایع کشتی‌سازی و سازمان‌های دریایی
۳. موسسه‌های تحقیقاتی، کمیته طراحی صنعت کشتی‌سازی
۴. کمیته طراحی، کارخانجات ساخت کشتی‌سازی
۵. گروه پیمانکاران



## ۲-۳- شکست فعالیت فازهای مختلف و مسئولیت گروه‌ها [۱۰]

متناسب با نوع فعالیت در فازهای مختلف طراحی زیردیی، سازمان‌ها و گروه‌های مختلف و درگیر در آن فاز مطابق با سند مرجع [۱۰] دسته‌بندی شده‌اند.

۱. طراحی مفهومی: سازمان‌های تحقیقاتی نیروی دریایی و صنایع کشتی‌سازی، سازمان‌ها و موسسه‌های طراحی، کارخانجات ساخت کشتی
۲. تحلیل نیازمندیهای جنگی: سازمان‌های تحقیقاتی نیروی دریایی و صنایع کشتی‌سازی
۳. استخراج مشخصات اولیه طرح: سازمان‌های تحقیقاتی نیروی دریایی و صنایع کشتی‌سازی
۴. طراحی اولیه: موسسه‌های تحقیقاتی، کمیته طراحی صنعت کشتی‌سازی
۵. طراحی مهندسی: کمیته طراحی، کارخانجات ساخت کشتی‌سازی
۶. طراحی جزئیات: کمیته طراحی، کارخانجات ساخت کشتی‌سازی
۷. اسناد نهایی پروژه: کمیته طراحی صنعت کشتی‌سازی، کارخانجات ساخت کشتی‌سازی، گروه

### پیمانکاران

این تیم‌ها در این مرحله، موضوعات وابسته به کاربرد تجهیزات پیشرفته، مجموعه‌های سلاح، مواد جدید و راه‌حل‌های طراحی برای زیردیی را جستجو و بررسی می‌کنند و اثر تغییرات زیاد در مشخصات تاکتیکی و فنی (مانند: سرعت، عمق غوص، وغیره) را نیز ارزیابی می‌نمایند. آنها همچنین مطالعات مربوط به امکان‌پذیری از نظر هزینه و قابلیت ساخت را نیز در مورد مقدار تناژ و معماری زیردیی‌ها، انجام می‌دهند و در نهایت انواع احتمالی زیردیی‌های مناسب را بررسی می‌نمایند.



## ۲-۴- تعاریف کاربردی در فرایند طراحی

### ۲-۴-۱- نیازمندی‌های عملیاتی<sup>۱</sup>

ورودی مسئله طراحی زیردریایی با تعریف سند نیازمندی‌های عملیاتی آغاز خواهد شد. در برخی از اسناد و مراجع طراحی این سند را به سند نیازهای اولیه<sup>۲</sup> نیز می‌شناسند. این سند در بردارنده‌ی مشخصات مورد انتظار کارفرما از محصول نهایی است و شامل مأموریت‌ها، زمان و محدوده‌ی عملیاتی، تسلیحات و هدف‌های تهاجمی و تدافعی و نوع و مشخصات عملیات زیردریایی است.

### ۲-۴-۱-۱- مسئول تحلیل‌ها

۱. فرماندهی نیروی دریایی
۲. سازمان‌های تحقیقاتی متعلق به نیروی دریایی
۳. کمیته‌های (مراکز) طراحی در صنعت کشتی سازی

### ۲-۴-۱-۲- اهداف تحلیل‌ها

۱. نقش و مأموریت زیردریایی را تعریف می‌کنند.
۲. حریف و مبارز احتمالی را تعیین و داده‌های آن را تحلیل می‌کنند، با توجه به پیشرفت‌های ممکن در مورد برخی از توانایی‌ها، اقدامات متقابل دشمن را ارزیابی می‌نمایند و زمینه‌های بالقوه برای عملیات، موقعیت‌ها و شرایط اصلی، در دسترس بودن تجهیزات تعمیر و غیره را برآورد می‌کنند.

---

<sup>۱</sup> SR -Staff Requirements

<sup>۲</sup> ICD -Initial capabilities document



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

### ۲-۴-۱-۳- هدف از تحلیل‌ها

الزامات عملیاتی و تاکتیکی که جزء نیازهای اولیه نیروی دریایی بوده است، با خصوصیات و امکانات این زیردریایی که ساخته خواهد شد، هماهنگ می‌شود. هدف اصلی کار بر روی مشخصات اولیه، به دست آوردن منطقی ترین ترکیب و آرایش مشخصات تاکتیکی زیردریایی، از نظر نظامی و اقتصادی است، به طوری که زیردریایی به بهترین شکل ممکن و به طور کامل با مأموریت‌های مربوطه، همخوانی داشته باشد

### ۲-۴-۲- خصوصیات و مشخصات تطبیبی در نیازمندی‌های عملیاتی

مشخصات اصلی، ترکیب و آرایش مجموعه‌ی سلاح‌ها، ویژگی‌های دفاعی، برد عملیاتی<sup>۱</sup>، سرعت، محدوده دریایی مجاز<sup>۲</sup>، عمق غوص و قابلیت‌های حفظ محیط زیست دریایی برای زیردریایی هستند.

### ۲-۴-۳- تاثیر تغییر متغیرهای طراحی در طراحی مفهومی

به عنوان یک طراحی تقریبی و در راستای ایجاد تطابق بین خصوصیات فنی و تاکتیکی زیردریایی و ایجاد اطمینان از جهت هماهنگ بودن این خصوصیات با یکدیگر، مرحله طراحی مفهومی شامل مطالعاتی بر روی زیردریایی مورد بحث است که در آنها تغییرات نسبتاً زیادی در ورودی‌های تاکتیکی داده می‌شود. سپس در طراحی مفهومی برای هر تغییر قابل ملاحظه، مقدار تناژ، ابعاد اصلی، ظرفیت برق و نیروی محرکه و هزینه‌های تقریبی ساخت، معین می‌گردد. در این مرحله بسیاری از گزینه‌هایی که به اصطلاح، اصلی<sup>۳</sup> هستند، با جزئیات بیشتری بررسی می‌شوند. این جزئیات شامل نقشه‌ها و حجم قابل ملاحظه‌ای از محاسبات می‌گردد. پس از کامل شدن طراحی مفهومی، با کمک روش‌های تحلیلی نظامی-

<sup>۱</sup> endurance

<sup>۲</sup> sea range

<sup>۳</sup> Basic



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

اقتصادی، راندمان گزینه‌های مطرح شده ارزیابی می‌شود. آغاز مرحله نوشتن سند نیازمندی‌های عملیاتی همراه با فعالیت‌های مربوط به طراحی مفهومی در این مرحله، باید به عنوان آغار فرآیند طراحی زیردریایی در نظر گرفته شود.

### ۴-۴-۲- تهیه طرح فنی پیشنهادی<sup>۱</sup> و سند مشخصات طراحی زیردریایی<sup>۲</sup>

#### ۴-۴-۲-۱- مسئول طراحی

این سند توسط دفتر طراحی در صنعت کشتی سازی و بر اساس نیازمندی‌های عملیاتی تایید شده، تهیه می‌شود (این مرحله طراحی، با نام طراحی اولیه<sup>۳</sup> یا طراحی امکان‌سنجی<sup>۴</sup> نیز شناخته خواهد می‌شود).

#### ۴-۴-۲-۲- هدف از طراحی امکان سنجی

هدف از این مرحله طراحی، توجیه لزوم ساخت و امکان‌سنجی قابلیت ساخت زیردریایی بر طبق نیازمندی‌های عملیاتی تایید شده، می‌باشد.

#### ۴-۴-۲-۳- کارها و فعالیت‌هایی

بررسی تناسب نیازمندی‌های عملیاتی با ظرفیت‌ها و قابلیت‌های فنی و اقتصادی موجود و یافتن راه‌حل‌ها و روش‌های فنی اصلی و ضروری، جهت دستیابی زیردریایی به عملکرد تاکتیکی مورد نظر. برای دستیابی به این اهداف، باید محاسبات اصلی در زمینه طراحی انجام شود. این محاسبات برای تعیین

---

<sup>۱</sup> Development of the Technical Proposal

<sup>۲</sup> SDS -Submarine Design Specifications

<sup>۳</sup> tentative design

<sup>۴</sup> feasibility design



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

خصوصیات و مشخصات زیردریایی، رسم مقاطع جانمایی عمومی، آماده کردن متن‌های توضیحی، ارزیابی هزینه‌های لازم برای طراحی و ساخت و به کارگیری زیردریایی، لازم هستند. یافتن راه‌حل‌ها و روش‌های جدید برای موضوعات اجرایی مرتبط به خلق یک زیردریایی، گردآوری فهرست سلاح‌ها و تجهیزات اصلی (برق و نیروی محرکه، ماشین آلات، تجهیزات و ابزار آلات)، انتخاب سازنده‌ها و تهیه‌کننده‌های تجهیزات موجود و سازمان‌هایی که تجهیزات جدید خواهند ساخت، تعریف دورنمای فعالیت‌های مرتبط با تحقیق و توسعه که برای ساخت تجهیزات جدید و تایید راه‌حل‌ها و روش‌های فنی جدید ضروری است، ارزیابی چهار چوب‌های زمانی برای هر مرحله از پروژه ساخت زیردریایی.

تخمین سطح فنی زیردریایی مورد بحث از نقطه نظر یافته‌ها و موفقیت‌های علمی و فنی در سطح ملی و بین‌المللی و ایجاد توجیه و تطابق‌های نظامی و اقتصادی برای پروژه، به کارگیری تعداد لازم از این نوع زیردریایی‌ها برای پاسخ‌گویی به مأموریت‌های تعیین شده برای نیروی دریایی، بررسی سایر مباحث مربوط به تحلیل‌های نظامی و اقتصادی. به عنوان یک قانون، این گروه از فعالیت‌ها به موسسه‌های تحقیقاتی نیروی دریایی محوّل می‌گردد.

### ۲-۴-۴-۴- دامنه کاربرد

اصولاً می‌توان فاز ارائه طرح فنی پیشنهادی را به عنوان مرحله نهایی طراحی مفهومی در نظر گرفت. اما این فاز با فاز قبلی تفاوت دارد، چرا که در این فاز تعداد طرح‌های مورد بررسی بسیار کمتر بوده، ولی محاسبات و نقشه‌ها برای هر طرح با دامنه وسیع‌تری تهیه می‌شوند. در مرحله ارائه طرح فنی پیشنهادی، بیشتر به راه‌حل‌ها و روش‌های فنی که مهم هستند، مانند، نوع معماری بدنه، نوع سیستم رانش و دیگر ویژگی‌ها ویژگی‌هایی که بر روی خصوصیات اصلی زیردریایی مورد نظر اثرگذار هستند، پرداخته می‌شود. این فاز، مرحله‌ای است که در آن با توجه به انواع انتخاب‌ها برای مجموعه سلاح، سرعت و غیره، اولین تقریب‌ها از مقدار تناژ و ابعاد و همچنین دیگر مشخصات اصلی زیردریایی، به دست می‌آید.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

بر اساس راه‌حل‌ها و روش‌های حاصل از فعالیت‌هایی که در بالا ذکر شد، نوع بهینه طرح فنی پیشنهادی، انتخاب می‌گردد و این طرح به عنوان یک پایه و اساس، برای تهیه سند مشخصات طراحی زیردریایی در نظر گرفته می‌شود.

### ۲-۴-۴-۵- محتویات سند مشخصات طراحی زیردریایی

سند مشخصات طراحی زیردریایی شامل جزئیات نیازمندی‌های مشتری (نیرو دریایی) برای زیردریایی مورد نظر است و معمولاً حاوی اطلاعات زیر می‌باشد:

۱. سلاح‌ها (موشک، اژدر، مین) و حسگرها (سونار- رادار، کامپیوترها و غیره)
۲. نیازمندی‌های دفاعی و اختفاپذیری (علائم مشخصه زیردریایی ۱ و صدای زیردریایی که بر کارایی سونار موثر است).
۳. خصوصیات اصلی (مقدار تقریبی تناژ، سرعت و محدوده دریایی [مجاز]، عمق غوص، قابلیت‌های مانوردهی، برد عملیاتی و غیره)
۴. شرایط زندگی و اسکان
۵. مقدار و سطح اتوماسیون
۶. برق و نیروی محرکه (نوع و پارامترهای کلیدی)

همچنین در این مرحله سایر الزامات کلی و یا بعضی از مشخصات ویژه مربوط به زیردریایی که برای تهیه سند مشخصات طراحی زیردریایی و سایر خصوصیات لازم هستند نیز مشخص می‌شوند. سند مشخصات طراحی زیردریایی، توسط مقام‌های مجاز در صنعت کشتی سازی و نیروی دریایی، بازبینی و تصویب می‌گردد و پس از تصویب، این پروژه در برنامه ساخت نیروی دریایی قرار می‌گیرد.

---

۱ submarine signature



### ۲-۱- مطالعات نیاز سنجی

اجرای این فعالیت تحقیقاتی به منظور تبیین دقیق تر نیازمندی و اتخاذ سیاستهای شایسته در جهت تأمین نیازمندی و تعیین الزامات فنی، مالی، زمانی، تجهیزاتی پروژه پیشنهادی، پیش بینی شده است. به نوعی این مرحله اول از امکان سنجی و اکتساب شناور در خصوص الزامات مورد نیاز برای یک شناور مورد بهره برداری در آینده است که بر روی تعیین متدولوژی طراحی و فن آوری های مربوطه تمرکز دارد. از آنجا که طراحی هر شناوری یک پروژه بلند مدت است، در نتیجه مهم است که تغییرات پارامترهای طراحی را در فاز ابتدایی و تاثیر تغییر این پارامترها بر روی مشخصات نهایی محصول را پیش بینی و تحلیل کنیم. در این فاز به طراحی مدل مبنایی می پردازیم. مشخصات زیردریایی مورد انتظار را با استفاده از نوع و مدل زیردریایی خواسته شده از طرف کارفرما نیازسنجی کرده و ورودی طراحی مفهومی خود قرار می دهیم. با استفاده از سند چشم انداز اولیه و پیش نویس قرارداد، اصول عملیاتی، محیط عملیات، سناریوهای مأموریت و قابلیت های عملیاتی مورد نیاز برای مأموریت های زیردریایی تعیین می شوند. در این بخش به بیان تکنولوژی ها و فناوری هایی که در آینده بر اساس طراحی زیردریایی و بنا بر قابلیت های مورد انتظار، باید به آن ها دست پیدا کرد، می پردازیم. این فناوری ها معمولاً در حوزه ی قدرت و توزیع، رانش، سیستم های رزمی و دستگاه های الکترونیکی و خودکار هستند.

برای بیان مشخصات و ویژگی های زیردریایی به متغیرهای طراحی نیاز است این متغیرها که معمولاً در قالب ابعاد، ظرفیت سوخت یگان، برد های عملیاتی، فضاها و مشخصات ارگونومی مورد نیازسنجیده می شوند، محدوده ی فضای طراحی را مشخص می کنند و بنابر آن (فضای طراحی) طراحی زیردریایی انجام می شود. متغیر های ذکر شده بر اساس شناخت قابلیت هایی نظیر موارد مورد اشاره در زیر خواهد بود:

- قابلیت های و ویژگی های عملیاتی حوزه ی عملیاتی و استخراج پارامترهای تاثیرگذار در حوزه های

مشخصات فیزیکی محیط دریا و آب و هوای منطقه، تغییرات مشخصات مرتبط در حوزه های



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

سوناری، نویز و انتشار امواج مغناطیسی، پایداری، شناسایی قابلیت‌های سوناری و استخراج مشخصات مانور و قدرت دید و نیز استخراج روابط بین طراحی سیستم جامع ناوبری و کنترل با طراحی سیستم‌های مانوری و رانش و سلاح

- بررسی مشخصات سیستم‌های ناوبری و مخابراتی بر اساس حوزه ی عملیاتی مورد انتظار

زیردریایی

- بررسی قابلیت‌های مانوری و غوص و صعود و تحلیل پارامترهای اثرگذار
- تحلیل نیازمندی‌های مورد انتظار از برد کل و بردهای سطحی، اسنورکلی و زیرسطحی

مباحث تحلیلی در نیازسنجی زیردریایی بر اساس گروه های مختلف شرح داده شده مطابق با شکل ۷-۲ خواهد بود. سرفصل موضوعات نیازسنجی عملیاتی زیردریایی در موارد زیر ذکر شده است، این تحلیل‌ها شامل موارد زیر است:

۱. بررسی و بیان نیاز، نقش و اهمیت و کارایی محصول
۲. بررسی و بیان نیاز(علل و عوامل تعریف پروژه)
۳. بررسی و بیان نقش محصول پروژه در افزایش توان رزمی و دفاعی کشور
۴. بررسی و بیان اهمیت و کارایی محصول پروژه در نبردهای آینده
۵. بررسی تطابق موضوع پروژه با نیازها و استراتژی های عملیاتی نیروها
۶. بررسی و بیان اینکه برای دستیابی به محصول پروژه چرا به تحقیقات روی آورده شده است
۷. بیان جنبه‌های تحقیقاتی پروژه و دستاوردهای علمی و فنی حاصل از اجرای آن
۸. جنبه های تحقیقاتی اختصاصی پروژه
۹. دستاوردهای علمی و فنی حاصل از اجرای آن
۱۰. بیان سابقه طرح یا پروژه های مشابه در داخل و خارج کشور
۱۱. سابقه طراحی و ساخت در خارج از کشور
۱۲. چگونگی نحوه دسترسی به منابع علمی و اطلاعات مرتبط با پروژه در مسیر تحقیق



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۱۳. دسته بندی روش های تحقیق

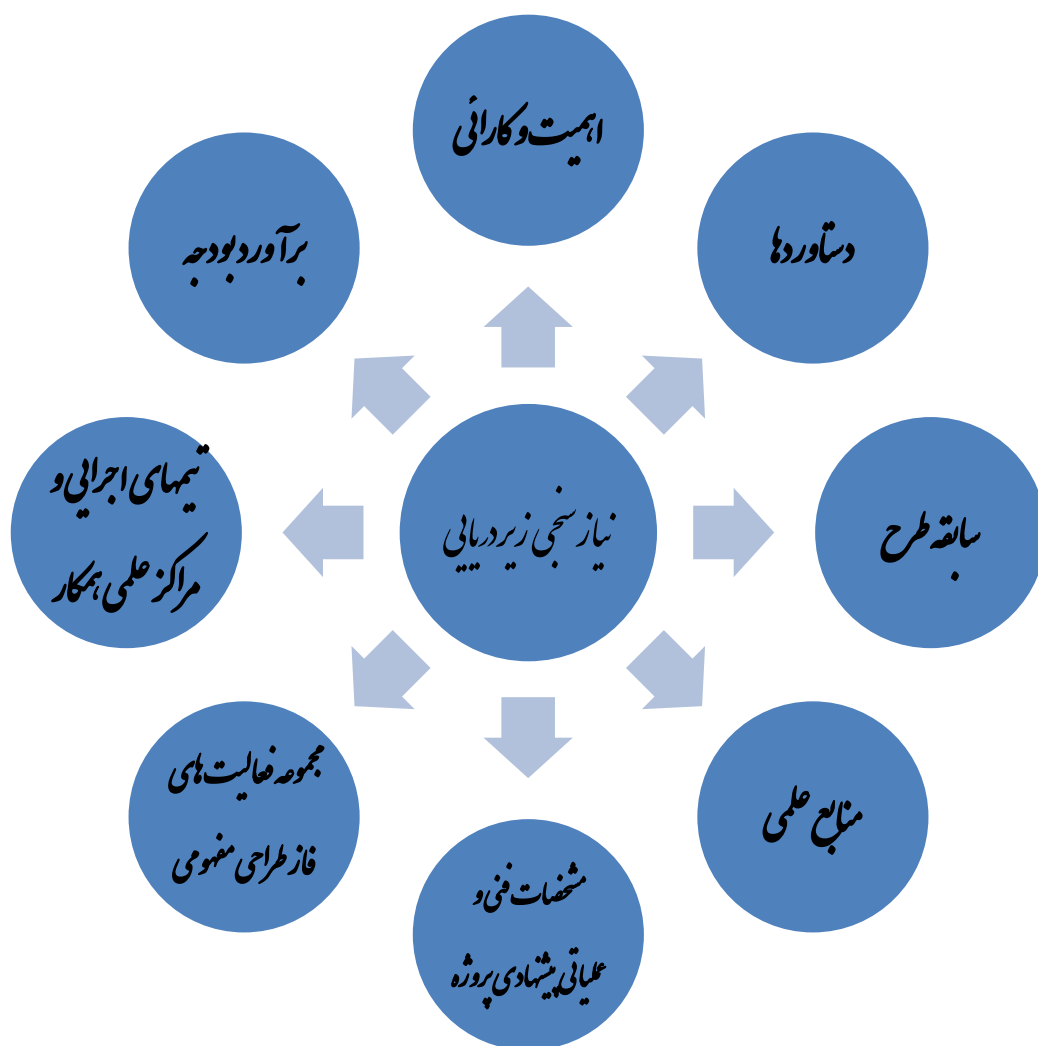
۱۴. متدلوژی تحقیق در فاز طراحی مفهومی

۱۵. متدلوژی تحقیق در مراحل آتی پروژه

۴ مبحث اصلی در بیان مشخصات محصول در نظر گرفته میشود. در هر بخش بیان های متفاوتی

از خواسته مطرح میشود که باید این بیان ها به شکل مشخصاتی از سیستم و زیردریایی تبدیل شود. به

شکل ۲-۸ توجه کنید.



شکل ۲-۷: سرفصل مطالب در مبحث تحلیل نیازسنجی



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۲-۸: دسته بندی نیازمندی های کارفرما از محصول مورد نظر

### ۲-۲- نیازمندی های فنی زیردریایی مدل بکارگیری و تحلیل منطقه عملیاتی

در فاز بین نیازسنجی و طراحی مفهومی مجموعه اقدامات، مطالعات و تحلیل های انجام می شود که در آن نیاز مشتری را به شکل ورودی هایی از طراحی مفهومی زیردریایی برای شناخت مشخصات سیستم ها و محصول مورد نیاز کارفرما انجام می شود. میتوان این بخش را در ذیل مستندات طراحی مفهومی زیردریایی شناخت.

### ۲-۳- تشریح تبدیل نیاز مشتری به زبان مهندسی<sup>۱</sup>

در این بخش ورودی هایی از زبان نیاز کارفرما را با منطق مهندسی بیان می کنیم و الزامات طراحی سیستم ها و بخشی از ورودی های طراحی مفهومی را شناسایی خواهیم کرد. مشخصات مطرح شده از

<sup>۱</sup> Technical Requirement



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

محصول در فاز نیازسنجی در این فاز با بیان مهندسی مطرح میشوند، بصورت دسته بندی کلی میتوان خروجی این تحلیل ها را بصورت زیر بیان کرد. در هر بخش خروجی هر تحلیل آورده شده است.

برودت عملیات	• نوع سیستم رانش، مواد مصرفی و باطری، سرعت در حالت کروز
عمق عملیاتی	• جنس بدنه، قطر و ابعاد اصلی، ضخامت پوسته
نوع عملیات	• فضاهای مورد نیاز (سلاح / خدمه / نیروهای ویژه)، تعداد پرسنل، نیروهای ویژه و اتوماسیون، شکل بدنه، کامپارتان بندی، رزرو شناوری
تهدیدات	• تعریف سرعت های حداکثری، تحلیل منطقه عملیاتی و نیازمندی عملیاتی

شکل ۲-۹: خروجی های تحلیل های نیازمندی فنی متناسب با هر دسته بندی از خواسته کارفرما

لازم به ذکر است با توجه به بیان نیازهای مطرح شده و اثرگذاری پارامترهای طراحی بر کلاس و تناژ زیردریایی تحلیل های کلی و اولیه از هیدرودینامیک زیردریایی و بررسی طراحی بدنه و کلیاتی از پروفایل های امکان پذیر بدنه زیردریایی نیز باید انجام شود. این مطالعه در نتیجهی انجام مطالعات بر روی پارامترهایی چون رزرو شناوری، قابلیت انجام عملیات در حالت سطحی و کمپارتمانهای نفوذ ناپذیر ضروری می نماید تا در ادامه پارامترهای طراحی محصول واگرا نشده و حلقه های سعی و خطا در طراحی مفهومی زیاد نشود و ورودی های آن نیز به شکل صحیحی انتخاب گردند.

### ۲-۴- نحوه انجام طراحی مفهومی سیستم ها و زیردریایی

همانطور که اشاره شد در فاز بعد از انجام مطالعات نیازسنجی و مدل بکارگیری، پارامترهای مهم عملیاتی زیردریایی شناسایی شده و به زبان مهندسی تبدیل خواهد شد (فاز تشریح تبدیل نیاز مشتری به زبان مهندسی).



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

ورودی طراحی مفهومی زیردریایی همانطور که بیان شد با مدل سازی بار قابل حمل زیردریایی و شناسایی سیستم سلاح و تسلیحات آن آغاز می‌شود. این پارامترها با استفاده از تئوری های طراحی به صورت وزن و حجم قابل حصول از زیردریایی بیان خواهند شد. در گام بعد لازم است برد و منطقه عملیاتی زیردریایی مدل سازی شود. مدل ها و ورژن های مختلف استخراج شده از زیردریایی باید قابلیت پیمایش مسیر دریانوردی مورد نظر در مدل بکارگیری زیردریایی را داشته باشد. داشتن فضا و حجم مورد نیاز با در نظر داشتن معیار زیستی و ارگونومی، برای پیش‌بینی فضای استراحت و کار افسرها، خدمه و کارکنان زیردریایی نیز از معیارهایی است که در ابتدایی ترین گام های طراحی باید به آن پرداخته شود. این مطالعات می‌توانند فضای تغییر متغیرهای طراحی را محدود نمایند و تمام گزینه های امکان-پذیر برای طراحی زیردریایی را با نگاه سیستمی معرفی نماید. البته لازم به ذکر است مطابق با مراجع طراحی روش ورود به مبحث طراحی زیردریایی با در نظر گرفتن یک لایوت از زیردریایی انجام خواهد شد، زیرا که لایوت‌های بسیاری میتوانند قابلیت جانشین شدن سیستم های مختلف زیردریایی را که در فضای تغییر متغیرهای طراحی بدست آورده‌ایم، داشته باشند و لذا برای محدود کردن و بهینه کردن از انتخاب لایوت مورد نظر شروع می‌کنیم. این لایوت باید در بردارنده خصوصیات و معیارهای مورد نظر طراحی و کارفرما باشد.<sup>۱</sup>

البته لازم به ذکر است که علاوه بر تحلیل های مهندسی، نیاز است دسته‌ای از مطالعات مدیریتی پروژه، انجام پذیرد. این مطالعات شامل موارد زیر است.

۱. گلوگاه های احتمالی پروژه و راهکارهای پیشنهادی
۲. تفکیک زیر مجموعه های مختلف محصول پروژه در مراحل طراحی، ساخت و تست
۳. بررسی و تعیین عناوین استانداردهای نظامی و غیر نظامی معتبر بکار رفته شده در طراحی
۴. مشخص شدن لیست تجهیزات، ماشین آلات، کارگاه ها و آزمایشگاه ها

---

<sup>۱</sup> توضیحات بیشتر در خصوص مشخصات لایوت و نحوه انتخاب آن در گزارش آرشیتکتوری آورده شده است.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۵. برآورد بودجه

۶. تحلیل بهره وری در طرح در مقایسه با انتقال فناوری

۷. ریز فعالیت های مراحل آتی و نمودار گانت

این دوگام از پروژه (تبدیل نیاز مشتری به مشخصات فنی سیستم ها و زیردریایی ها طی حلقه اول و نیز تحلیل و مطالعه پارامترهای مدیریت پروژه زیردریایی) نهایتاً به تولید سند آرشیکتوری و چشم انداز فنی زیردریایی و نیز سند آنالیز متغیرهای طراحی و بیان جدول تغییرات متغیرهای طراحی خواهد انجامید. بعد از تولید اسناد یاد شده، به مقایسه طرح های پیشنهادی با طرح ها و زیردریایی ها خارجی تولید شده و انتخاب مدل مبنایی خواهیم پرداخت. در انتهای طراحی مفهومی زیردریایی لازم است سند مشخصات فنی سیستم ها و مدل های مختلف زیردریایی تولید شود و نیز شناسایی سطح تطابق بین محصول طراحی شده و نیازهای اولیه مشتری انجام پذیرد. به منظور این امر لازم است از معیارهای طراحی و بهینه سازی استفاده کرد. این معیارها شامل موارد زیر هستند که کاربرد آنها سطح بندی بین مدلها و ورژن های مختلف زیردریایی خواهد بود.

۱. معیار سنجش قابلیت اثربخشی محصول<sup>۱</sup>

۲. معیار سنجش ریسک پروژه<sup>۲</sup>

۳. معیار سنجش هزینه های پروژه

### ۲-۴-۱- امکان سنجی طراحی زیردریایی و امکان سنجی سیستمی

باید بین مفاهیم امکان سنجی سیستمی و امکان سنجی طراحی زیردریایی تفاوت قائل شد. امکان- سنجی طراحی سیستمی در مراحل ابتدایی مورد بحث قرار می گیرد و همانگونه که در قسمت بعدی

---

<sup>۱</sup> OMOE

<sup>۲</sup> OMOR



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

مشاهده خواهیم کرد بنابراینکه چه تابعیتی دارند مورد طراحی قرار می‌گیرند. در حلقه اول طراحی هر سیستمی به تنهایی مورد طراحی و امکان‌سنجی برای ماموریت خواسته شده قرار می‌گیرد و در حلقه‌های بعدی اثرات متقابل سیستم‌ها را بر روی هم مورد بررسی قرار می‌دهیم.

در امکان سنجی طراحی زیردریایی، بعد از طراحی اولیه تمامی سیستم‌ها و تعیین محدوده‌ی تغییرات هر کدام و تعیین محدوده‌ی وزنی و حجمی آنها، تحلیل‌های حجمی وزنی صورت گرفته و امکان سنجی طراحی و ساخت یک زیردریایی متشکل از سیستم‌های مختلف امکان‌پذیر<sup>۱</sup> انجام می‌پذیرد. امکان‌سنجی طراحی سیستم‌ها یا همان مطالعه و بررسی سیستم‌های اصلی و فرعی دقیقاً قبل از تحلیل - های امکان‌سنجی زیردریایی و یا همان تحلیل‌های حجمی وزنی انجام می‌شود. در ادامه به عنوان مثالی از امکان‌سنجی سیستمی و زیردریایی بخشی از تحلیل‌های امکان‌سنجی سیستم سلاح و زیردریایی ذکر شده است.

### ۲-۴-۲- طراحی سیستم‌های مختلف زیردریایی و تعیین تابعیت هر کدام از آنها

به منظور تعیین تابعیت حجم و وزن سیستم‌ها و قسمت‌های مختلف از زیردریایی متناسب با کلاس زیردریایی، باید فرمول بندی مناسبی پیش‌بینی شود تا بعد از تعیین و تخمین‌های اولیه - که بنابر شکل ۲-۱۰ تخمین و پیش‌بینی وزنی در هر مرحله طراحی در مراحل اولیه ۸۵٪ طراحی را شامل می‌شود - باعث برهم خوردن طراحی و واگرا شدن مسیر طراحی نشود. در جدول ۲-۱ تابعیت قسمت‌های مختلف زیردریایی از تناژ، توان سیستم رانش و سطح توان انرژی الکتریکی مورد نیاز و یا تابعیت طراحی سیستم و بار نشان داده شده است.

جدول ۲-۱: تابعیت حجمی و وزنی سیستم‌های مختلف زیردریایی [۲]

تابعیت	نام گروه	شماره گروه
--------	----------	------------

۱ این سیستم‌ها متناظر با ماموریت زیردریایی تعریف شده‌اند



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

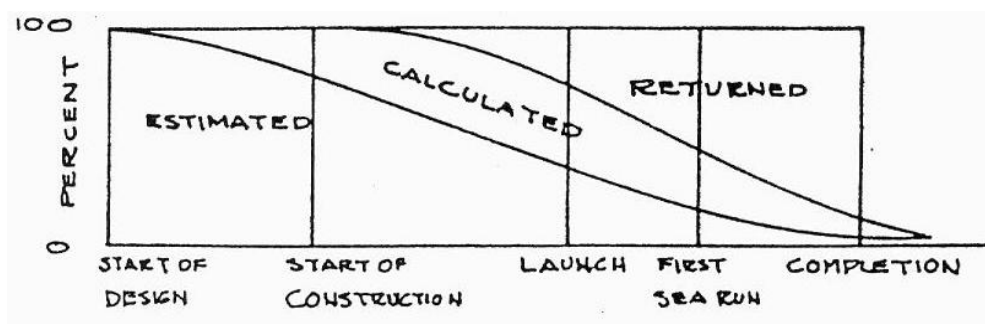
۱	بدنه	تناژ نرمال سطحی
۲	رانش	قدرت مورد نیاز شافت و حجم باطری ها
۳	الکترونیک و قدرت	KW توان الکتریکی
۴	ناوبری و مخابرات	تناژ نرمال سطحی
۵	سیستم های فرعی و تاسیسات	تناژ نرمال سطحی
۶	مکانیزم ها و تجهیزات دریایی	تناژ نرمال سطحی
۷	سیستم سلاح و تسلیحات	امکان سنجی سیستم سلاح و حجم و وزن مورد نیاز تسلیحات
A-1	مجموع گروه های هفت گانه	
سرب	محدوده ی ایمنی طراحی	
A	A-1مجموع سرب و	
VI	بارهای متغیر	
NSC	Aمجموع بارهای متغیر و	
MBT	مخازن شناوری اصلی	
	تناژ زیر سطحی	

همانطور که نشان داده شده است طراحی سازه ی بدنه، سیستم های فرعی و تاسیسات، فضاهای پشتیبانی و اتاق فرمان و مکانیزمها تابعی از تناژ زیردریایی خواهد بود حال آنکه طراحی سیستم های رانش تابعی از توان رانشی سیستم که خود متناسب با طراحی شکل بدنه، سناریوی حرکتی ( حداکثر سرعت)، قابلیت اطمینان مورد انتظار از سیستم خواهد بود. طراحی سیستم های برق و قدرت تابعی از توان سیستم های برق و رانشی مورد نیاز زیردریایی است که این به نوبه ی خود متناسب با سطح تکنولوژیکی کشور (به لحاظ انتخاب باطری، دیزل ژنراتور، موتور و کلیدهای توان بالا و طراحی تابلوهاست) و نیز سطح توان و همزمانی مصرف واحد های مصرف کننده ی توان برقی است. نکته ی قابل تامل، طراحی سیستم های سلاح است که تابعیتی از بار قابل حمل و طراحی و نوع طراحی سیستم سلاح می باشد. این موضوع اثر بسیار زیادی در تناژ و کلاس زیردریایی خواهد داشت. توجه به این نکته، مهم و پراهمیت است که طراحی یک زیردریایی و پارامترهای تعیین کلاس آن علاوه بر اینکه تابعی از سناریوی عملیاتی و محیط عملیاتی زیردریایی است، تابعی از بار قابل حمل و نوع تسلیحات و سیستم پرتاب کننده ی آن



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

است به این معنا که زیردریایی خود تابعی از طراحی و نوع طراحی سیستم سلاح خواهد بود حال آنکه در گروه‌های دیگر این تابعیت به این شدت وجود ندارد. دیده می‌شود متناسب با نوع سلاح و منطقه‌ی عملیاتی یک زیردریایی، کلاس و تناژ یک زیردریایی متفاوت خواهد بود گرچه پارامترهای صحت‌سنجی طراحی زیردریایی در نهایت با توجه به تفاوت‌های کلاس زیردریایی در یک محدوده‌ی مشترک و نزدیک به هم خواهند بود.<sup>۱</sup> طراحی زیردریایی با شروع طراحی و انتخاب معیارهای سیستم سلاح زیردریایی آغاز خواهد شود.



شکل ۱۰-۲ تخمین و پیش بینی وزنی در هر مرحله طراحی [۹]

### ۲-۴-۳- مطالعات اولیه‌ی فناوری‌ها و متغیرهای طراحی [۳]

به منظور تعیین و طراحی فضای تغییر متغیرهای طراحی پارامترهای طراحی به شکل زیر مورد مطالعه و تحلیل قرار خواهند گرفت.

۱. ورژن‌های متنوع از طراحی سیستم‌های سلاح
۲. ورژن‌های متنوع از طراحی شکل بدنه، سیستم‌ها و تجهیزات
۳. طراحی ماشین‌آلات الکتریکی و سیستم رانش
۴. بررسی‌های استفاده از سطح اتوماسیون و یا استفاده از کارکنان

۱ منظور از این پارامترها، پارامترهایی نظیر نسبت‌های ابعادی مانند طول به قطر و محل بهینه‌ی برجک و سطوح کنترل است



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۵. طراحی سیستم‌های تاسیساتی

۶. طراحی ورژن‌های مختلف از حجم‌بندی مخازن، بالانسینگ و پایداری

۷. طراحی دینامیک حرکت، سطوح کنترلی و مانورینگ

۸. دیگر سیستم‌های جایگزین

### ۲-۴-۳-۱- تشکیل فضای تغییر متغیرهای طراحی

بعد از اینکه ورژن‌های متنوعی از سیستم‌های مدنظر مشخص شدند، به منظور طراحی مدل‌های متنوع زیردریایی از ترکیب ورژن‌های مختلف سیستم‌ها، لازم است فضای طراحی که نشان دهنده‌ی محدوده‌ی تغییرات هر سیستم و متشکل از ورژن‌های مختلف سیستم‌ها است، تشکیل شود. در بیان کلی‌تر، فضای طراحی متشکل از ورژن‌های متفاوت از سیستم‌های مذکور در بند قبل برای جانشینی در ورژن‌های مختلف در مدل ترکیبی زیردریایی مورد بررسی و تحلیل قرار خواهد گرفت. گزینه‌های طراحی سیستم‌های مختلف، کل متغیرهای طراحی زیردریایی را استخراج و محدوده‌ی تغییرات را مشخص می‌کنیم. به این منظور ابتدا لازم است جدول متغیرها بر اساس تغییرات سیستمی مشخص گردند، این جدول همان فضای تغییر متغیرهای طراحی است. خروجی‌های این جدول به تحلیل‌های اثربخشی، ریسک و هزینه وارد میشوند. کارفرما بهترین انتخاب برای هر متغیر طراحی را با درنظر گرفتن امکان-سنجی زیردریایی، انتخاب می‌کند. قبل از ورود ورژن‌ها به تحلیل‌های یاد شده لازم است که امکان‌سنجی‌های لازم برای شناخت ورژن‌های ممکن صورت پذیرند. به منظور این کار لازم است که پارامتر ثابتی در نظر گرفته شود. این پارامتر در اینجا لایوت زیردریایی است که برگرفته شده از مدل‌های استاندارد و پیشنهادی به کارفرما است. البته لازم به ذکر است که لایوت‌های پیشنهادی خود تولید ورژن‌های مختلف را میکنند. در صورتی که هر ورژن به هر دلیلی معیارهای اصلی مورد توافق طرفین بر اساس مدل مبنایی را رد کند، عدول از این معیار را باید کارفرما بپذیرد و طراح متناسب با نیاز او طراحی را



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

تغییر خواهد داد. جداول متغیرهای طراحی و اختلافات آنها مشخص خواهد شد و بیان الزامات آنها که باید طبق جدولی تنظیم شوند، فضای تغییر متغیرهای طراحی از مدل‌های مختلف سیستم‌ها را نتیجه می‌شود. اساساً این جداول شامل موارد زیر است.

۱. محدوده ی قطر
۲. محدوده ی نسبت طول به قطر
۳. سیستم های مختلف تسلیحات
۴. محدوده ی نسبت ارتفاع به عرض
۵. طراحی های مختلف شکل بهینه و پارامترهای هیدرودینامیک
۶. محدوده ها و معیارهای ارگونومی افراد
۷. گزینه های انتخاب سیستم رانش شامل موتور رانشی و دیزل ژنراتور (از جمله پارامترهای اثر بخشی کلان)
۸. جایگزین های ممکن برای باطری
۹. حجم سوخت در حالت اسنورکل در ورژن های مختلف
۱۰. طراحی های مختلف برجک و دکل و چیدمانی های آنها

### ۲-۴-۳-۲- استخراج ورژن های مختلف

ورژن های مختلف زیردریایی متشکل از مدل هایی است که از جایگزینی سیستم ها و تجهیزات مختلف با درنظر گرفتن معیار امکان سنجی آرشیوکتوری آن حاصل می شوند. خروجی مدل ترکیبی زیردریایی، به ورودی قسمت بررسی عملکردها و سنجش های مختلف برای سیستم ها در ورژن های مختلف وارد می شود. خروجی عملکرد این قسمت نهایتاً عدد کارایی زیردریایی و اثربخشی آن خواهد بود. از بین ورژن های قابل قبول، ورژن هایی که بر اساس معیارهای ۲-۴-۳-۲- بند ۲-۴-۳-۲- ( بررسی عملکردها و سنجش های مختلف برای سیستم ها در ورژن های مختلف) مورد ارزیابی قرار گرفته اند به



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

منظور پیشنهاد به کارفرما تهیه می‌شوند. طراح بر اساس معیارهایی چون بهینه‌سازی چندهدفی اولویت-بندی خود را مشخص می‌کند و نهایتاً کارفرما فقط با انتخاب یک مدل، مبنای طراحی فازهای بعدی زیردریایی را مشخص می‌کند.

### ۲-۴-۳- بررسی عملکردها و سنجش‌های مختلف برای سیستم‌ها در ورژن‌های مختلف

این مرحله از فعالیت‌های مطالعاتی طراحی مفهومی، بر روی انتخاب‌های بهینه برای سیستم‌هایی که در مطالعات اولیه دارای چند ورژن خواهند بود، تمرکز دارد و بیشترین مطابقت را با نیازهای کارفرما نسبت به ورژن‌های تولیدی در طراحی مفهومی می‌سنجد.

### ۲-۴-۳- تحلیل سیستم‌های اصلی و فرعی

این تحلیل‌ها شامل سیستم‌های رانش، تاسیسات، برق، ناوبری، سازه و مکانیزم‌ها، سلاح، پایداری و دینامیک و ... است که در زیر به بخشی از مهم‌ترین آنها اشاره شده است.

### ۲-۴-۳-۱- تحلیل سیستم‌های رزمی

این تحلیل باید پنج عملکرد ویژه را بررسی و مقایسه کند. محاسبه ی کل وزن و مرکز وزنی تمامی اجزاء سیستم‌های رزمی و قابلیت‌های مختلف شبکه‌ی فرماندهی و کنترل سلاح، بررسی ناحیه و حجم خارج از بدنه فشار زیردریایی و نیز تحلیل قابلیت‌های مورد نیاز از شلیک سلاح و قابلیت‌های سیستم کنترل آتش

### ۲-۴-۳-۲- تحلیل سیستم‌های رانش

این تحلیل‌ها شامل بررسی مشخصات باطری از قبیل وزن و حجم و ظرفیت، مشخصات پروانه، وزن و حجم سوخت و تحلیل برد، بررسی آرشیکتوری کل فضاها، ماشین‌آلات سیستم رانش، تحلیل



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

قابلیت‌های مورد انتظار از سیستم رانش و انتقال قدرت، تحلیل قابلیت‌های مانور و حرکت خواهد بود.

### ۲-۴-۳-۴- تحلیل بدنه

در این تحلیل‌ها مشخصات مختلف و نسبت‌های ابعادی از بدنه‌های ارائه شده به منظور مدل کردن با هم مقایسه می‌شوند. حجم‌ها و قابلیت‌های آرشیتکتوری و طراحی به همراه اثرات وابسته و اثرپذیر از دیگر تحلیل‌ها نیز از اهمیت برخوردار است. قابلیت‌هایی شامل تحلیل نجات در این قسمت قرار دارد. فرایندهای انتخاب و طراح شکل بدنه به همراه کارآیی آن، جایگزین‌های مناسب از شکل بدنه و نیز قابلیت ساخت، امکان سنجی جایگزینی ورژن‌های مختلف از سیستم‌ها که مستقیماً با سطح تکنولوژیکی و یا تامین تجهیزات در ارتباطاند به همراه تحلیل‌های هیدرودینامیکی با در نظر گرفتن طراحی بهینه‌ی شکل هیدرودینامیکی زیردریایی از معیارهای اصلی طراحی مفهومی و مشخصات سیستمی و ورژن‌های طراحی زیردریایی است که از طریق استخراج قابلیت‌های مورد انتظار از کلاس زیردریایی خاص مشخص می‌شود. به منظور طراحی یک زیردریایی باید تحلیلی‌های مرحله‌ای زیر به شکل دقیقی و به صورت پله‌ای انجام پذیرد.

### ۲-۴-۳-۴- تحلیل‌های مخازن

در این قسمت لازم است با استفاده از پارامترهایی نظیر سطح اتوماسیون، انرژی (دو پارامتر اتوماسیون و انرژی به نوعی تعداد افراد و حجم سیستم‌های پشتیبانی و مخازن مربوطه را تعیین میکنند)، وزن و حجم سوخت و نوع سیستم رانش و نیز پارامترهای تعادلی و چند ضلعی تریم، حجم و وزن مخزن‌های مورد نیاز را پیش‌بینی کرد و مشخصات پایداری و پارامترهای وابسته به حجم بندی مخازن مانند برد عملیاتی، ماندگاری در دریا و تعداد کارکنان را استخراج و حالت‌های گوناگون را مقایسه کرد. مهم‌ترین قسمت و خروجی این تحلیل بررسی پایداری شناور در قالب حجم بندی مخازن و



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

بالانسینگ و چند ضلعی ترسیم است.

### ۲-۴-۳-۵- تحلیل الکتریکی

این تحلیل الزامات برق قدرت زیردریایی را محاسبه میکند. پارامترهای ورودی (اندازه، قدرت، ظرفیت مفید، حجم و وزن) برای محاسبه‌ی این قسمت استفاده می‌شود. جایگزین های مختلف از سیستم‌های یک مدل می‌تواند محاسبات متفاوتی را دارا باشد.

### ۲-۴-۳-۶- تحلیل مقاومت

این تحلیل عملکرد سیستم رانش را در حالت‌های گوناگون طراحی بررسی می‌کند و ویژگی‌های عملیاتی و خروجی‌های آن‌ها را استخراج می‌کند. این پارامترها مانند شعاع و برد عملیاتی، سوخت مورد نیاز و سرعت زیردریایی است که باید با معیارهایی که در تحلیل‌های قبلی همپوشانی دارد مقایسه شود.

### ۲-۴-۳-۷- تحلیل فضا و وزن

أ. تحلیل فضا

در قسمت تحلیل فضا، با استفاده از مقادیر ورودی شامل مدت زمان دریانوردی، باتری، سوخت، میزان خواروبار، کارکنان، ارتفاع دک، حجم هر یک از اجزاء و مخزن‌ها، حجم بدنه‌ی فشار را محاسبه میکند. خروجی این مازول تناژ زیردریایی است. دو نوع حجم اصلی است که باید در نظر گرفته شود: حجم اشغال شده بوسیله‌ی اجزای فیزیکی (مخزن‌ها و ماشین آلات و غیره) و حجمی که برای عملیات زیردریایی و خدمه (کابین خواب، سالن غذاخوری، محل عبور و غیره) مورد نیاز است. در نهایت حجم مخازن بالاست اصلی و تحلیل‌های آب گرفتگی با توجه به الزامات استخراجی از پیش طراحی و نکات



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

مورد اشاره در قرارداد همگی محاسبه میشوند. شکست حجمی سیستم ها بیشتر متناسب با نوع و کلاس زیردریایی خواهد بود اما محدوده‌ی درصد حجمی کامپارتمان های اصلی زیردریایی در گام اول طراحی میتواند از الگوی ارائه شده در جدول ۲-۲ باشد.

جدول ۲-۲ دسته‌بندی حجمی زیردریایی‌های دیزل الکتریک [۱۳]

حجم %	
۲۸	بار قابل حمل
-	سازه
۵۶	ماشین آلات سیستم های اصلی و کمکی
۱۱	مکانیزم ها و قسمت پشتیبانی
۵	انبارها
-	سرب ها و بالاست دائمی
۱۰۰	جمع

ب. تحلیل وزن

این تحلیل به محدوده‌ی اطمینان سیستم و استفاده از سرب در طراحی زیردریایی در حالت‌های گوناگون بستگی دارد. به این منظور ازگراف شکل ۲-۱۱ یر استفاده میشود. در این بخش با بیان مشخصات مدل مبنایی و نیز استخراج مشخصات مدل اولیه اصلی به قیاس بین قابلیت‌های ذکر شده در قبل می‌پردازیم و الزامات طراحی ابعادی شامل طول و قطر و ارتفاع زیردریایی در این مبحث مورد بحث قرار میگیرد. خروجی این بخش یکی از مواردی است که اثر بخشی محصول را به صورت کلان مورد بحث قرار می‌دهد و لازم است حالت‌های مختلف با در نظر گرفتن معیارهای یاد شده و اثرگذار در بخش طراحی و نیز معیارهای اثر گذار در حوزه‌ی ساخت به دقت لیست شوند تا در حین طراحی و ساخت بتوان جایگزین‌های مفید و دقیقی از محصول را در اختیار داشت.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

گروه بندی وزنی زیردریایی	درصد وزنی مجاز
سازه بدنه و پوشش ها و جاذب ها	۴۲/۱۲~۵۱
سلاح و بار قابل حمل	۲/۳~۲/۵
رانش <sup>۱</sup>	۲۴~۳۹/۲۳
تجهیزات دریایی	۳/۷~۵/۸۲
تجهیزات الکتریکی	۲/۴~۵/۲
تجهیزات الکترونیک و ناوبری	۱/۱۸~۴/۵
تاسیسات	۴/۳~۱۱/۵۲
A1	
وزنه های سربی و بالاست های دائمی	
A	
وزن های متغییر	
وزن سبک	
وزن آب مخازن بالاست	
تناژ زیرسطحی	

جدول ۲-۳ گروه بندی وزنی در زیردریایی

*(Group of 1-7) = condition A1*

*Condition A1 + Lead = A*

*Condition A + variable load = normal surface condition (NSC)*

*NSC + MBT = submerged displacement*

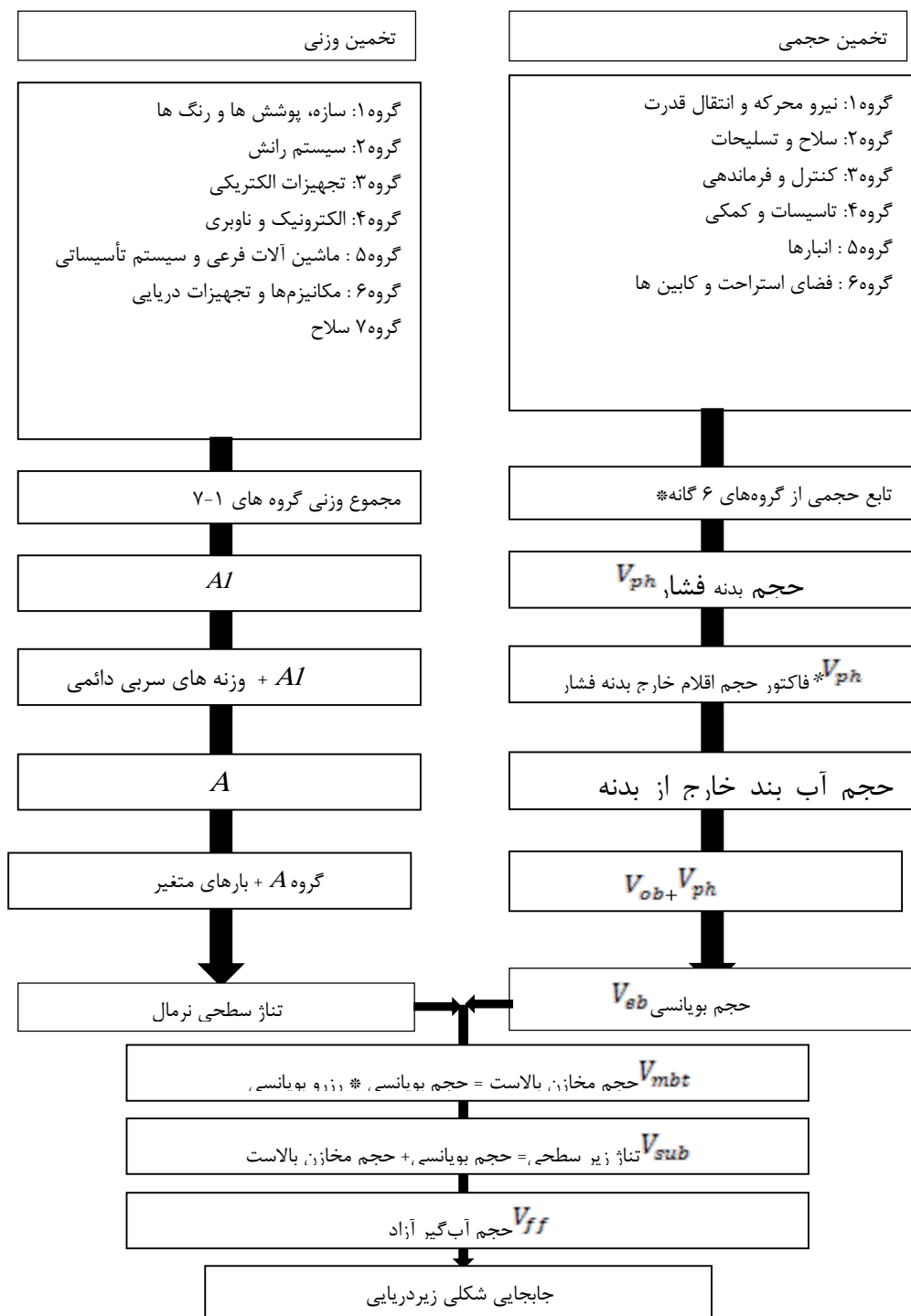
*Lead* : شامل وزنه های سربی تعادلی، جبران اشتباهات طراحی و ساخت، اهداف توسعه، توسعه

های پیش‌بینی نشده خواهد بود.

<sup>۱</sup> بنابر نوع دسته بندی ارائه شده در مرجع طراحی [۵] باطری ها زیرمجموعه‌ی رانش دسته بندی خواهند شد



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان‌سنجی و طراحی مفهومی متحرک‌های زیرسطحی





شکل ۱۱-۲ تعادل وزن و حجم [۹]

\* : مجموع احجام به دلیل همپوشان بودن به کار برده نمی شود

این تحلیل به منظور بررسی های لازم برای تعادل بین وزن و حجم و حفظ محدوده ی وزنی سیستم ها استفاده میشود. برای هر سیستم لازم است محدوده ی وزنی و حجمی آن مورد بررسی قرار گیرد تا زیردریایی با قابلیت های مورد نظر در محدوده ی تناژ خواسته شده استخراج شود.

#### ۲-۴-۴- تحلیل های مدیریتی

معیارهایی در این قسمت مورد توجه است که می توان از مهم ترین آنها به موارد زیر اشاره کرد.

#### ۲-۴-۴-۱ تحلیل امکان پذیری

این تحلیل مقادیر موجود را با مقادیر مورد نیاز با استفاده از نسبت امکان پذیری مقایسه میکند.

مقدار موجود - مقدار مورد نیاز

مقدار موجود

مشخصاتی مانند برد، شعاع عملیاتی، مدت زمان ماندگاری در دریا،  $GM$ ،  $BM$  و  $BG$  و پارامترهای



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

آرشیفتکتوری همگی برای بررسی امکان پذیری مورد بررسی قرار میگیرند.

### ۲-۴-۴-۲- میزان اثر بخشی

تعاریف ارائه شده در این بخش برگرفته از مفاهیم اصلی متناسب با مراجع [۳، ۵، ۶] بوده است.

۱. سنجه کلی اثربخشی ۱: شاخص عددی شایستگی کلی (بین ۰ تا ۱) که میزان اثربخشی وسیله

مربوطه را در ماموریت‌های مشخص بیان می‌کند.

۲. سنجه‌های اثربخشی ماموریت یا ماموریت نوعی ۲: شاخص عددی شایستگی (بین ۰ تا ۱) برای

سناریوهای ماموریت مشخص یا ماموریت نوعی

۳. سنجه‌های کارایی ۳: سنجش کارایی یک شناور یا یک سیستم خاص با استفاده از خواص مورد

نیاز و مستقل از ماموریت. مانند سرعت، برد، تعداد موشک قابل حمل و ...

۴. مقدار کارایی ۴: شاخص عددی شایستگی (بین ۰ و ۱) که مقدار یک سنجه کارایی مشخص را در

یک ماموریت خاص یا ماموریت نوعی مشخص می‌کند.

برای محاسبه اثربخشی کلی ماموریت برای یک زیردریایی ملاحظات مختلفی وجود دارد:

سنجه‌های کارایی، خط مشی دفاعی و اهداف، تهدیدهای دشمن، محیط، ماموریت‌ها، سناریوهای

ماموریت، ساختار نیرو، مدلسازی و شبیه‌سازی و یا نتایج جنگ و نظرات اهل فن این تحلیل میزان اثر

بخشی کلی یک طراحی خاص را برای مقادیر کارایی آن و ورژن‌های مربوطه بدست آمده در طول

مقایسه‌ی جفتی محاسبه میکند مقادیر کارایی هر محصول مقدار نسبت کارایی یک سیستم و یا طرح

است، این پارامتر در کنار ضریب وزنی مرتبط با مقادیر کارایی اهمیت ورژن خاصی از یک سیستم

زیردریایی را در مقابل باقی سیستم‌ها و کل زیردریایی می‌سنجد. نسبت کارایی هر سیستم و یا طرح از

---

۱ OMOE - Overall Measure of Effectiveness

۲ MOEs - Mission or Mission Type Measures of Effectiveness

۳ MOPs - Measures of Performance

۴ VOP - Value of Performance



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

مقدار مطلق آن نسبت به مقدار کل مورد نیاز استخراج میشود کل میزان اثر بخشی یک نوع محصول از جمع میزان اثر بخشی هر سیستم استخراج میشود.

### ۲-۴-۳- تحلیل ریسک

این تحلیل مانند تحلیل کلی میزان اثر بخشی عمل می کند، سه نوع ریسک تکنولوژیکی کارآیی، هزینه و زمان بندی است که باید آنها را در نظر بگیریم. جمع این سه نوع ریسک، ریسک قابل اطلاق سیستم و با اعمال پارامتر وزنی آن، مقدار کلی ریسک سیستم مشخص می شود.

### ۲-۴-۴- تحلیل هزینه

خروجی این تحلیل کل هزینه ی اصلی ساخت، مونتاژ و تامین تجهیزات زیردریایی است، برای محاسبه ی این هزینه، هزینه ی مواد و دستمزد هر نفر ساعت نیروی طراحی و ساخت و مدیریتی بطور جدا محاسبه می شوند.

### ۲-۴-۵- تحلیل زمان

در این مبحث تحلیل های مربوط به زمان انجام پروژه اعم از طراحی و ساخت و خرید و غیره به علاوه ی تخمین میزان نفر ساعت مورد نیاز در قالب گانت چارت تهیه می شود.

### ۲-۴-۵- تحلیل نیازمندی ها و انتخاب کلاس زیردریایی

۱. استخراج قابلیت های مورد انتظار
۲. استخراج مشخصات عملیاتی مورد انتظار کارفرما بر اساس کلاس زیردریایی



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۳. تحلیل مشخصات عملیاتی و استخراج مشخصات فنی زیردریایی
۴. طراحی ورژن‌های گوناگون از یک سیستم به منظور تحلیل جفتی و سیستماتیک برای انتخاب بهترین جایگزین‌ها
- به همین منظور لازم است که مشخصاتی از زیردریایی که در این حوزه اثر گذاراند مورد بحث و مقایسه‌ی عملیاتی، کاربری، ارگونومی و معیارهای آرشیوتکتوری و نیز سطح توان (هیدرودینامیک) و انرژی و البته هزینه و تناژ قرار گیرند. این مشخصات مهم طبق موارد زیر باید مورد بررسی قرار گیرند.
۱. توان مورد نیاز در سرعت حداکثری در شرایط سطحی، اسنورکل و زیر سطحی
۲. توان مورد نیاز در سرعت کروز و استخراج شعاع عملیاتی در حالت اسنورکل و زیر سطحی
۳. پایداری و نیز قابلیت مانورپذیری
۴. حداکثر عمق عملیاتی
۵. حداکثر ماندگاری در زیر آب
۶. میزان و انواع سیستم‌های اختفاء مورد نیاز شامل سیستم‌های اختفاء هیدرودینامیکی، مغناطیسی، اکوستیکی، الکتریکی، حرارتی و نوری
۷. انواع سیستم‌های پایش و آشکارسازی محیطی
۸. انواع تسلیحات و سیستم‌های پدافندی مورد نیاز
۹. سطح اتوماسیون مورد نیاز
۱۰. شناسایی و تعیین مأموریت‌های مورد نظر از قبیل شناسایی، تهاجمی، حمل و جابجایی بار تاکتیکی (تحلیل‌های مانورینگ)
۱۱. انواع سیستم‌های گریز از صحنه
۱۲. حداکثر میزان ترابری و حمل بار مورد نیاز
۱۳. حجم فضاها و اقلام بزرگ
۱۴. تعداد بدنه و مزایا و معایب شکل بدنه



۱۵. تعداد دکها

۱۶. تعداد بالکهد و تحلیل قابلیت آب‌گرفتنی

۱۷. هزینه و قابلیت تولید

## ۲-۵- مدل و تعریف معیارهای طراحی زیردریایی

طراحی در فاز امکان سنجی و مفهومی تلاشی است برای سازگار کردن نیازهای فیزیکی متضاد جهت تأمین یک سری نیازمندیهای از قبل تعیین شده که نقطه شروع هر هدف طراحی است و عموماً توسط مشتری تعیین می‌شود. اگر نیازها از قبل تعیین نشده باشد، طراح باید یک دسته از این نیازمندیها را خودش تعیین کند. نیازمندیهای طراحی، تابعی از هدف وسیله، نوع مأموریت‌هائیکه قرار است انجام شود، محدودیتهای محیطی و دیگر واقعیتهای مربوطه است. این امکان به خوبی وجود دارد که نیازمندیها اجباراً باید با پیشرفت طرح و هنگامیکه ملاحظات خارجی و واقعیتهای فیزیکی، محدودیت ایجاد می‌کند، هماهنگ شود. [۹]، عموماً یک مهندس با پارامترهای متضاد مواجه است. این پارامترهای ابعاد بهینه سازی و معیارهای انتخاب مدل های مفهومی را معرفی میکنند [۱۱]

۱. پارامترهای فیزیکی و حداقل وزن

۲. پارامترهای اقتصادی و کمترین هزینه

۳. پارامترهای قابلیت اطمینان حداکثر ایمنی

۴. پارامترهای محیطی و حداقل تاثیر

۵. حداکثر بهره وری

و غیره

برای کامپیوتری کردن فرایندهای طراحی برای هر نوع محصول مهندسی، از جمله زیردریایی‌ها، به یک مدل ریاضی نیاز است. تعاریف به کار گرفته شده در بیان روش طراحی بر اساس سند مرجع طراحی



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

[۱۰] آورده شده است. در ادامه به آن خواهیم پرداخت. در اینجا به عنوان مهم‌ترین مسئله، مأموریت طراحی یک زیردریایی را فرمول بندی می‌کنیم. فرض می‌شود که  $C(C_i...C_j)$  بردار اهداف مشخصات طراحی زیردریایی، داده‌های حاصل از نمونه اولیه و غیره (مانند، سرعت، عمق غوص) باشد. بردار  $X(X_i...X_n)$  نیز بردار گزینه‌هایی، مانند ویژگی‌های زیردریایی (تناژ، ابعاد اصلی)، است که باید بهینه شود. مولفه‌های بردار  $X$  از دو طرف به صورت زیر محدود شده‌اند:

$$(X_i)_{min} \leq X_i \leq (X_i)_{max}, i = 1 \dots n$$

این محدودیت‌ها، به عنوان مثال از محدودیت‌های ساخت و سرویس‌دهی، ناشی می‌شوند.

الزامات زیردریایی به صورت زیر فرمول بندی می‌شوند:

$$B_j(X, C) \oplus A_j(C), j = 1 \dots m$$

در اینجا  $B_j$  تخمینی از مقدار خصوصیت  $j$ ام، از متغیر طراحی مورد نظر است،  $\oplus$  نشان دهنده رابطه ( $<$ ،  $>$  و غیره) بوده و  $A_j(C)$  الزامات مربوط به خصوصیت  $j$ ام می‌باشد.

در این حالت، هر گزینه‌ای (هر  $i$ ) که در روابط بالا صدق کند، قابل قبول می‌باشد.

برای انتخاب بهترین گزینه، نیازمند تعریف معیار راندمان هستیم، که شاخص کامل شدن طراحی

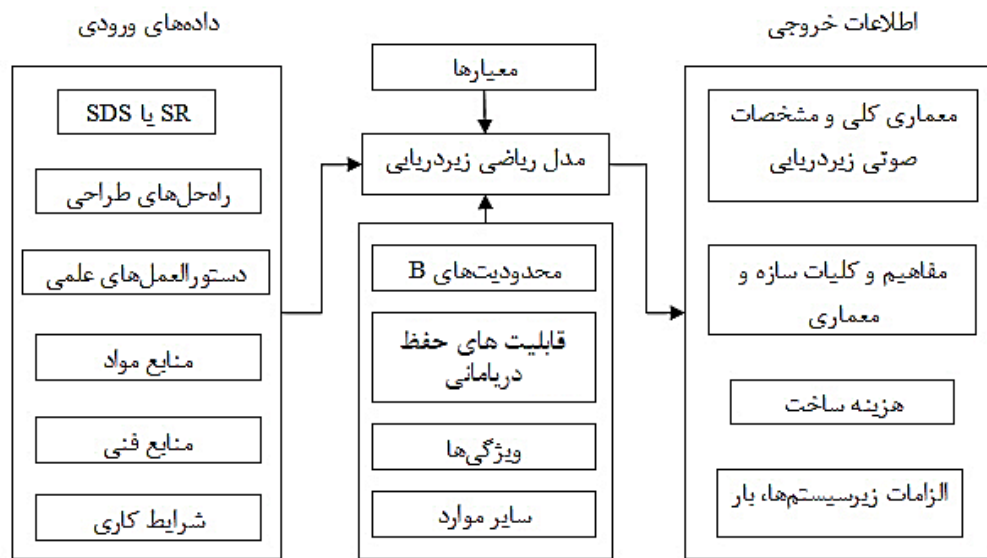
است:

$$Z(X, C) \rightarrow \text{حداکثر}$$

فرض می‌شود که  $Z(X, C)$  یک تابع یکنواخت از خصوصیت طراحی باشد. بنابراین کار طراحی زیردریایی، یافتن بردارهای  $X$  است که با مشخص بودن  $C$ ، معیار طراحی برای آنها حداکثر باشد و در روابط اولیه نیز صادق باشند. یک مدل ریاضی برای زیردریایی که نشان دهنده تمام توابع  $A_j$  و  $B_j$  و  $\tilde{e}$  است در شکل ۲-۱۲ نشان داده شده است.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۲-۱۲: مدل ریاضی طراحی زیردریایی [۱۰]

شرط اصلی برای هر مدل ریاضی برای زیردریایی، متناسب و دقیق بودن آن است؛ یعنی جواب‌های تئوری که از این مدل به دست می‌آیند باید توسط داده‌های عملی که در دسترس هستند، تأیید شوند. تناسب مدل توسط این موارد به دست می‌آید:

- ساخت مدل هندسی زیردریایی که قابلیت توصیف شکل‌های مختلف بدنه‌های بیرونی، بدنه فشار و ضمايم آنها را داشته باشد.

- ایجاد الگوریتم‌هایی که ماهیت فیزیکی روابط و نسبت‌های ارائه شده را نشان دهند و ایجاد الگوریتم‌هایی بر اساس روش‌های محاسباتی.

- افزایش دامنه جزئیات مدل‌های ریاضی برای بیان فرآیند طراحی

- استفاده از روش‌های محاسباتی مستقیم در معماری دریایی

مدل‌های ریاضی که در کمیته‌های طراحی استفاده می‌شوند، اساساً برای حل مسائل طراحی زیر ایجاد شده‌اند:

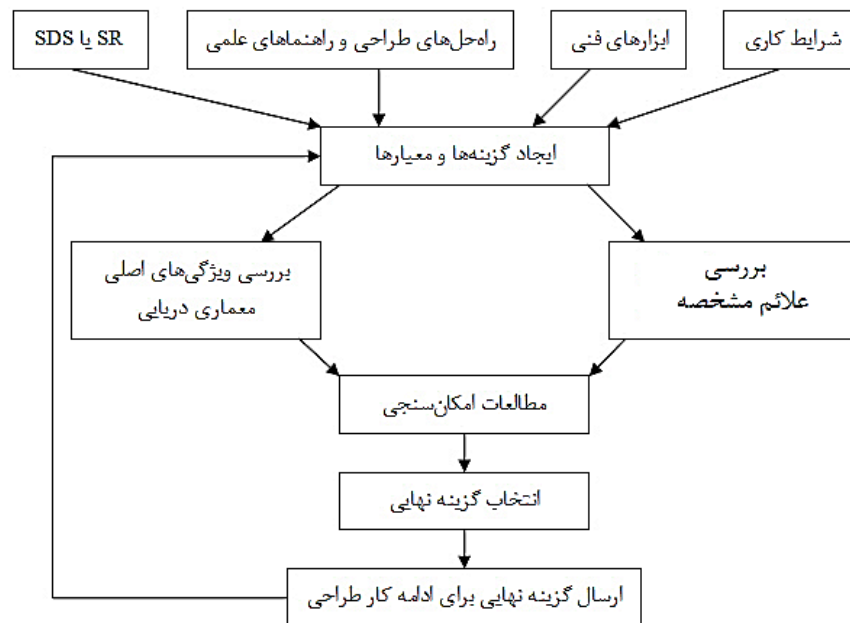
- ارزیابی موفقیت عملی در رسیدن به مجموعه اهداف مشتری، کنترل هماهنگی و سازگاری این نیازمندی‌ها و هماهنگ نمودن خصوصیات زیردریایی که در مشخصات طراحی ذکر شده‌اند.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان‌سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

- مشخص نمودن (به‌روز کردن) ویژگی‌های اصلی زیردریایی از نظر سازه و معماری.

اولین مسئله که بیشتر مربوط به مرحله طرح فنی پیشنهادی است، شامل ایجاد گزینه‌های گوناگون زیردریایی، ارزیابی ویژگی‌ها و خصوصیات آنها و انتخاب گزینه برتر برای ادامه کار طراحی می‌باشد.



شکل ۲-۱۳: نمودار نحوه رایج انجام کار در مرحله طرح فنی پیشنهادی [۱۰]

به طور منطقی، دومین فعالیت در ادامه اولین فعالیت می‌باشد. در این مرحله توضیحات مربوط به بدنه بیرونی و بدنه فشار تصحیح می‌گردد، چیدمان به‌روز می‌شود، محاسباتی در زمینه دینامیک و استاتیک زیردریایی صورت می‌گیرد و اطلاعات لازم برای تحلیل‌های بعدی، توسط سایر قسمت‌های طراحی، آماده می‌شود. در این جا باید ذکر شود که طراحی هر محصول، از جمله محصولات پیچیده‌ای همچون زیردریایی، یک هنر است. طراح باید همواره توانایی‌ها و دانش خود را بهبود داده و آنها را با استفاده از انجام تحلیل‌ها و کشیدن نقشه‌های دستی کامل نماید. که البته در متدولوژی ارائه شده محل اعمال این هنر ارائه یک لایوت است که میتواند برآورده کننده نیازهای عملیاتی و فنی زیردریایی و هم ارائه کننده هنر طراح باشد.



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



## فصل سوم

### طراحی مفهومی زیردریایی در حلقه اول

#### ۳- طراحی مفهومی زیردریایی در حلقه اول

این بخش شامل بررسی مفهومی زیردریایی در حلقه اول است. در حلقه اول طراحی مشخصات کلی از زیردریایی مورد انتظار استخراج شده و در حلقه دوم و سوم مشخصات سیستمها، که الزامات آنها در حلقه اول مشخص شده است، طراحی می‌شوند. ورودی مبحث طراحی مفهومی زیردریایی مطابق با حلزون طراحی ارائه شده، استفاده از تحلیل‌های نیازسنجی و مدل بکارگیری است. به منظور درک اولویت بندی طراحی میتوان در ابتدا به امکان‌سنجی سیستمها و امکان‌سنجی زیردریایی و نیز تعیین تابعیت طراحی سیستمها در زیردریایی اشاره کرد. همانطور که اشاره شد، فرایند طراحی با استخراج سندهای نیازسنجی و مدل بکارگیری آغاز شد. بعد از این دو گام از پروژه به بررسی قابلیت‌های اساسی زیردریایی که در اجرای ماموریت یا ماموریت‌های اصلی زیردریایی تاثیرگذار است خواهیم پرداخت. این بررسی به ما نشان میدهد که عملیات‌های خواسته شده از سوی کارفرما در زبان سیستمی به چه نحو خود را نشان خواهند داد. با نگاهی به معیارهای اعلام شده از سوی کارفرما میتوان فضا و محدوده‌ی طراحی را در بازه مورد نظر کارفرما قرار داد. معیارهای اولیه فناوری‌ها و متغیرهای طراحی، فضای تغییر متغیرهای طراحی و نیز تحلیل‌هایی که در این حوزه انجام خواهند شد را معرفی خواهد کرد. بعد از این گام از پروژه به سراغ مدل سازی سیستم سلاح و تسلیحات زیردریایی خواهیم رفت. این مدل سازی میتواند تخمین اولیه از تناژ زیردریایی را به دنبال داشته باشد. بعد از این مرحله لازم است بررسی شود که مدل‌های مختلف زیردریایی آیا توان لازم برای پیمایش مسیر مورد نظر را دارند یا نه به همین جهت با استفاده از فرم‌ها و



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

لایوت های استاندارد زیردریایی به سراغ تخمین مقاومت و وزن و حجم سیستم رانش و باطری و سوخت خواهیم رفت. به موازات تخمین مقاومت شناورها به تحلیل فضای حداقلی و حداکثری شناورها خواهیم پرداخت تا در مدل سازی و مطالعه شناورهای امکان پذیر هم منطق وزنی را بررسی کرده باشیم هم منطق حجمی را. همانطور که الیه شد با استفاده از منطق حجمی طراحی شناورهای زیرسطحی به شناخت حداقل و حداکثر فضای قابل تامین برای سیستم رانش خواهیم رسید. این عمل به ما نشان خواهد داد که تا چه حدی میتوان باطری و سوخت، موتور رانشی و دیگر اجزای سیستم رانش را در مدل های مختلف زیردریایی جانمایی کرد. تعیین ابعاد و دور موتورهای متنوع رانشی تا حد بسیار زیادی مشخصات پروانه را محدود خواهد کرد. استفاده از یک نوع خاص از موتور مانند موتورهای *DC* و یا موتورهای *BLDC* بر رویه طراحی و مشخصات نهایی شناور تا حدی اثر گذار است. لازم به توضیح است که ورژنهای مختلف زیردریایی از ترکیب ورژنهای مختلف سیستمها که در فضای تغییر متغیرهای طراحی استخراج می شوند و نیز انتخاب های مختلف از لایوت ها بوجود خواهند آمد، که همه باید بتوانند جوابگوی نیازهای عملیاتی کارفرما باشند.

### ۳-۱- نمونه ای از مشخصات فنی اولیه مورد نظر کارفرما از محصول پروژه و ویژگی های

#### محصول پروژه

نمونه ای از مشخصاتی که میتواند از طرف کارفرما به عنوان سند اعلام نیاز مشتری به پیمانکار (طراح) اعلام شود در

جدول ۳-۱ آورده شده اند. با استفاده از اطلاعات مدل زیردریایی فرضی بر اساس یک زیردریایی دیزل الکتریک، به مدل سازی مفهومی خواهیم پرداخت. این اطلاعات در جدول ۳-۱ آورده شده است.

جدول ۳-۱: نیازمندی های فنی و عملیاتی یک زیردریایی فرضی



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

ردیف	موضوع	
۱	بردهای عملیاتی برد عملیاتی در حالت زیرسطحی برد عملیاتی در حالت اسنورکل	۳۰۰ مایل دریایی ۵۰۰۰ مایل دریایی
۲	رزرو شناوری	۱۲ درصد
۳	عمق عملیاتی	۲۰۰ متر
۴	سلاح	تعداد ۶ عدد توب اژدر و ۶ عدد اژدر ذخیره
۵	تعداد پرسنل	۳۰ نفر
۶	سرعت در حالت زیرسطحی سرعت اقتصادی در حالت اسنورکل	حداکثر ۲۰ نات ۱۱ نات

### ۳-۲- تخمین وزنی گروه های مختلف زیردریایی و بسط متغیرها و ورودی های طراحی

#### بر اساس معیار مهندسی وزنی

فرآیند کنترل وزن شناور از ابتدای عمر تا به پایان عمر خود را پوشش می دهد. در طول مرحله تدوین مفهومی شناور، و به عنوان فرایند طراحی شناور تکامل می یابد و تعریف متدولوژی طراحی بالغ، تکنیک هایی به منظور توسعه و برآورد وزنی مطرح و تعریف می شوند. به عنوان مثال در گام های ابتدایی، تخمین وزنی بر اساس پارامترهای ابعادی و البته فرایند ها و تئوری های استدلالی کاربرد خواهد داشت. در طراحی ها اغلب بر اساس روشی متشکل از تخمین های مبتنی بر طرح اولیه، استدلال های مبتنی بر تئوری ها، و استفاده از دادهای استخراجی از فازهای طراحی استفاده می شود. در طول تکامل طراحی اولیه برای طراحی یک شناور جدید، آرشیکتور پلت فرم بدنه را بر اساس تعریف ابعاد، ضرایب مختلف فرم مورد نظر، نسبت بین حجم به سطح مورد نیاز پارامترهای عملیاتی استخراج می کند. نیازمندی های اولیه ماشینری و رانش و تجهیزات اصلی بر اساس توسعه در تأمین انرژی، ویژگی سرعت و دامنه دریایمایی مورد نیاز تعریف می شود. در اینجا مهندس وزن بر اساس تعارف موجود در متدولوژی ایجاد می شود. برآورد اولیه وزن شناور بر اساس پارامتر داده ها و الگوریتم های داده های



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

وزنی شناورهای مشابه و نسبت های وزنی و ابعادی و آرشیکتکتوری آنها انجام می شود. تجزیه و تحلیل دقیق و تشخیص ارتباط بین پارامترهای آرشیکتکتوری شناورها ، تأمین انرژی مورد نیاز و تولید برق ، ماموریت و شرایط ویژه ی عملیاتی، الزامات و خدمات مورد نیاز و وزن داده ها باید توسط آرشیکتکتوری و مهندس وزنی انجام شود. در مراحل اولیه طراحی شناورهای نظامی، مهندسی وزن یک فرایند بسیار پیچیده تکراری است که یک تعادل چالش برانگیز را به منظور حصول اطمینان از ایجاد صحیح پلتفرم و ابعاد شناور (طول، عرض، عمق) و تخمین وزن شناور دنبال می کند. وزن و مرکز ثقل شناور از مهم ترین پارامترهای طراحی محسوب می شود که از همان ابتدایی ترین فازهای طراحی مبتنی بر نیازهای طرح باید سنجیده و استخراج گردند. برآورد وزنی به منظور برآورده کردن وزن خشک، وزن بارها، محاسبه ی مارجین های طراحی، مارجین های بهینه سازی کاربرد دارد. و برآورد مرکز وزنی در حالت عمودی برای مطالعه پایداری شناور در حالت عرضی و مرکز طولی شناور به منظور برآورده کردن پایداری و تریم شناور کاربرد خواهد داشت. در طول فاز طراحی بلوغ و رشد تخمین وزن به عنوان یک نتیجه از توسعه و تکامل طراحی قلمداد میشود. بنابراین رشد و تکامل مهندسی وزنی در مقابل پیشرفت و بلوغ در متدولوژی طراحی و امکان سنجی پارامتری را در مقابل حدود استفاده از مارجین های طراحی بدست می آورد . یکی از روش استفاده شده است برای پیاده سازی این موضوع شاخص بلوغ در مهندسی وزن است. جدول ۲-۳ یک نمونه از شاخص بلوغ است که متناسب با مشخصه سطح بلوغ برآورد وزن نسبت به ریسک پروژه طبقه بندی شده است. در این مثال از یک شاخص ۵ سطحه استفاده شده است، با این حال در صورت نیاز ، متناسب با شرایط پروژه و تشخیص طراح، سطوح دیگر را می توان استفاده کرد. در صورت استفاده از شاخص بلوغ به عنوان یک شاخص در برآورد وزن میتوان سطح اطمینان و قابلیت اطمینان سیستم را بالاتر دید. که از آنجایی که تخمین وزنی الزامات و نیازهای طراحی را برآورد می کند در نتیجه تناسب بین ریسک و شاخص بلوغ وزنی به ارزیابی ریسک کمک میکند. شکل ۳-۱: درصدهایی از شاخص وزنی یک مثال واضح این موضوع است که بیان کننده ی نسبت بین شاخص بلوغ و درصد برآورد وزن سیستم



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

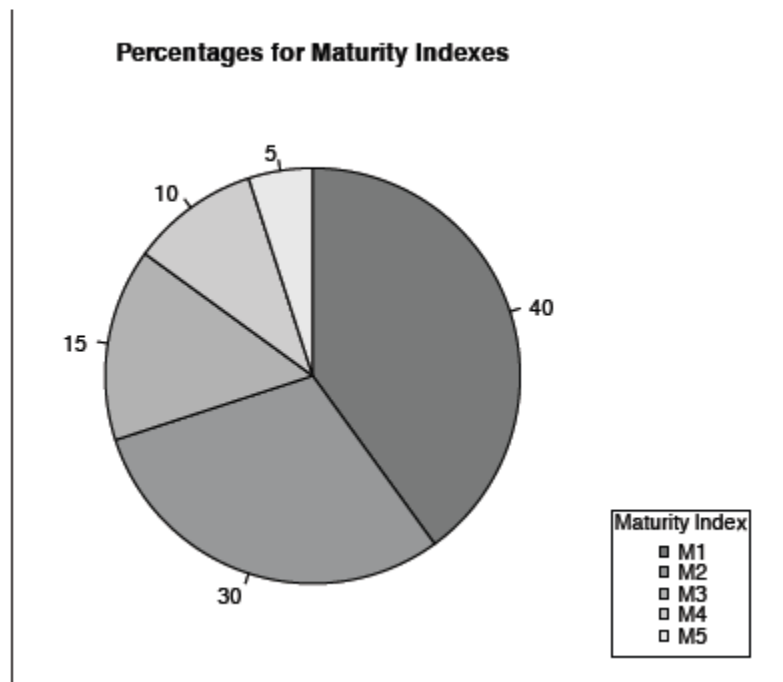
هاست. توسعه و بلوغ شاخص وزنی خود را در توسعه و بلوغ طراحی نشان خواهد داد و این دو از پازامترهای مهم و مرتبط با هم خواهند بود. این مسئله از معیارهای مهم در سنجش بلوغ و محاسبه و ارزیابی ریسک پروژه خواهد بود.

5 (lowest risk)	Actual scale weight (dry weight) of delivered vendor equipment.
4	Calculated weight from final production drawings and design products.
3	Estimated weight from ship drawings such as scantlings, diagrams, catalogs, or vendor drawings.
2	Supplier estimated or budgeted weight from trade studies.
1 (highest risk)	Parametric or ratiocinated weight.

جدول ۲-۳: شاخص تخمین و بلوغ مهندسی وزنی متناسب با ریسک پروژه [۱۱]



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۳-۱: درصدهایی از شاخص وزنی [۱۱]

تعاریف، نمودارها و مطالب این بخش برگرفته شده از مراجع [۹] و [۱۰] می‌باشند.

معادلهٔ وزن‌ها که تناژ زیردریایی را تعیین می‌کنند، تنها زمانی می‌توانند حل شوند که روابط بین مولفه‌های بار و خصوصیات و ویژگی‌های زیردریایی برقرار باشد. توجه به تابعیت سیستم‌ها همانگونه که در قبل نیز توضیح داده شد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است این تابعیت‌ها را می‌توان بر اساس نکات زیر بیان نمود. اولاً، مولفه‌های وزنی زیردریایی را که می‌توانند با دقت کافی از داده‌های مشخصات طراحی نتیجه شوند را جدا نمایند. این مولفه‌های وزنی شامل وزنهای تسلیحات، ذخایر و پرسنل، دستگاههای تولید قدرت و غیره می‌باشند. دوماً، بقیهٔ وزن‌ها براساس وابستگی به خصوصیات طرح و ویژگیهایی از زیردریایی که تاکنون مجهول اند، گروه‌بندی می‌شوند. فرمول بندی درجه شاخص‌های وزنی برای تخمین دقیق وزنهای زیردریایی در دوگروه تقسیم‌بندی می‌شوند:

اولین گروه: وزن‌ها به صورت توابعی از خصوصیات و ویژگیهای اصلی زیردریایی که پیکربندی هندسی شان تعیین شده است، عرضه شده‌اند.

$$P_i = p_i f_i (DFS, L, B, H, \delta, \dots, H_{LIM, R})$$



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

که در آن

$pi$  = شاخص وزنی گروه اول

$f_i$  = توابع ویژگی‌های اصلی

$L$  = طول بدنه

$B$  = عرض بدنه

$H$  = ارتفاع وسط بدنه ۱

$\delta$  = ضریب بلوکی

$v$  = سرعت زیردریایی

$HLIM$  = حداکثر عمق غوص

$R$  = محدوده دریایی تحت شرایط موضوع (سطحی، اسنورکلی، زیرسطحی)

از دومین گروه برای پیدا کردن وزن سیستم‌ها متناسب با حجم کامپارتمان مورد نظرشان استفاده

می‌شود و بصورتی ویژه از ابعاد و حجم‌های معلوم، استفاده می‌شود:

$$Pi = g_i \phi_i (Vi, l_i, b_i, h_i, \dots)$$

که در آن

$g_i$  - فهرست وزنی گروه دوم

$pi$  - توابع ابعاد مشخصه سازه مورد نظر

$Vi$  - حجم‌های کامپارتمان مورد نظر

$hi$  و  $bi$  و  $l_i$  طول، عرض، ارتفاع سازه مورد نظر می‌باشد.

هنگامی که طرح کلی جانمایی عمومی در دسترس باشد از فرمول بندی گروه دوم برای محاسبات

---

۱ - midship hull height

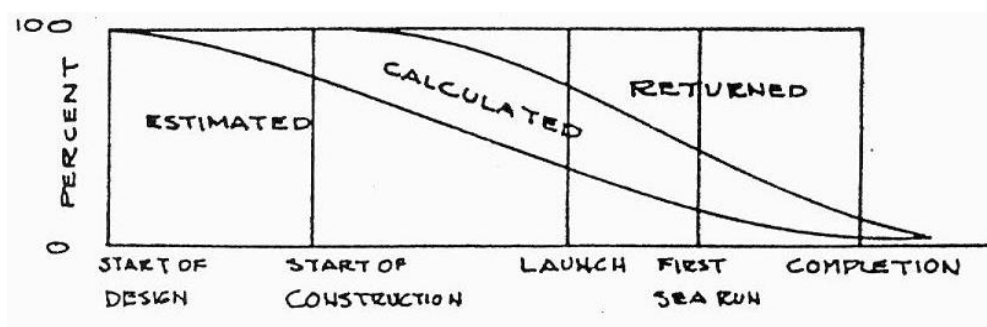


## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جزیی بیشتر استفاده می‌شود، اما به طور همزمان محاسبات استحکام و نقشه‌های جزیی سازه‌ها در حال انجام می‌باشد. این بیان طراحی میتواند به نوعی بیان کننده‌ی نوع طراحی در حلقه دوم طراحی باشد.

اساس هر طراحی مقدماتی خوب، برآورد وزن است. دیگر جنبه‌های طراحی مستلزم یک آنالیز کم و بیش سخت است ولی تا زمان تکمیل طراحی دقیق، وزن‌ها باید براساس این برآوردها باشد. واضح است که هر چه این برآوردها بهتر باشد، طراحی رضایت‌بخش‌تر خواهد بود. محاسبه‌ی وزن‌ها یک کار نسبتاً خسته کننده است از اینرو بیشتر مهندسين از آن دوری می‌کنند ولی اهمیت آن به عنوان یک سیستم جمع‌آوری اطلاعات، بسیار زیاد است. برآورد وزن تا حد زیادی وابسته به حضور ذهن و محاسبه‌ی ساده و استفاده‌ی هوشمندانه از تقریب‌هاست. اگر کسی بخواهد یک آرشیو دریاپی موفق شود باید مقدمات برآورد را فراهم کند. این مقدمات او را قادر به برآورد سریع و دقیق در مورد وزنهای مختلف می‌سازد.

در طراحی و ساخت هر شناور، در فرآیند جمع‌آوری اطلاعات وزنی، مراحل مختلفی وجود دارد. در مراحل اولیه، وزن‌ها ناچاراً باید از برآوردها باشد. سپس با پیشرفت طراحی، این برآوردها می‌تواند با وزنهای محاسبه شده، جایگزین شود. اگر در یک مورد، مثلاً اولین شناور از یک کلاس، کلیه اجزاء توزین شده باشد، می‌توان وزنهای مذکور را با وزنهای محاسبه شده جایگزین کرد. بنابراین در مورد اطلاعات وزنی، یک اصلاح دائمی و یک بررسی خوب نسبت به برآوردهای اولیه وجود دارد.



شکل ۲-۳: یک نمایش گرافیکی از روند فوق [۹]

مثلاً بلافاصله قبل از به آب اندازی، حساب وزن بدین صورت خواهد بود : ۳۰ درصد براساس وزنهای برآورد شده ، ۴۵ درصد براساس وزنهای محاسبه شده و ۲۵ درصد از طریق وزن شناور واقعی.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

تقریباً همیشه مقداری از وزنهای محاسبه شده و وزنهای بازگشتی (وزنهای وزن کشی شده واقعی)، پس از تحویل شناور مشخص می‌شود. استفاده از اطلاعات تاریخی در گروههای هفتگانه شروع خویست به شرطی که طرح مورد نظر تفاوت زیادی با مدل موفق قبلی نداشته باشد. در بسیاری از آخرین طرحهای زیردریایی آمریکا، شباهتهای قابل توجهی وجود دارد و بسیاری از آنالیزهای وزنی، تقریباً یکسان است. این موضوع در شکلهای ۲-۳ و ۳-۳ کاملاً آشکار است و در آنها (در مورد بعضی طرحهای اخیر) وزن و حجم گروههای مختلف به صورت درصدی از کل، فهرست شده است. ساختار شکست سیستمی و سیستمهای قبلی، بیشتر از طریق عملیات مهندسی، اطلاعات جمع‌آوری می‌کنند تا از طریق عمل. به منظور معنادارتر کردن اطلاعات، اطلاعات وزنی در چهار گروه عملیاتی سامان داده شده است. وزنهای هر گروه شامل کلیه مواردیست که باید در زیردریایی وجود داشته باشد تا آن گروه عملیاتی شود. مثلاً گروه ماشین‌آلات شامل فونداسیونها، شبکه‌های فلزی، ماشینهای الکتریکی و غیره است. گروه‌بندی اخیر، مزیتی برای برآورد وزن ندارد ولی به فرد یک حس در مورد وزن اجزاء مختلف می‌دهد. توزیع وزن در دسته‌های عملیاتی، به صورت زیر است:

۱- وزنهای نیرومحرکه یا ماشین‌آلات.

- نیرومحرکه اصلی و کمکی همراه با فونداسیونهای مربوطه.

۲- فرمان و کنترل

- تجهیزات کنترل

- تجهیزات مخابراتی

- تجهیزات ناوبری

- خدمه و اثاثیه آنها

- ذخایر غذایی و غیره

- وزن فونداسیونها، کابلها و لوله کشیهای مربوطه



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۳- بار قابل حمل

- سلاح ، کنترل آتش ، سنسورها ، لانچرها ، بارهای مربوطه و غیره

- قطعات یدکی لازم برای انجام مأموریت

۴- شکل بندی

- بدنه ، مخازن بالاست اصلی و دیگر ضمائم سازه‌ای

- سیستمهای کمکی

- بالاست جامد (سرب) مخصوص پایداری تریم و جبران وزن

جدول ۳-۳: خلاصه وزن زیردریاییها، برحسب درصد وزندهای گروه ۱-A[۹]

GROUP	A	B	C	D	E	F	G
Hull ۱	۴۶/۸	۵۱/۰۵	۴۳/۹۷	۴۶/۸۱	۴۸/۲	۵۰/۲۵	۵۰/۲۶
Prop ۲	۲۹/۳	۲۴/۲۲	۲۷/۱۱	۲۹/۲۳	۲۱/۴	۲۶/۱۴	۲۶/۰۹
Elect <sup>۳</sup>	۴/۶	۴/۷۷	۵/۲۱	۴/۵۸	۵/۵	۱/۳۱	۴/۰۰
Comm ۴	۲/۰	۳/۴۷	۴/۵۰	۲/۰۳	۴/۹	۲/۹۹	۲/۴۴
Aux ۵	۱۰/۶	۱۰/۳۹	۱۱/۵۲	۱۰/۶۰	۱۲/۳	۱۱/۴۶	۹/۳۰
Outf ۶	۴/۰	۳/۷۲	۴/۵۴	۳/۹۹	۵/۰	۳/۹۲	۵/۵۶
Ama ۷	۲/۷	۲/۳۳	۲/۵۲	۲/۷۶	۲/۸	۳/۸۹	۲/۳۱
A-1	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۳۷	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۱	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰
Lead	۱۱/۳	۶/۰۹	۹/۹۵	۱۱/۳۴		۶/۸۶	۴/۶۲
A	۱۱۱/۳	۱۰۶/۰۹	۱۱۰/۳۲	۱۱۱/۳۴		۱۰۶/۸۶	۱۰۴/۶۲
V Load	۷/۵	۷/۶۹	۶/۹۸	۷/۴۲	۶/۰	۲۴/۵۹	۶/۵۲
NSC	۱۱۸/۸	۱۱۳/۷۹	۱۱۷/۳۰	۱۱۸/۷۶		۱۳۱/۴۶	۱۱۱/۱۴
MBT	۶,۱۸	۱۳/۴۶	۱۵/۶۱	۱۸/۶		۳۰/۲۳	۱۹/۳۳
Sub Δ	۱۳۷/۵	۱۲۷/۲۵	۱۳۲/۹۱	۱۳۷/۵		۱۶۱/۶۹	۱۳۰/۴۷



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۳-۴: خلاصه وزن زیردریاییهای موشکی بر حسب درصد وزنهاى گروه A-۱ [۹]

GROUP	A	B	C	D	E	F
Hull 1	۴۹/۱۰	۵۰/۴۸	۴۹/۱۳	۳۸/۵۱	۵۰/۰۰	۴۸/۴۹
Prop 2	۲۸/۵۸	۱۵/۷۹	۱۶/۹۳	۲۰/۰۲	۱۲/۸۴	۱۶/۵۷
Elect 3	/۲۳	۳/۶۴	۳/۱۰	۳/۶۰	۱/۱۰	۳/۰۱
Comm 4	۳/۶۳	۳/۱۵	۳/۳۷	۵/۰۴	۳/۴۱	۴/۳۸
Aux 5	۷/۸۶	۹/۹۵	۸/۶۱	۹/۸۱	۱۳/۰۷	۷/۹۱
Outf 6	۴/۶۷	۴/۹۲	۵/۱۷	۶/۹۳	۴/۳۲	۵/۷۲
Ama 7	۱۳/۹۷	۱۱/۷۱	۱۳/۶۹	۱۶/۰۹	۱۵/۳۴	۱۳/۹۲
A-1	۱۰۰/۰۴	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۸	۱۰۰/۰۰
Lead			۱۷/۸۱			۱۳/۱۹
A			۱۱۷/۸۱			۱۱۳/۱۹
V Load			۱۴/۲۴			۱۵/۵۲
NSC			۱۱۳/۲۷			۱۲۸/۷۱
MBT			۱۷/۱۰			۱۵/۳۹
SUB Δ			۱۴۷/۳۷			۱۴۴/۰۹

معمولاً دلیل ساخت زیردریایی، سیستم سلاح آن است. در این گروه، وزنها از نظر نوع، تعداد، مکانیزمهای آباندازی و دیگر تجهیزات مرتبط با سلاح، به طور قابل توجهی متفاوت است. علاوه بر وزن سلاحها، موقعیت آنها، اندازه و روش رهاسازی و بارگیری آنها، می تواند تأثیر گسترده ای بر تمام دیگر قسمتهای زیردریایی داشته باشد. نیازمندیهای طراحی، عموماً بخش عمده فلسفه سلاح را تعیین می کند و لذا باید مبنای برآورد وزن باشد. مثلاً نیازمندیهای یک زیردریایی موشکی، معمولاً اندازه و تعداد موشکهاییست که قرار است حمل شود. در مورد اندازه های مختلف موشک و تعداد آنها، غالباً مطالعات پارمتری نیاز است. در این خصوص طراح باید مطالعه ای در مورد روش شلیک یک موشک با اندازه مشخص، انجام دهد. از طریق همین مطالعه، یک برآورد وزنی از مکانیزم شلیک، بدست خواهد آمد که باید در تعداد موشکها ضرب شود. مراجعه به اطلاعات قبلی نیز، هم از نظر طراحی و هم از نظر وزنی مفید است.



### ۳-۳- تعاریف اولیه از تناژ زیردریایی

به منظور تعیین ابعاد اصلی از زیردریایی با استفاده از روابط حجمی و وزنی در سیستم‌های مختلف در حلقه اول به منظور برآورد تناژ زیردریایی استفاده می‌کنیم. این روابط در قسمت‌های مختلف در مراجع طراحی ذکر شده است. با تعیین مقادیر مشخص از وزن و حجم از سیستم‌های مختلف، تناژ زیردریایی و ابعاد اصلی آن را با استفاده از روابط ابعاد بهینه بین طول و قطر محاسبه می‌کنیم. به همین منظور ابتدا به تعریف تناژهای مختلف زیردریایی خواهیم پرداخت. همانگونه که بیان شد مطالعه و بررسی و برآورد سیستم‌ها تابعیتی از مشخصات زیردریایی است. یکی از این مشخصات تناژ زیردریایی است. برای زیردریایی‌ها یک شرایط باری طبیعی وجود دارد: بار نرمال<sup>۱</sup>، به این دلیل که با توجه به قانون ارشیمدس، حجم بویانسی ثابت زیر آب باید با وزن زیردریایی برابر باشد. «بارنرمال»، وزن کل و موقعیت مرکز گرانش یک زیردریایی مجهز و کامل را معرفی می‌کند. تناژ نرمال برابر با حاصل ضرب چگالی آب در حجم آب جا-به‌جا شده می‌باشد. مفهوم حجم بویانسی ثابت<sup>۲</sup> هنگامی استفاده می‌شود که زیردریایی در حالت غوطه‌وری کامل باشد. برای شرایط روی سطح آب، حجم آب جا به جا شده<sup>۳</sup> را که مربوط به خط آب‌خور بویانسی کامل می‌باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دو حجم، از نظر مقداری با هم برابر می‌باشند ولی از لحاظ فرمول با یک دیگر متفاوت‌اند: [۱۰]

$$D0=pgV0 \quad , D0=pg VSFB \quad 1-3$$

از مفهوم دیگر تناژ که برای ارزیابی وزن آب حجم‌های آگیر<sup>۴</sup> بدنه که البته در حجم بویانسی ثابت<sup>۵</sup> دخیل نیستند، نیز استفاده می‌شود. این حجم‌ها شامل مخازنی بالاست اصلی<sup>۶</sup> و سازه‌های نفوذ پذیر

۱ - Normal

۲ V0

۳ VSFB

۴ - flooding

۵- CBV=constant buoyant volume

۶ - MBT=Main ballast tank



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

می باشند. [۱۰]

$$D_s = D_0 + V_{MBT}$$

$$V_s = V_0 + V_{MBT} = V_0(1 + ROB)$$

$$ROB = \frac{\sum V_{MBT}}{V_0}$$

۲-۳

که  $ROB$  همان ذخیره شناوری است.

$$DFS = D_0 + pg \sum V_{MBT} + \rho g \sum V_{PEP}$$

$$VFS = V_0 + \sum V_{MBT} + \sum V_{PEP}$$

۳-۳

بخش اعظم تناژ نرمال سطحی ناسی از بدنه لخت<sup>۱</sup> است که از الگوی سطحی محاسبه می گردد. (بدون در نظر گرفتن ضخامت ورق، روکش خارجی بدنه بیرونی و ضمائم وملحقات).

تقسیم بندی وزن استاندارد ابزار ساده ای برای محاسبات بار در حین ترسیم نقشه های زیردریایی و همچنین برای مدیریت وزنی آن در هنگام ساخت می باشد. در طراحی مفهومی، هنگامی که هنوز باید ویژگی ها و مشخصات اولیه شناور تعیین بشوند، ممکن است اشکالاتی در رابطه با این تقسیم بندی استاندارد به وجود آید، زیرا گروه بندی های استاندارد، وزن قسمت ها و اجزاء مختلف زیردریایی را با هم ترکیب کرده است. [۱۰] دسته بندی ارائه شده وزنی در جدول زیر بر اساس وزن های کلی داخل زیردریایی است و با دسته بندی ارائه شده در قبل کمی از لحاظ نحوه ارائه متفاوت است گرچه از نظر منطق یکی است.

جدول ۳-۵: گروه های مولفه بار زیردریایی [۱۰]

توضیحات	زیردریایی های دیزل الکتریکی
---------	-----------------------------

<sup>۱</sup>-BH= Bare hull



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۰/۵-۱/۵	سرب ها و بالاست دائمی <sup>۱</sup>
۳۷-۳۸	بدنه
۳-۴	ابزار آلات ۲ بدنه، اتصالات
۸	تجهیزات و لوازم قسمت ها، رنگ، عایق ها، پوشش های ویژه، محافظ ها، نگهدارنده ها و قسمت های یدکی
۸-۹	تجهیزات مکانیکی، خطوط لوله و سیستم های قسمت تولید قدرت
۸-۸/۵	سیستم های بدنه
۱۶-۲۰	تجهیزات الکتریکی و کابل های سیستم های مولد برق، تجهیزات شبکه های برق رسانی و رادیو الکترونیکی
۴-۵	تسلیمات و سیستم های پشتیبانی آنها
۳-۵	انبارها و تجهیزات پشتیبانی ذخایر و پرسنل
۸۸/۵-۹۹	جمع کل در هر گروه باری بدون بالاست وزنه های سربی، $\rho = \frac{t}{m^3}$ بار نرمال زیردریایی به صورت

تعریف تابعیت سیستم های مختلف در طراحی یک زیردریایی در حلقه اول بسیار حائز اهمیت است اگرچه بصورت آماری نیز می توان درصدهای مجاز هر گروه طراحی را نیز معیار مناسبی از طراحی لحاظ کرد اما پاسخ تغییرات پارامترهای طراحی در برآورهای اولیه و حلقه اول طراحی از اهمیت ویژه برخوردار است. در ادامه بصورت سیستم های مجزا به این موضوع خواهیم پرداخت. انتخاب اولیه ابعاد اصلی مثل طول، عرض، درافت و امثال آن، بستگی زیادی به مهارت و تجربه طراح دارد. او براساس تجربه و اطلاعات مربوط به زیردریاییهای قبلی، طرح اولیه را رسم می کند تا فضای داخلی را برآورد کند و در این مرحله است که معمولاً تعداد عرشه (سطوح داخلی) و کمپارتمانها تعیین می شود. در طرح اولیه، موارد اصلی مثل تعداد پروانه، باید برروی پروفیل بدنه مشخص شود و کامل بودن و شکل بدنه فشار و جداره بیرونی آن نشان داده شود. در مراحل بعد، باید از رویکرد علمی تری استفاده کرد. به هر حال در اینجا طراح می تواند از قوه تخیل خود برای تهیه بهترین راه حل برای تأمین نیازمندیها استفاده کند و در صورت

<sup>۱</sup> -Margin

<sup>۲</sup> -gear



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

وجود هرگونه ابتکار جدید ، خواه نیاز باشد و یا ناخوش آیند ، آن ابتکارات را مورد توجه قرار دهد. برآورد حجم لازم برای هر گروه ، به اندازه وزن اهمیت دارد ، چون بویانسی و وزن باید برابر باشد . حجمهای کمپارتمانهای اصلی را می توان از شناورهای مشابه و یا از اطلاعات تئوری برآورد کرد . البته دسته بندی حجمی زیردریایی و نیز برآورد صحیح تناژ ناشی از حجم نیز از اهمیت برخوردار است. جدول زیر که درصد تناژ حاصل از حجم ها را بیان میکند میتواند ابزار مناسبی باشد



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۳-۶: مقادیر نسبی و درصد تناژ حاصل از حجم ها در زیردریایی های مختلف [۱۰]

ردیف	توضیحات	CBV مؤلفه های				$\sum V_i$
		VPH	VEPT	VSC	VEFT	
۱	زیردریایی دیزلی (بزرگ)	۷۶-۷۷	۳-۴	-	۱۴-۱۵	۹۳-۹۶
۲	زیردریایی دیزلی (متوسط)	۷۸-۸۰	۳	-	۱۳-۱۴	۹۴-۹۷
۳	زیردریایی هسته ای (اژدردار)	۹۲-۹۴	۲-۳	-	-	۹۴-۹۷
۴	زیردریایی هسته ای (با موشک کروز)	۸۷-۸۹	۱/۵-۴	۴	-	۹۲/۵-۹۷
۵	زیردریایی هسته ای (با موشک بالستیک)	۸۶-۸۷	۷-۸	۲-۳	-	۹۵-۹۸
۶	زیردریایی دیزل الکتریک (تک بدنه)	۹۶	۰/۵	-	-	۹۶/۵

زمانیکه آرایشهای کلی به انجام رسید، شکل بدنه معمولاً ثابت می شود، به نحوی که روابط سرعت و قدرت قابل تعیین است. گاهی سیستم نیرو محرکه نیز از قبل مشخص شده و تنها موضوع باقیمانده عبارتست از پیدا کردن اینکه زیردریایی با چه سرعتی حرکت خواهد کرد. اگر سیستم نیرو محرکه انعطاف پذیر باشد، می توان در ابعاد فضای ماشین آلات و در سرعت طرح اصلاحاتی انجام داد. اما عموماً متناسب با خروجی نیازسنجی صورت گرفته منطقه و سرعت های عملیاتی زیردریایی مشخص می شوند و لازم است زیردریایی متناسب با این هدف و برد عملیاتی در سرعت های تعریف شده طراحی و بکار برده شود. در نتیجه هم راستا کردن طراحی زیردریایی از منظر حمل سلاح و انجام عملیات با نیازسنجی - های منطقه و برد عملیاتی در کنار سرعت اهمیت پیدا می کند و در مراحل مختلف، مدل های مختلف امکان پذیر زیردریایی را که در یک محدوده وسیع از مشخصات ابعادی و تناژی و به تبعیت آن محدوده - ی وسیع مشخصات فنی و عملیاتی استخراج شده اند را فیلتر کرد و مدل های کمتری را در پایگاه داده ی اطلاعاتی خود نگه داریم.

### ۳-۴ - معیارهای طراحی و انتخاب سیستم سلاح مناسب

همان گونه که بیان شد، پروسه طراحی امکان سنجی زیردریایی مجموعه ای از بیان نیاز طراحی



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

محصول از زبان کیفی و عملیاتی در قالب نیاز سنجی، پروسه تبدیل نیاز به مفهوم مهندسی و در نهایت تحلیل متغیرها و پارامترهای طراحی و بهینه سازی این پارامترها در کنار هم است. به این معنا که کدام پارامترها در چه محدودیت و بازه‌ای قابل حصول است و در برای پوشش به باقی خواسته‌های محصول باید به چه شکلی بهینه سازی و فیلتر شود. متغیرهای طراحی که در نظر گرفته شد در قالب سیستمی به سه دسته سیستم‌های مستقل، وابسته غیر مستقیم و وابسته به تناز و کلاس زیردریایی دسته بندی کردیم. همین معانی در تحلیل این متغیرها کاربردی خواهد بود.

در این پروژه به دلیل حجم بالای پروژه از لحاظ مطالعات امکان سنجی پارامترهای طراحی و استخراج محدوده و بازه امکان پذیر و بهینه از این پارامترها، حجم بالا و وابستگی پارامترهای طراحی در سیستم‌های مختلف و نسبت به هم، در نتیجه مراحل طراحی را بصورت مجزا و در فازهای مختلف مورد بررسی قرار خواهیم داد و در نهایت بصورت یکپارچه اثرات تمامی پارامترها را در کنار هم مطالعه خواهیم کرد. در فاز اول تدوین متدولوژی طراحی، اثرات طراحی سیستم سلاح در پروسه طراحی زیردریایی را مطالعه خواهیم کرد. این سیستم به دلیل اینکه یک سیستم مستقل است طراحی زیردریایی برای این سیستم و عملیات‌های وابسته به آن طرح ریزی و برنامه ریزی می شود، میتوان رویکردی تقریباً مستقلانه را برای آن تصویر کرد. منطق حل و تحلیل پارامترهای ورودی طراحی زیردریایی از منظر سیستم سلاح بر پایه درصد وزنی مجاز سیستم سلاح و وابستگی پارامترهای تناژی و ابعادی زیردریایی (در اینجا تنهای زیردریایی تک پوسته مورد ارزیابی قرار گرفت) بوده است. در گام بعدی پارامترهای وابسته‌ی غیر مستقیم مورد ارزیابی قرار گرفت. این پارامترها از جنس مقاومت و سیستم رانش و پروانه زیردریایی خواهد بود. در مباحث ارائه شده در قالب نیاز سنجی و تحلیل ورودی‌های طراحی آورده شده بود که پاره‌ای از ورودی-های طراحی ورودی‌هایی از جنس برد و سرعت عملیاتی است که این پارامترهای نیز باید در فرآیند تحلیل مجموعه جواب‌های امکان پذیر از زیردریایی وارد شوند و فیلترهایی در این بازه از جواب‌ها ایجاد کنند. در گام‌های بعدی مجموعه ای دیگر از پارامترهای ورودی از نوع وابسته‌های غیر مستقیم مورد



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

تحلیل و ارزیابی قرار خواهند گرفت. این پارامترها قابلیت تحمل دریا در شرایط عملیاتی مورد نیاز و بیان شده در نیازسنجی زیردریایی است. به این معنا که پارامترهای اثرگذار در این حوزه مورد ارزیابی و تحلیل مهندسی قرار می‌گیرند و بعد از استخراج روند حل آنها و شناخت وابستگی‌های میان آنها، قیود مناسب برای استخراج بازه‌ی جدید از پارامترهای ابعادی و تناژی را وارد پروسه‌ی طراحی خواهد کرد. برای همگان قابل تصور است که یک زیردریایی گرچه در اکثر طول عمر خود در حالت غوص و یا اسنورکل حرکت می‌کند اما طراحی بر اساس بدترین شرایط عملیاتی بیان شده در مدل‌بکارگیری آن نیز باید انجام شود. همین امر باعث می‌شود که متغیرهای طراحی از جنس پایداری در شرایط دریایی تعریف شده را نیز در فرآیند طراحی وارد کنیم<sup>۱</sup>. یک زیردریایی باید قادر باشد تا سلاح مورد نظر کارفرما را در یک برد، مدت و محدوده‌ی عملیاتی خاص حمل کند و حتماً باید در این مسیر قابلیت‌های دریامانی آن نیز حفظ شود.

دیگر پارامترهای طراحی که لازم است در فرآیند استخراج متدولوژی طراحی و فرمول‌نویسی روابط وارد شود پارامترهای مانور، سازه، پشتیبانی و سطح رفاهی خدمه است که نیاز است در مراحل بعدی بصورت دقیق مورد ارزیابی قرار گیرند. در هر مرحله مجموعه جواب‌ها دقیق تر خواهد بود و محدوده‌ی تغییرات مدل‌های مختلف زیردریایی کمتر خواهد شد. یکی از گام‌های اساسی در حل این پروژه استخراج مجموعه‌ای از نسبت‌های ابعادی و تناژی است که در حل روابط تئوریک بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نسبت‌ها (نسبت‌های بهینه ابعادی) باید با استفاده از روابط تئوری و استفاده از خروجی‌های نرم افزاری تحلیل شده و نسبت‌های بهینه و امکان‌پذیر از هر کدام استخراج شوند.

### ۳-۴-۱- حجم کامپارتمان اژدر [۱۰]

این حجم به زیرمجموعه‌هایی که در ادامه به آنها خواهیم پرداخت تقسیم می‌شود و متناسب

---

۱ این بخش در این پروژه ارائه نخواهد شد



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

باقابلیت تسلیحاتی و عملیاتی شناور خواهد بود. به منظور تعیین حجم این کامپارتمان لازم است که قابلیت‌های عملیاتی مد نظر برای کلاس زیردریایی مورد طراحی با دقت و حساسیت خاصی سنجیده شده و طراحی‌ها بر اساس این منظر انجام پذیرد. حجم کامپارتمان اژدر متناسب با موارد زیر است:

۱. طول داخلی و حجم اشغال شده از قسمت داخل بدنه فشار، تیوب اژدر
۲. فضاهای بارگیری و تخلیه‌ی تیوب اژدر
۳. قطر کامپارتمان متناسب با تعداد بارگیری اژدرها، جانمایی، نوع کالیبر و نوع اژدر و نیز تعداد اژدرهای ذخیره

حجم کامپارتمان اژدر

$$V_{TS} = V_{TTB} + V_R + V_{TSS}$$

۴-۳

$V_{TS}$  : حجم کامپارتمان اژدر

$V_{TTB}$  : حجم فضای اشغالی توسط انتهای لوله اژدر داخل بدنه فشار

$V_R$  : حجم فضای اشغال شده توسط سیستم‌های بارگیری مجدد اژدر

$V_{TSS}$  : حجم مخازن پشتیبانی

حجم انتهای لوله اژدر

$$V_{TTB} = v_1 * n_{tt}$$

$v_1$  : ۱۰ مترمکعب به ازای هر تیوب اژدر خواهد بود.

حجم فضاهای بارگیری

$$V_R = v_2 * n_{tt}$$

$v_2$  : حجم مورد نیاز برای هر باگیری ۱۲/۵ ~ ۲۵ مترمکعب در نظر گرفته میشود.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

### ۳-۴-۲- وزن سیستم سلاح [۱۰]

وزن سیستم سلاح زیردریایی که پارامتر مهم و اثرگذاری در تعیین کلاس زیردریایی خواهد بود طبق مراجع استاندارد طراحی زیردریایی بر اساس فرمول زیر پیش‌بینی شده است. با استفاده از این ورودی میتوان حجم و محدوده‌ی تناژ زیردریایی را تخمین زده و ورودی امکان‌سنجی‌های دیگر پارامترها قرار داد. برای یک زیردریایی، این گروه شامل وزن وسایل لازم برای مقابله با دشمن می‌باشد و همچنین شامل وزن سیستم‌ها و واحدهایی که عملکرد آن را پشتیبانی می‌کنند، نیز می‌باشد (سیستم‌های کنترل آتش و...). این وزن‌ها براساس ویژگی‌های طراحی زیردریایی تخمین زده می‌شوند.

$$P_{TS} = K_{TT} \cdot n_{TT} P_{TT} + (p_{wrt} + P_{shut} + P_{tor}) * n_{TT} + K_{RAC} n_{RT} P_{Tor} + P_{TLG} \quad ۵-۳$$

جدول ۳-۷ مولفه‌های رابطه تعیین وزن سیستم سلاح

۱/۵ ~ ۱/۴	$K_{RAC}$	۱/۳ ~ ۱/۲	$K_{TT}$
تعداد اژدرهای ذخیره	$n_{RT}$	تعداد لوله‌های اژدر	$n_{TT}$
وزن مکانیزم‌های اژدر	$P_{TLG}$	وزن یک لوله اژدر مونتاژ شده	$P_{TT}$
وزن درب شاتر	$P_{shut}$	وزن آب اطراف اژدر	$p_{wrt}$

### ۳-۵- تخمین اولیه از تناژ زیردریایی با استفاده از تخمین‌های حجم و وزن سیستم سلاح

پارامترهای ورودی از سیستم سلاح که در فازهای نیاز سنجی و امکان سنجی استخراج شده اند

شامل پارامترهای زیر هستند:

۱. نوع اژدر/موشک/مین و کالیبر و طول آن

۲. وزن اژدر/موشک/مین در حالت خشک و تر

۳. تعداد تیوب‌های اژدر/موشک/مین

۴. هم‌زمانی شلیک

۵. تعداد اژدر/موشک/مین ذخیره



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

در گام بعدی سیستم‌های امکان‌پذیر که قابلیت شلیک این نوع از سلاح را دارند مورد ارزیابی قرار گرفته و اطلاعات زیر متناسب با هر نوع سیستم سلاح استخراج می‌شود.

۱. وزن مجموعه سیستم تاسیسات و مکانیزم‌های مرتبط با سلاح

۲. وزن سازه و تیوب پرتاب سلاح

۳. وزن مجموعه مکانیزم‌های بارگیری و بارگذاری سلاح

۴. وزن مجموعه مخازن پشتیبانی سلاح

حال با استفاده از این پارامترهای طراحی از سیستم سلاح که با توجه به اینکه در فازهای ابتدایی بصورت برآورد و تخمین مهندسی و استفاده از تئوری‌های طراحی محاسبه می‌شوند لذا با بکارگیری از مجموعه‌ای از نسبت‌های بهینه از دسته‌ای از نسبت‌های ابعادی و تناژی به حل و تحلیل وزنی و تناژی زیردریایی می‌پردازیم.

برخی از نسبت‌های ابعادی و تناژی شامل نسبت‌های زیر است که لازم است با استفاده از تحلیل‌های حساسیت‌سنجی با استفاده از نرم افزار محدوده‌های دقیق تری از هر کدام استخراج شود و در فرآیند حل وارد شوند.

۱. نسبت ابعادی طول به قطر بدنه

۲. نسبت تناژی طول به مکعب تناژ

۳. نسبت ابعادی طول بدنه فشار به طول کل زیردریایی

۴. نسبت بین تناز حاصل از بدنه فشار در زیردریایی‌های تک پوسته به تناژ کل زیردریایی

۵. درصد وزنی سیستم سلاح

با در نظر گرفتن مبانی کلی که در بالا بیان شد به بیان منطق حل مسأله و برنامه کامپیوتری آن می‌

پردازیم، الگوریتم حل مسأله به شکل زیر خواهد بود:

۱. تخمین وزن مجموعه سلاح



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۲. برآورد اولیه از تناژ زیردریایی با استفاده از تخمین وزنی مجموعه سلاح و درصد وزنی آن
۳. محاسبه‌ی محدوده‌ی اولیه از طول زیردریایی با استفاده از محدوده‌ی تناژی اولیه ۱ و استفاده از رابطه زیر

$$4.8 \leq \frac{L}{\nabla^{1/3}} \leq 6 \quad 6-3$$

۴. تعریف محدوده‌ی تغییرات نسبت بهینه ابعادی طول به قطر در محدوده‌ی ۸ تا ۱۱
۵. استخراج محدوده‌ی تغییرات کلی و اولیه از قطر با استفاده از پارامترهای قبلی
۶. محاسبه‌ی نسبت بین طول بدنه فشار به طول کل زیردریایی با استفاده از بانک اطلاعاتی (این بازه در محدوده‌ی ۶۰ الی ۷۰٪ خواهد بود). ۲

۷. محاسبه و تخمین تناژ زیردریایی با استفاده از پارامترهای ابعادی در زیردریایی تک پوسته. باید این نکته را در نظر داشت که تناژ حاصل از بدنه فشار زیردریایی در محدوده ۹۳ الی ۹۶ درصد کل تناژ زیردریایی است.

$$\Delta = 1.025 * \frac{1}{0.93 \square 0.96} * L_{ph} * \frac{D^2}{4} * \pi$$

$$\Delta = 1.025 * \frac{1}{0.93 \square 0.96} * 0.6 \square 0.7 * L * \frac{D^2}{4} * \pi \quad 7-3$$

$$\Delta = 1.025 * \frac{1}{0.93 \square 0.96} * 0.6 \square 0.7 * 8 \square 11 * \frac{D^3}{4} * \pi$$

بر طبق روابط ارائه شده در بالا محدوده  $\Delta$  با احتساب قطرهای مختلفی حاصل خواهد شد. این قطرها با احتساب تخمین اولیه از تناژ، تخمین اولیه از طول و در نظر گرفتن نسبت ابعادی ۸ تا ۱۱ طول به قطر به دست آمده است. حال تخمین دوم تناژ را بدست آورده ایم. که برای هر قطری حاصل شده است و هر قطر مشخصی یک محدوده جواب از تناژ دارد. طول های مشخص و مرتبط با قطرهای حاصله دوباره تخمین سوم از تناژ را خواهد داد. فصل مشترک دو تناژ نهایی مجموعه جواب های متناظر با هر

<sup>۱</sup> نسبت های بین تناژ وزنی و حجمی در نظر گرفته شود.

<sup>۲</sup> ممکن است در بخشی از این بازه به دلیل استفاده از بازه های مختلف جواب نداشته باشیم به همین دلیل از لفظ حد بالا و حد پائین استفاده می کنیم. در مراحل بعدی دوباره مجموعه جواب های فیلتر می شوند.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

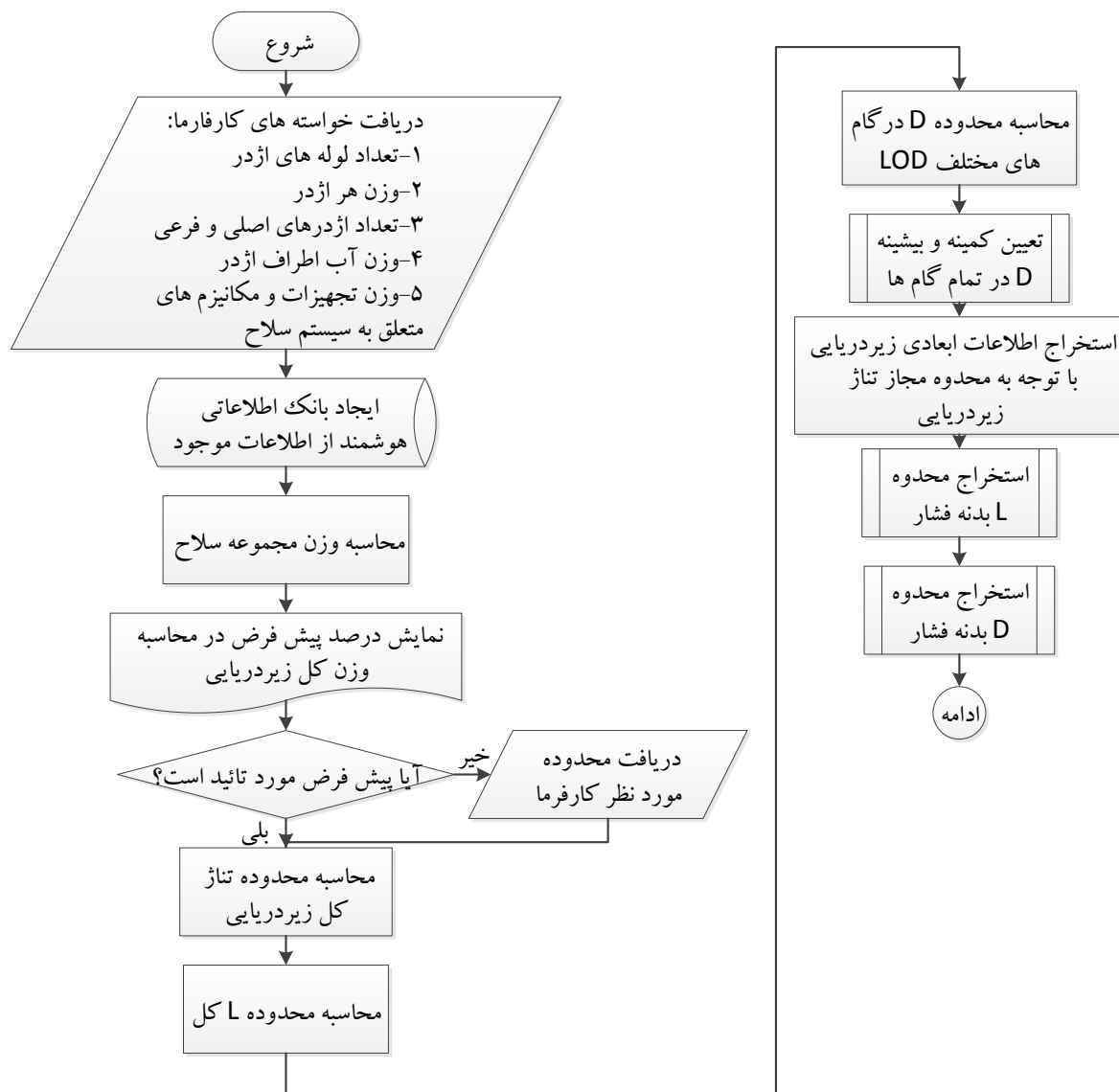
قطر و طول است که به شکل ماتریس زیر نمایش داده خواهد شد. برای بدست آوردن مجموعه جوابهای ابعادی و تناژی از زیردیایی جدولی از نسبت طول به قطر، طول، قطر و تناژ زیردیایی بصورت ماتریسی ایجاد می‌کنیم و در ذیل آن نسبت همپوشانی مجموعه جوابهای نهایی با خواسته‌های اولیه را خواهیم داشت. در بازه‌هایی که مجموعه جوابها نزدیک ۱۰۰ درصد همپوشانی دارند می‌توان امکان‌پذیری این محدوده از جوابهای با توجه به این الزام ممکن دانست. در شکل ۳-۳ فلوچارت طراحی امکان سنجی با استفاده از پارامترهای طراحی سیستم سلاح آورده شده است. یک جدول به عنوان نمونه و تعریفی در زیر آورده شده است.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۳-۸: جدول نمونه از معرفی پارامترهای جدول مجموعه جواب‌ها

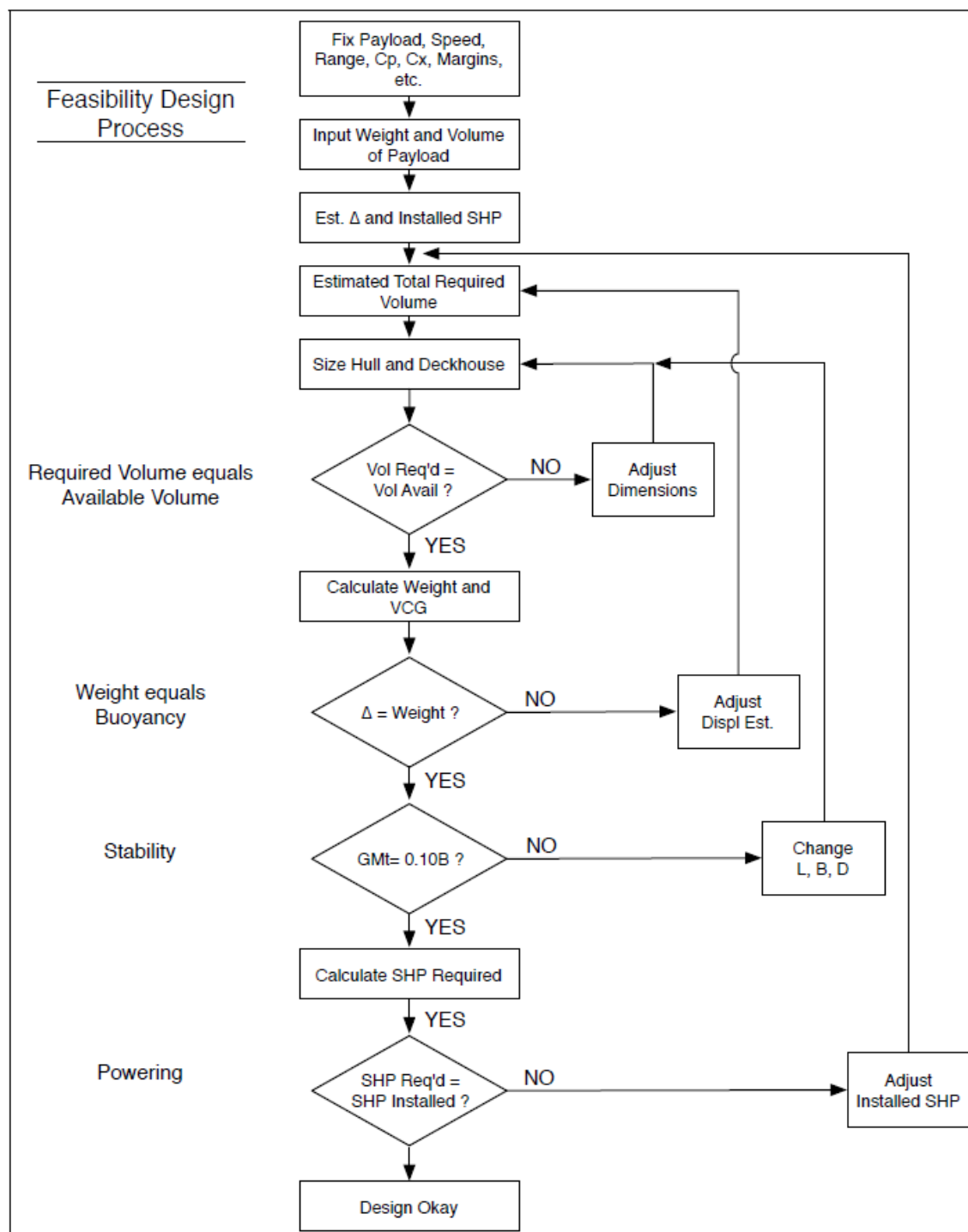
قطر	قطر	
حداکثر تناژ	حداقل تناژ	نسبت طول به قطر ← طول
درصد همپوشانی با مجموعه جواب‌ها و امکان‌پذیری این ابعاد و تناژ		نسبت طول به قطر ← طول



شکل ۳-۳: فلوچارت طراحی امکان سنجی با استفاده از پارامترهای طراحی سیستم سلاح



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۳-۴: فلوچارت فعالیت های امکان سنجی [۱۲]



### ۳-۶- انتخاب فرم بدنه و لایوت‌های پیشنهادی زیردریایی

بر اساس روش طراحی زیردریایی، طراحی و انتخاب لایوت آرشیکتوری که بتواند جوابگوی نیازهای اولیه طراحی و معیاری اعلامی کارفرما باشد جزء اولین گام‌های طراحی و آرشیکتوری خواهد بود. بر همین اساس در ابتدا به بررسی کلیات مشخصات آرشیکتوری لایوت ها می‌پردازیم. راه حل های مهندسی تعیین کننده لایوت های آرشیکتوری زیردریایی به عنوان سند الزام استفاده از یک لایوت خاص دیده خواهد شد. قبل از ورود به مسئله لازم است تعاریفی از اصطلاحات را داشته باشیم. ورژن های سیستم ها، برگرفته شده از تحلیل پارامترهای عملیاتی است. ورژنهای زیردریایی برگرفته شده از ترکیب ورژنهای مختلف سیستم هاست، لایوت به معنای شکل کلی بدنه و بدنه فشار است که میتواند جوابگوی معیارهای خاصی باشد. هرکدام از ورژنهای مختلف زیردریایی، باتوجه به شرایط طراحی و معیارهای کارفرما در یک لایوت خاص قرار میگیرند. از مهم ترین علت های ایجاد لایوت های مختلف، نیازهای مختلف و سناریوهای کاربری مختلف است. در گام مطالعاتی بین تخمین وزنی سیستم سلاح و برآورد اولیه از تناژ با تخمین های حوزه سیستم رانش و توان رانشی مورد نیاز، باید مطالعاتی صورت پذیرد. این مطالعات دربردارنده یک سنجش منطقی بین تناژهای مختلف، ابعاد و لایوت‌های مختلف از زیردریایی، حجم و ابعاد سیستم رانش و تولید انرژی زیردریایی و مشخصات کلی از پروانه است که باید این فاز مطالعاتی بصورت گام های شرح داده شده در زیر انجام پذیرند.

۱. تعریف هندسه زیردریایی بر اساس یک هندسه مشخص و بدست آوردن سطح خیس، حجم بویانسی و

پارامترهای هندسی و نسبت های ابعادی بدنه

۲. محاسبه و برآورد اولیه از تراست مورد نیاز بدنه زیردریایی

۳. بدست آوردن توان و گشتاور موتور متناسب با دوره های مختلف تعریف شده



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۴. محاسبه وزن سیستم رانش متناسب با تناژ زیردریایی که خود شامل برآورد وزن و ابعاد موتور با دور و

توان مورد نیاز، بدست آوردن تعداد باطری های حداکثری قابل حمل توسط زیردریایی، مقایسه توان مورد نیاز

رانشی زیردریایی و توان حداکثری تحویلی باطری ها

۵. تعریف پارامترهای طراحی پروانه

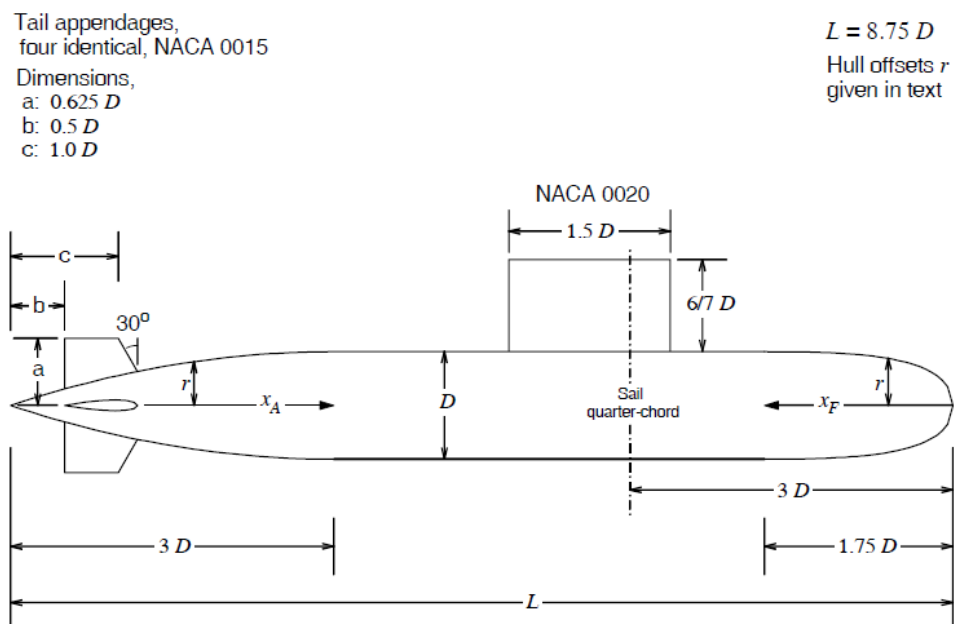
۶. بدست آوردن حجم مورد نیاز سوخت زیردریایی

### ۳-۶-۱- ابعاد استاندارد زیردریایی

بر اساس استاندارد [۱۴]، یکی از فرم های استاندارد زیردریایی های مدرن تک پوسته بر اساس فرم

نشان داده شده در شکل ۳-۵ خواهد بود. در زیر پروفایل استاندارد به عنوان مثال برای یک حالت طراحی

آورده شده است.



شکل ۳-۵ فرم استاندارد زیردریایی [۱۴]

نسبت های ابعادی طبق روابط زیر برقرار خواهند شد.

طول دماغه =  $1/75$  برابر قطر

رابطه ی پروفیل های دماغه بر اساس پروفیل های استاندارد و متناسب با قطر زیردریایی



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

$$\frac{r}{D} = 0.8685\sqrt{\frac{x_F}{D}} - 0.3978\frac{x_F}{D} + 0.006511\left(\frac{x_F}{D}\right)^2 + 0.005086\left(\frac{x_F}{D}\right)^3 \quad 8-3$$

طول قسمت استوانه ای میانی = ۴ برابر قطر

طول قسمت مخروطی و پاشنه = ۳ برابر قطر

رابطه ی پروفیل های پاشنه بر اساس پروفیل های استاندارد و متناسب با قطر زیردریایی

$$\frac{r}{D} = \frac{1}{3}\left(\frac{x_A}{D}\right) - \frac{1}{18}\left(\frac{x_A}{D}\right)^2 \quad 9-3$$

یکی دیگر از پروفیل های بکار رفته برای زیردریایی های مدرن بر اساس فرمی از پروفیل جکسون

بوده است که بصورت زیر تعریف می شود.

### ۳-۶-۲- پروفیل بدنه جکسون و محاسبات مربوط به آن [۹]

یک نوع بدنه زیردریایی وجود دارد که به صورت چرخش منحنی حول خط مرکزی ایجاد می گردد

که توسط جکسون<sup>۱</sup> توضیح داده شده است. نسبت طول به قطر ( $L/D$ ) شش و ماکزیمم قطر در  $0.4L$  می

باشد. این بدنه از سه قسمت، همانگونه که در شکل ۳-۶ نشان داده شده ایجاد می گردد. قسمت جلو،

بخش پیشرو است که قسمتی از یک بیضی دوران داده شده است. قسمت وسط، بخش میانه است که

استوانه ای شکل می باشد و سومین قسمت، بخش انتهایی است که از دوران یک قسمت هذلولوی بدست

می آید. طول قسمت اول با  $L_f$  نمایش داده شده و برابر با  $2.4D$  می باشد. قسمت انتهایی با  $L_a$  نمایش

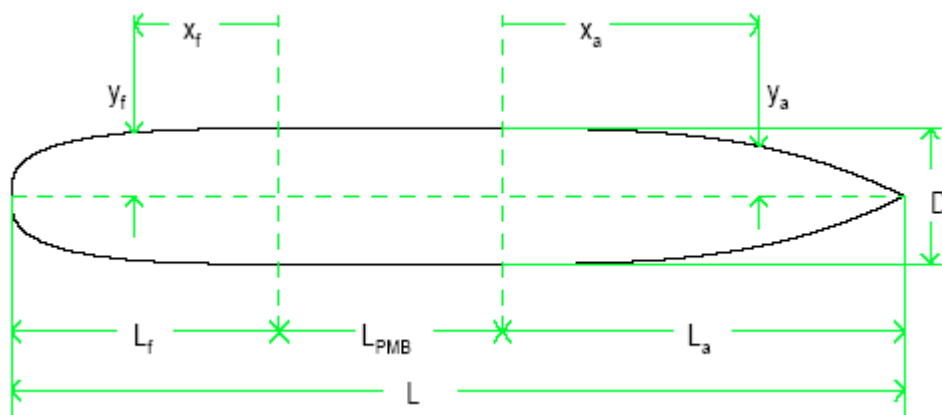
داده شده و برابر با  $3.6D$  می باشد. مجموع  $L_f$  و  $L_a$  و طول قسمت میانی  $LPMP$ ، طول کل بدنه را

تشکیل می دهند.

<sup>۱</sup> Jackson(1992)



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۳-۶: هندسه زیردریایی بر اساس پروفیل جکسون [۹]

مختصات بدنه ای که شکل دماغه و دم را تعیین می کنند به صورت ذیل می باشد:

$$y_f = \frac{D}{2} \left[ 1 - \left( \frac{x_f}{L_f} \right)^{n_f} \right]^{\frac{1}{n_f}} \quad ۱۰-۳$$

$$y_a = \frac{D}{2} \left[ 1 - \left( \frac{x_a}{L_a} \right)^{n_a} \right]$$

مقادیر  $x_f, x_a$  از ماکزیمم قطر اندازه گیری می شوند و  $y_f, y_a$  شعاع متناظر نقاط تعیین شده توسط

$x_f, x_a$  می باشند. پارامترهای توانی  $(n_f, n_a)$  در معادلات بالا ضریب فاکتور شکل نامیده می شوند، که

شکل دماغه و دم را متناظرا تعیین می کنند. مقادیر بزرگ این ضرایب، شکل بدنه حجیم تری را می

دهند و با استفاده از معادلات استخراج شده برای دماغه و دم، می توان شکل دماغه و دم مناسبی برای

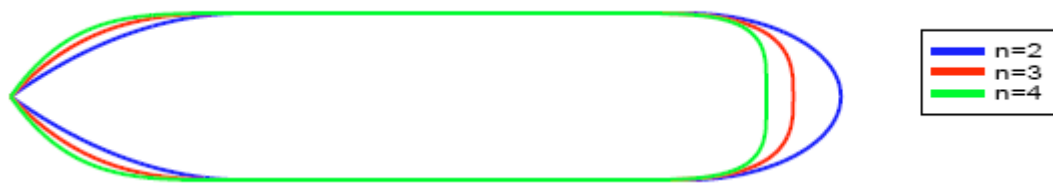
زیردریایی های مدرن ایجاد نمود. تناژهای بالا را می توان با انتخاب ضرایب شکل بزرگتر و یا افزایش

$L_{PMB}$  ایجاد نمود. با توجه به مفاهیم بالا، مقدار  $L_{PMB}$  برابر با تفاضل بین طول کلی و  $6D$  است که  $L$ -

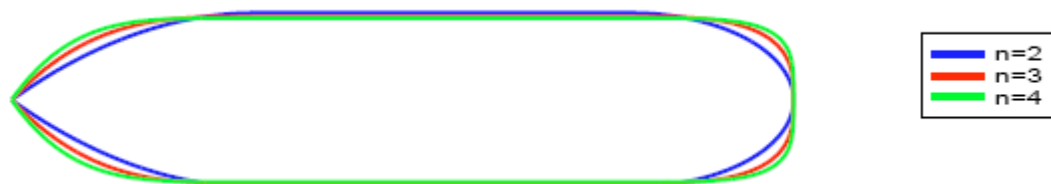
$6D$  می باشد و به صورت کلی داریم:  $L_f = 2.4L$ ,  $L_a = 3.6L$ ,  $L_{PMB} = L - 6D$



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۳-۷: اثر تغییر فاکتور شکل در حالت قطر ثابت [۹]



شکل ۳-۸: اثر تغییر فاکتور شکل در حالت طول ثابت [۹]

سطح خیس شده بدنه از طریق ارتباط دادن سطح هر یک از سه قسمت بدنه به سطح یک استوانه محصور شده، بدست می‌آید. حجم جابجایی نیز از طریق معادل کردن حجم بدنه با حجم استوانه محصور شده بدست می‌آید. اگر جابجایی بیشتری لازم باشد ولی قطر قابل افزایش نباشد، می‌توان در نقطه قطر ماکزیمم، یک بخش استوانه ای به وسط بدنه اضافه کرد، براساس پیشنهاد فرود در سال ۱۸۷۷) مقادیر ثابت تناسب برای سه بخش بدنه به صورت زیر است .

جلو	استوانه میانی	عقب	
۰/۷۱۲۶	۱	۰/۶۲۰۷	برای محاسبات حجم CP
۰/۸۳۳۰	۱	۰/۷۳۳۴	برای محاسبات سطح CWS

برای فرم بدنه جکسون، روابط مربوط به خیس شده را همراه با پارامترهای انتخاب شده، می‌توان

بصورت زیر توسعه داد:

$$\begin{aligned}
 WS &= C_{WS} \pi DL \\
 WS &= \pi D \left[ 3/6 DC_{SA} + D \left( \frac{L}{D} - 6 \right) + 2/4 DC_{SA} \right] \\
 WS &= \pi D^2 \left[ \frac{L}{D} - 1/3606 \right]
 \end{aligned}
 \quad ۱۱-۳$$

این روابط نشان می‌دهد که برای نسبت طول به قطرهای بیشتر از ۶ و قطرهای ثابت، تناژ نرمال



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

وسطح خیس شده با نسبت طول به قطر متناسب است. می‌توان با فرض قطرهای مختلف، جابجایی را برای هر نسبت طول به قطر محاسبه کرد. با یک قطر و نسبت طول به قطرهای مشخص، طول نیز قابل تعیین و ترسیم است. اگر بتوان رابطه سرعت و توان رانشی بر حسب اسب بخار را متناسب با فرم‌ها و نسبت طول به قطرهای مختلف محاسبه کرد، می‌تواند مفیدترین وسیله برای اندازه‌گذاری اولیه یک مطالعه طراحی باشد.

### ۳-۶-۳- نسبت‌های بهینه در زیردریایی‌ها

همانطور که گفته شد بعد از استخراج الزامات تناژی و کلاس زیردریایی، و در حین تعیین حجم‌ها و فضاهای مورد نیاز برای هر کامپارتمان، به غیر از طول مورد نیاز کامپارتمانها، قطر بدنه نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

جدول ۳-۹ میتواند نسبت‌های بهینه ابعادی در زیردریایی‌های مختلف از کلاس‌های مختلف را باهم مقایسه کند. در این جدول ۱۰ زیردریایی اول از کلاس زیردریایی‌های هسته‌ای هستند. مشاهده میشود که در نهایت نسبت‌های ابعادی در محدوده‌ی مشابهی نسبت به زیردریایی‌های دیزل الکتریک (۶ زیردریایی آخر) قرار خواهند گرفت. نسبت‌های بهینه‌ی فاصله ضمام تا دماغه‌ی زیردریایی شامل برجک و سطوح کنترل پاشنه و استابلایزرها نیز دارای محدوده‌ی بهینه است. محدوده‌ی بهینه در بالک-های جلو(استابلایزر) متناسب با نوع طراحی (جانمایی در دماغه، برجک و یا در عرشه) و نیز محل بهینه در طراحی و جانمایی سطوح کنترل پاشنه و برجک بر اساس مدل‌های تست شده استخراج شده است. این ابعاد، ابعاد بی بعد و نسبت مرکز طولی هر یک از ضمام به طول زیردریایی از دماغه است و چنانچه در ادامه مطرح خواهد شد بنابر نوع طراحی و جانمایی استابلایزرها مطرح خواهد شد. اطلاعات ارائه شده در این بخش با استفاده از اطلاعات آماری زیردریایی‌های ساخته شده بوده است.

جدول ۳-۹: نسبت‌های بهینه ابعادی در زیردریایی‌ها [۷]



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

Ben Franklin	George Washington	VA	LA	Seawolf	Sturgeon	Permit	Skipjack	کلاس
۱۲۹/۵	۱۱۶/۳	۱۱۴/۲	۱۰۹/۷۳	۱۰۷/۶	۸۹	۸۴/۷۴	۷۶/۸	L طول
۱۰	۱۰	۱۰/۳۷	۱۰	۱۲/۲	۹/۷۵	۹/۷۵	۹/۴۵	D قطر
۱۲/۹۵	۱۱/۶۳	۱۱	۱۰/۹۷	۸/۸۲	۹/۱۳	۸/۷	۸/۱۲	L/D
P650	212 A	Collins 471	209 1200	569 USS albacore	Barbel	Lafayette Ohio	Lafayette	کلاس
۶۷	۵۶	۷۸	۵۶	۶۳	۶۷	۱۷۰/۶۸	۱۲۹/۵	L طول
۶/۶	۷	۷/۸	۶/۲	۸/۴	۸/۸	۱۲/۸	۱۰	D قطر
۱۰/۱۵	۸	۱۰	۹/۰۳	۷/۵	۷/۶۱	۱۳/۳۳	۱۲/۹۵	L/D



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۱۰-۳ فاصله بهینه سطوح کنترل تا دماغه زیردریایی بر حسب ضریب طول زیردریایی

استابلازر در برجک	استابلازر در دماغه	
۰/۲۵	۰/۱۴	سطوح کنترل سینه (استابلازر)
۰/۹۲	۰/۹۰	سطوح کنترل افقی پاشنه (الویتور)
۰/۹۲	۰/۹۰	سطوح کنترل عمودی پاشنه (سکان) بالایی
۰/۹۲	۰/۹۰	سطوح کنترل عمودی پاشنه (سکان) پائینی
۰/۲۴	۰/۲۴	برجک

جدول ۱۱-۳: نسبت‌های ابعادی در زیردریایی های کلاس مختلف U209

تناژ	طول	قطر	L/D	Lff <sub>۱</sub>	Lph <sub>۲</sub>	Lff <sub>۳</sub>	Lph <sub>۴</sub>
۱۰۴۰	۵۹	۵/۴	۱۰/۹۳	۱۶/۴۵	۴۲/۵۵	۲۸	۷۲
۱۱۰۰	۵۴/۱	۶/۲	۸/۷۳	۱۹/۹۶	۳۴/۱۴	۳۷	۶۳
۱۱۸۵	۵۶/۱	۶/۲	۹/۰۵	۱۹/۳۲	۳۶/۷۸	۳۴	۶۶
۱۲۶۵	۶۱/۲	۶/۳	۹/۷۱	۲۳/۱۷	۳۸/۰۳	۳۸	۶۲
۱۴۶۵	۶۲	۶/۲	۱۰	۱۶/۵۳	۴۵/۴۷	۲۷	۷۳
۱۴۷۶	۶۴/۴	۶/۸	۹/۴۷	۲۶/۳۲	۳۸/۰۸	۴۱	۵۹
۱۵۱۰	۶۷/۵	۶/۸	۹/۹۳	۲۸/۵۴	۳۸/۹۶	۴۲	۵۸
۱۶۵۳	۶۶/۴	۶/۸	۹/۷۶	۲۳/۷۵	۴۲/۶۵	۳۶	۶۴
۱۶۶۰	۶۴/۵	۶/۵	۹/۹۲	۱۷/۶۲	۴۶/۸۸	۲۷	۷۳

در جدول بالا، نسبت‌های ابعادی در زیردریایی های کلاس مختلف U209 جدول ۱۱-۳: نسبت‌های

ابعادی در زیردریایی های کلاس مختلف U209 آمده است. ابعاد کلی کلاس‌های مختلف زیردریایی از طریق منابع اینترنتی استخراج شده و نسبت‌ها از طریق تخمین ابعادی یکی از کلاس‌های مشخص شده در جدول بدست آمده است به این طریق که ۹۶٪ از حجم کل بویانسی زیردریایی به حجم بدنه‌ی فشار آن تخصیص داده شده است و از این طریق طول بدنه‌ی فشار و بدنه‌ی نرم بدست آمده است. نکته‌ی قابل

۱ طول بدنه‌ی نرم شامل بدنه‌ی نرم جلو و عقب

۲ طول بدنه‌ی فشار و تولید کننده‌ی تقریبی ۹۶٪ حجم بویانسی زیردریایی

۳ درصد طول بدنه‌ی نرم: طول بدنه‌ی نرم به طول زیردریایی

۴ درصد طول بدنه‌ی فشار: طول بدنه‌ی فشار به طول کل زیردریایی



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

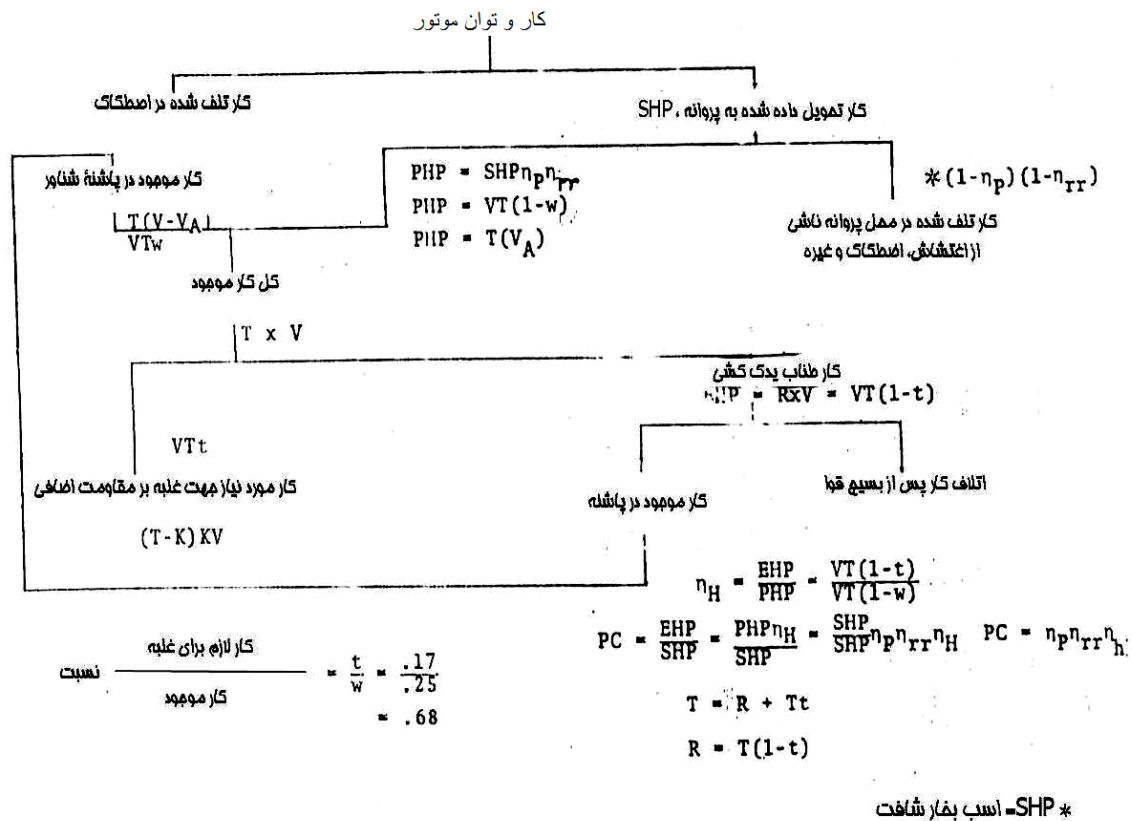
تامل تفاوت در درصد طول های بدنه‌ی فشار و یا بدنه‌ی نرم است که متناسب با قطر بدنه‌ی فشار تغییر میکند حال آنکه نسبت بهینه‌ی  $L/D$  آنها بسیار نزدیک به هم است.

### ۳-۷- محاسبه، مقاومت، توان رانشی

در این حوزه توجه به این نکته اساسی است که مشخصاتی از مدل‌های استخراجی در پایان گام-های طراحی از محصول قابل قبول است که بتواند مأموریت خواسته شده را در منطقه عملیاتی بیان شده در صحت کامل انجام دهد پس هم مشخصات پایداری استاتیک و دینامیکی اهمیت پیدا خواهند کرد و هم اینکه مقدار توان و مقاومت و سیستم رانشی که طراحی شده است در این حوزه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و این موضوع در کنار اینکه محدوده‌های ابعادی و هیدرودینامیکی زیردریایی متناسب با هر کلاس آن اهمیت ویژه‌ای در تعیین مشخصات کلاس زیردریایی دارد، دارای جایگاه خاصی است. کل نیروی یک زیردریایی به صورت داخلی تامین می‌شود که می‌تواند از انرژی هسته‌ای، باتری و یا منابع دیگر باشد. در تمام این مسیر افتهایی وجود دارد که توضیح آن بدون یک نمودار مشکل است. شکل ۳-۹ جریان کار سیستم جلوبری و همچنین بعضی موارد که بعداً شرح داده خواهد شد را نشان می‌دهد. با استفاده از این نمودار ملاحظه می‌شود که این جریان تا حدودی از نوع یک چرخه بسته است، بنابراین بررسی موضوع می‌تواند از هر نقطه‌ای شروع شود. مقاومت بدنه لخت نقطه مناسبی جهت شروع است چون یک عامل بزرگ و ضمناً حاوی اطلاعات زیادی است.



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متحرک‌های زیرسطحی



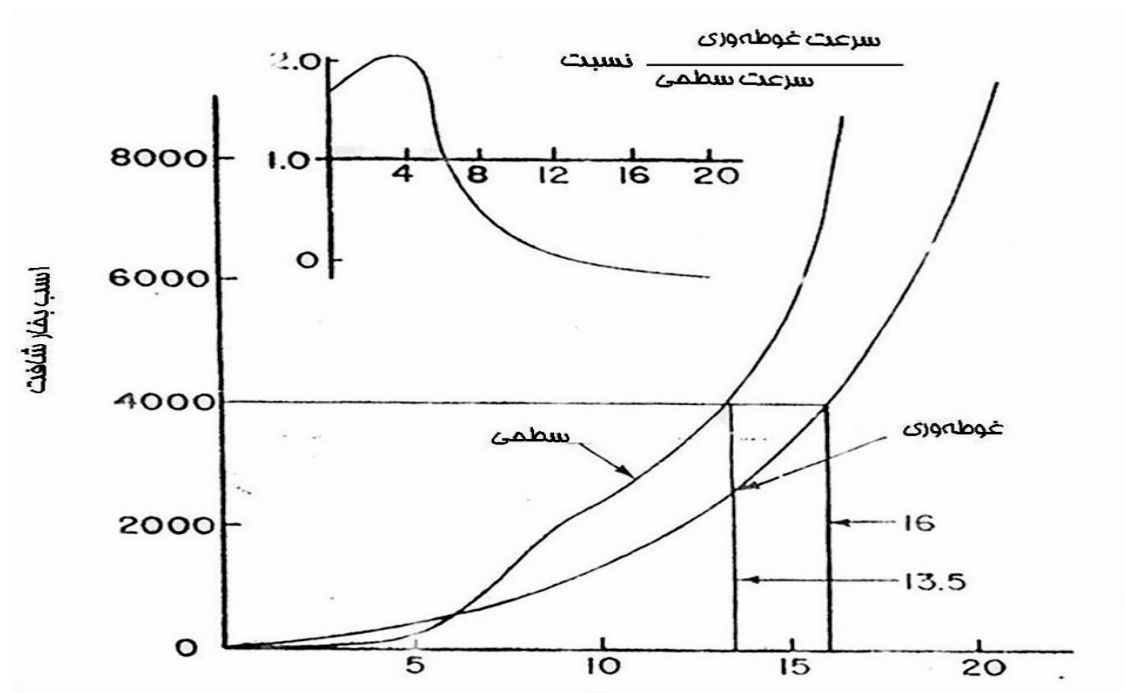
شکل ۳-۹ توزیع مقاومت در سیستم جلوبری

قبل از شرح محاسبهٔ منحنیهای سرعت قدرت، شاید بهتر باشد بعضی اصول مکانیک سیالات در

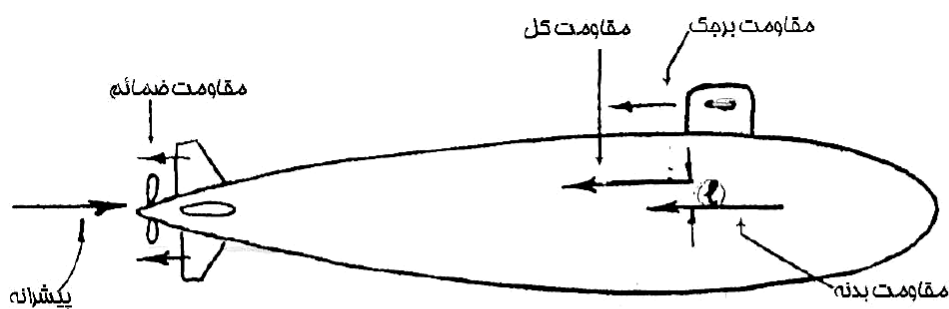
ارتباط با موضوع ، مرور شود.



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۳-۱۰ مقاومت در حالت های سطحی و زیرسطحی



$$\text{مقاومت} = C_D \frac{1}{2} \rho A V^2$$

$$\text{سرعت} \times \text{مقاومت} = \text{قدرت}$$

$$HP = C_T \frac{\rho}{550} A V^3$$

$$A = \text{سطح فیس شده}$$

$$V = \text{سرعت بر حسب فوت بر ثانیه}$$

$$\rho = \text{چگالی مژه}$$

$$C_D = \text{ضریب مقاومت}$$

$$C_T = \text{ضریب مقاومت کل}$$

$$\text{مقاومت ضمائع} + \text{مقاومت بزرگ} + \text{مقاومت بدنه} = \text{مقاومت کل}$$

شکل ۳-۱۱: اجزاء تشکیل دهنده مقاومت زیردریایی

مقاومت زیردریایی (در زمانیکه غوطه‌ور است) می‌تواند به سه قسمت اصلی تقسیم شود. در این

مبحث فرض می‌شود زیردریایی غوطه‌ور است مگر اینکه به طور خاص ذکر شود که در سطح قرار دارد. از



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

آنجا که مقاومت ناشی از ایجاد موج محدود شده ، نیروهای ایجاد شده مربوط به ویسکوز و فشار است.

### ۱-۷-۳- فرم زیردریایی و مقاومت با در نظر داشتن فرم بدنه جکسون

رابطه زیر برای محاسبه توان موثر مورد نیاز برای سرعتهای مختلف بدنه لخت زیردریایی استفاده می شود.

$$EHP_{BH} = 0.00872 V_K^3 A_H [C_f + \Delta C_f + C_r] \quad 12-3$$

ضرایب فوق بدین شکل تعریف می شود.  $C_f$  - اصطکاکی،  $\Delta C_f$  - مقاومت اصطکاکی اضافی ، ناشی از ناهمواریها ، رسوب گرفتگی در سوراخهای آبیگری و تهویه و غیره،  $C_r$  - مقاومت فرم ، مربوط به شکل بدنه که غالباً مربوط به بخش دم است.  $C_f$  تابعی است از طول، سرعت و لزجت آب. در این خصوص عامل اصلی عدد رینولدز است، که در آن  $V$  بر حسب فوت بر ثانیه است .

$$N_R = \frac{VL}{\gamma} \quad 13-3$$

$$C_f = \frac{0.075}{[\log_{10} R_n - 2]^2}$$

از آنجا که لزجت سینماتیک آب دریا در حالت زیرسطحی تقریباً ثابت است، می توان مقدار آنرا  $1.0 \times 10^{-5}$  فرض کرد، بنابراین  $C_f$  تابعی از  $V$  و  $L$  است . تعیین  $\Delta C_f$  مشکل تر است و بنابراین فرض می شود برای شناورهای مشابه، مقداری ثابت باشد. بوکالف مقدار آنرا  $0.0008$  پیشنهاد می کند.  $C_r$  بیشتر تحت تاثیر شکل انتهای عقب بدنه است و استوانه میانی بدنه تاثیری بر آن ندارد. یفمیف ۱ فرمول زیر را که توسط پاپمل توسعه یافته ، برای  $C_r$  پیشنهاد می کند.

---

۱- مبانی تئوری زیردریایی ۱۹۶۵- برگرفته شده از کتاب *Submarine design note*



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

$$C_r = 0.009 \frac{A_x}{A_{WS}} \sqrt{\frac{\sqrt{A_x}}{r L_{RUN}}} \quad 14-3$$

که در آن  $A_x$  ، سطح مقطع ماکزیمم،  $A_{WS}$  ، مساحت سطح خیس شده، و  $L_{RUN}$  طول بدنه عقب. این معادله را می توان بشکل تابعی از نسبت طول به قطر بصورت زیر خلاصه کرد:

$$C_r = \frac{0.000789}{\frac{L}{D} - 1/3606} \quad 15-3$$

می توان روابط مشابهی برای محاسبه  $EPH$ ، برای برجک و دیگر ضمائ نوشت و زمانیکه همه اینها با هم ترکیب شود ، نتیجه بصورت زیر خواهد بود:

$$EHP = 0.00172 V_K^r [WS(C_f + \Delta C_f + C_r) + A_B C_{DB} + \sum A_A C_{DA}] \quad 16-3$$

$C_{DB}$  عبارتست از ضریب مقاومت برجک. این ضریب نیز از طریق مدل های یدک شونده بدست می آید و بسته به ابعاد و شکل برجک تغییر می کند. بطور کلی این ضریب شامل ضریب اصطکاکی، ضریب فوق العاده ای برای ناهمواری و غیره و همچنین برای شکل برجک می شود. بوکالف نشان می دهد که مقدار مناسب این ضریب برای برجک ،  $0.009$  است.  $C_{DA}$  مشابه ضریب برجک است ولی مربوط ضمائ است، باز هم بوکالف پیشنهاد می کند که مقدار مناسب این ضریب برای ابعاد و شکل ضمائ نشان داده شده،  $0.0056$  است .

### ۳-۷-۱-۱- محاسبه سطوح برجک و سطوح کنترل

زیردریائیهای معرفی شده در مجله *Jane's* بدون استثنا همگی دارای یک نوع برجک هستند. این موضوع نیاز عملی به حرکت زیردریایی در سطح را نشان می دهد که فقط می خواهد بندر را ترک و مجدداً به آن باز گردد. بطور کلی اندازه برجک ربطی به اندازه بدنه ندارد ولی به تعداد و نوع پریسکوپها ،



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

دکلهای الکترونیکی ، ورودیها و خروجیهای هوا و مجرای دسترسی به بدنه دارد. برای راحتی کار میتوان در اینجا از ابعاد ارائه شده در فرم استاندارد تبعیت کرد.

اندازه سطوح کنترل می تواند از طریق بعضی روابط نسبتاً ساده که توسط بوکالف ذکر شده، تعیین گردد. در اینجا اندازه سطوح مختلف تابع خطی حاصل ضرب طول و عرض شناور، همراه با یک ثابت تناسب است :

$$m = \frac{L \times D}{A(2fins)} \quad ۱۷-۳$$

$m=۵۴/۹$  برای بالکهای جلو،  $m=۲۵/۶$  برای بالکهای عقب،  $m=۳۰/۳$  برای سکانها، با فرض اینکه

$$A_T = A_{FP} + A_{SP} + A_R \text{ باشد.}$$

$$A_A = L \times D \left[ \frac{1}{m_{fp}} + \frac{1}{m_{sp}} + \frac{1}{m_r} \right] \quad ۱۸-۳$$
$$A_A = L \times D \left[ \frac{1}{11/1936} \right] = \frac{L}{D} \frac{D^2}{11/1936}$$

$A_A$  سطح پروفیل ضربدر ۲، برای مساحت سطح خیس شده می باشد . با استفاده از اطلاعات فوق ، روابط اسب بخار موثر و سرعت را می توان برای نسبتهای مختلف طول به قطر محاسبه کرد و این ناشی از این واقعیت است که عناصر این رابطه به صورت توابعی از  $L$ ،  $D$  و  $V$  خلاصه شده و یا مقادیر ، ثابت فرض شده است .

### ۳-۷-۲- فرم زیردریایی و مقاومت با در نظر داشتن فرم بدنه استاندارد و مشخص

بهینه سازی عملکرد سیستم رانش و مقاومت زیردریایی از مهمترین بخشهای طراحی محسوب می شود زیرا که بصورت مستقیم بر روی سرعت و پارامترهای عملیاتی زیردریایی اثرگذار است. همانطور که گفته شد در حالت کلی میتوان مقاومت بدنه زیردریایی را به سه قسمت کلی مقاومت بدنه و مقاومت



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

ناشی از متعلقات ناشی از برجک و ضمام تقسیم بندی می کنند و این موضوع نوع نگاه متمایز و نیز تداخل بین مقاومت ناشی از متعلقات و بدنه ی لخت را به نوعی نشان می دهد ولی میتوان هر کدام از آنها را بصورت مجزا نیز شبیه سازی کرده و محاسبه نمود. به روشی تئوریک معادلات محاسبه ی توان جلوگیری زيردریایی در حالت های سطحی و زیرسطحی را می توان دسته بندی کرد. قبل از ورود به مبحث محاسبه ی توان لازم است نیازمندی های ان را بررسی کنیم.

### ۳-۷-۲-۱- محاسبات سطح خیس شده بدنه، برجک و ضمام

یک زیردریائی با طول کلی  $L$  (متر) و عرض  $B$  (متر) می باشد. برای یک زیردریائی تک بدنه، حداکثر قطر بدنه فشار نیز بر حسب  $D$  (متر) می باشد. جهت محاسبه سطح خیس شده بدنه طول کلی زیردریائی را می توان به صورت ۳ مقطع مختلف در نظر گرفت:

مقطع استوانه ای بطول  $L_I$  متر و قطر  $D$  متر

مقطع مخروطی قسمت پاشنه بطول  $L_{aft}$  متر و قطرهای  $D$  متر و  $d$  متر

مقطع سینه بطول  $L_{fore}$  متر و با شکل خاص خود. بنابراین خواهیم داشت:

سطح خیس شده قسمت استوانه

$$\pi DL = 3.14 \times D \times L = A_1 \text{ m}^2 = A'_1 \text{ ft}^2 \quad ۱۹-۳$$

$$hs = \sqrt{\frac{D^2}{4} + L_{aft}^2}$$

سطح خیس شده قسمت مخروطی

۲۰-۳

$$\frac{\pi.d.hs}{2} = A_2 \text{ m}^2 = A'_2 \text{ ft}^2$$

سطح خیس شده سینه با استفاده از فایل مدل سازی شده یا بر اساس محاسبه ی فرم استاندارد



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

بدنه محاسبه خواهد شد. این سطح بر حسب  $\dot{A}_3 \text{ ft}^2$  بیان می‌شود. با توجه به اینکه معمولاً سطح خیس شده واقعی بیشتر از مقادیر محاسبه شده است بنابراین مقادیر فوق‌الذکر را با لحاظ نمودن مقادیری اضافه جهت ضریب اطمینان در نظر می‌گیریم:

$$\dot{A}_1 + \dot{A}_2 + \dot{A}_3 = \dot{A}_t \text{ ft}^2 = \text{مجموع سطح خیس بدنه}$$

برای محاسبه سطح خیس برجک، برجک را در مراحل ابتدایی طراحی به عنوان یک سطح ساده فرض خواهیم کرد. بنابر این خواهیم داشت:

$$A_{sail} = \frac{l_{sail} \times H_{sail} \times 2 \times 100 \times 100}{30.48 \times 30.48} = A_{sail} \text{ ft}^2 \quad ۲۱-۳$$

همچنین برای محاسبه سطح خیس ضمائم با استفاده از روابط تجربی و تئوری داریم: در این رابطه  $D$  بر حسب  $Foot$  بیان خواهد شد.

$$A_A = \frac{L}{D} \times \frac{D^2}{11.1936} = A_A \text{ ft}^2 \quad ۲۲-۳$$

## ۲-۲-۷-۳- برآورد توان جلوبری برای سرعت‌های مختلف در مد حرکت زیرسطحی

جهت محاسبه توان جلوبری زیردریائی نیاز به محاسبه مقادیر ضرائب اصطکاکی می‌باشد. (اصطکاک بین آب و بدنه شناور)

$$R = \frac{1}{2} \rho A V^2 \times C_D$$

$$EHP = \frac{R \times V}{550} \quad ۲۳-۳$$

$$EHP_{BH} = C_{TBH} \frac{\frac{1}{2} \rho A V^3}{550}$$



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

$$C_{TBH} = C_f + \Delta C_f + C_{rBH}$$

$$\frac{\rho}{\tau} \times \frac{(1/69)^{\tau}}{550} = 0.000172$$

$$EHP_{BH} = 0.00872 C_{TBH} AV_K^3$$

ابتدا به محاسبه مقدار  $C_f$  می پردازیم:

$$N_R = \frac{V_K (1.689) L}{V} \quad L = Lft$$

$$V = 1.29 \times 10^{-5}$$

۲۴-۳

$$N_R = \frac{V_K \times (1.689) \times (L)}{1.29 \times 10^{-5}} = 1.31 * V_K \times (L) * 10^5$$

$$C_f = \frac{0.075}{(\log N_R - 2)^2} = \frac{0.075}{[\log (1.31 * V_K \times (L) * 10^5) - 2]^2}$$

چنانچه مشاهده می شود مقدار  $C_f$  بستگی به سرعت زیردریایی یعنی  $V_K$  و  $L$  دارد. بنابراین برای

هر زیردریایی در هر سرعتی یک  $C_f$  معین داریم. مقدار  $\Delta C_f$  (مقاومت اصطکاکی اضافی ناشی از

ناهمواریهای روی بدنه، رسوب گرفتگی و ...) طبق پیشنهاد بوکاف ۰/۰۰۰۸ است. جهت محاسبه مقدار

$Cr$  (مقاومت اصطکاکی شکل بدنه مخروطی) داریم:

$$C_r = 0.009 \frac{A_z}{A_t} \sqrt{\frac{\sqrt{A_z}}{2L_{RUN}}}$$

۲۵-۳

$$D = Dm = Dft$$

سطح مقطع ماکزیمم

$$A_z = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (Dft)^2 30}{4} = A_z ft^2$$

۲۶-۳



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

$\dot{A}_t$  سطح خیس بدنه،  $L_{RUN} = Lm = Lft$  طول مخروط عقب، همچنین براساس مقادیر تجربی

داریم:

$$C_{Sail} = 0.009$$

۲۷-۳

$$C_{App} = 0.0056$$

اینک مقدار  $HP$  را برای سرعت‌های مختلف محاسبه می‌نمائیم و به همین ترتیب برای تمامی سرعت‌ها می‌توان چنین عمل نمود. جهت محاسبه قدرت برروی شافت ورودی موتور الکتریکی لازم است راندمانهای پروانه، گردش نسبی، بدنه و سیستم انتقال قدرت نیز لحاظ گردد. راندمان پروانه را معادل ۰/۶۵، گردش نسبی را معادل ۱/۰۱، بدنه را معادل ۱/۱۵ و سیستم انتقال قدرت را معادل ۰/۹ و راندمان موتور رانشی را در صورتی که موتور  $BLDC$  باشد حدود ۸۵٪ در نظر می‌گیریم. بنابراین با در نظر گرفتن این راندمان‌ها توان رانشی اصلاح می‌گردد.

### ۳-۷-۳- محاسبه توان هتل لود زیردریایی

زیردریایی علاوه بر مقادیر قدرت فوق نیاز به توان اضافی جهت مصارف عمومی از جمله مصارف مربوط به سیستم تهویه مطبوع، روشنایی و ... دارد. این توان اضافی به  $Hotel Load$  معروف است. روابط مختلفی جهت محاسبه هتل لود وجود دارد. یکی از این روابط بدین شرح است:

$$P_{hotel-load} = \frac{\Delta_{sub}}{22} + 25$$

۲۸-۳

که در آن  $\Delta_{sub}$  تناژ زیرسطحی زیردریایی بر حسب تن است. هتل لود بدست آمده بر حسب کیلو وات ( $KW$ ) بدست خواهد آمد. این توان را باید به اسب بخار تبدیل کرد تا بتوان با توان‌های قبلی جمع کرد. البته در صورتی که زیردریایی با سرعت کروز در حرکت باشد آنگاه تعدادی از مصرف‌کننده‌های زیردریایی در مدار نیستند و هتل لود تقریباً ۲۵٪ کمتر از مقدار محاسبه شده فوق می‌باشد. حال توان هتل لود را باید با توان‌های رانشی جمع کرد و توان کل زیردریایی را در سرعت‌های مختلف بدست آورد.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

### ۳-۷-۴- برآورد توان جلوگیری برای سرعت اسنور کلی در مد حرکت سطحی

در مد حرکت سطحی حداکثر سرعت نسبت به مد حرکت زیر سطحی کمتر است. معمولاً سرعت در مد سطحی با سرعت اسنور کلی تعریف می‌شود. در حرکت اسنور کلی نیروی باد و امواج سطحی وجود دارد که باعث می‌شود توانی علاوه بر توان حرکت زیرسطحی، لازم باشد تا زیردریائی بتواند بر روی سطح آب حرکت نماید. مقاومت موج سازی و ضریب این مقاومت تابعی از عدد فرود و نیز عمق آبی است که زیردریائی در آن در حال حرکت است. برای توضیح بیشتر میتوان به شکل ۳-۱۲ مراجعه کرد. برای بررسی تأثیرات نیروهای باد و امواج و ... بر روی توان جلوگیری بایستی ابتدا عدد بی بعد فرود محاسبه گردد: قطر، طول، نسبت ابعادی و عدد فرود بر حسب روابط زیر خواهند بود.

$$D = Dm = Dft$$

$$L = Lm = Lft$$

$$\frac{L}{D}$$

۲۹-۳

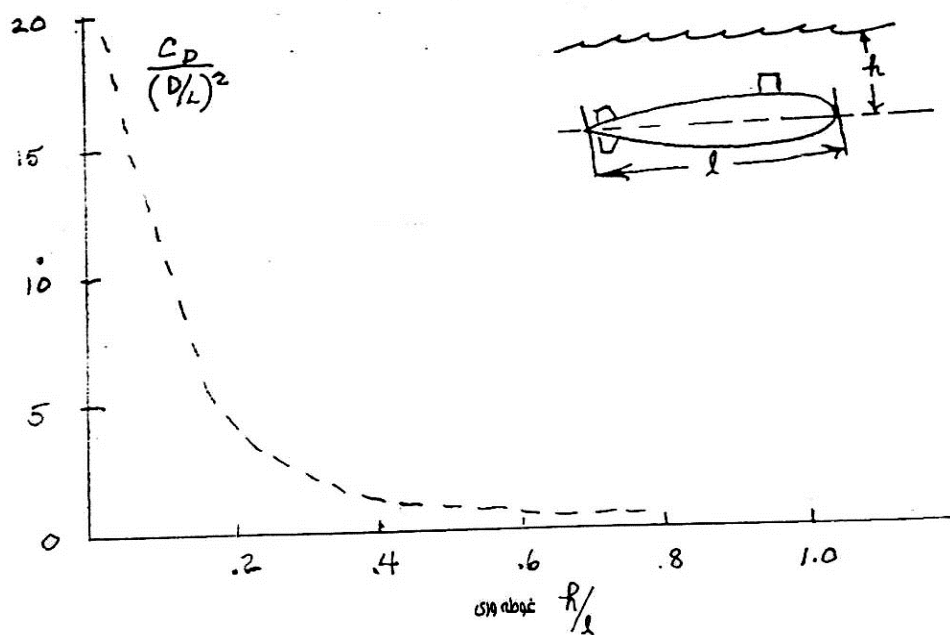
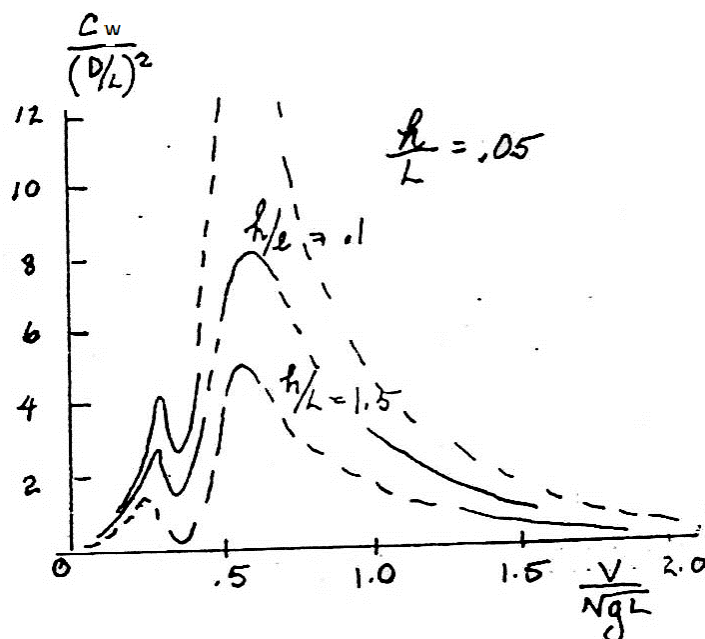
$$F_N = \frac{V}{\sqrt{gl}} = \frac{V \times 1.6889}{\sqrt{32.2 \times L}}$$

ضریب موج سازی استخراج شده و مقاومت موج سازی شناور با مقاومت حالت زیرسطحی جمع می‌شود. در نهایت هتل لود نیز در حالت حداکثری جمع زده می‌شود. بدیهی است مصارف هتل لود برای حرکت سطحی نیز بایستی به مقدار فوق‌الذکر اضافه گردد که با توجه به اینکه زیردریائی در حالت اسنور کلی مغروق است و نیاز به تهویه دارد لذا دارای هتل لود کامل می‌باشد. لازم به یادآوری است که برای هر سرعت سطحی دیگر نیز روش محاسبه دقیقاً مشابه محاسبات انجام شده می‌باشد.

شکل ۳-۱۲- ضریب مقاومت موج بعنوان تابعی از عدد فرود و نسبت غوطه‌وری



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

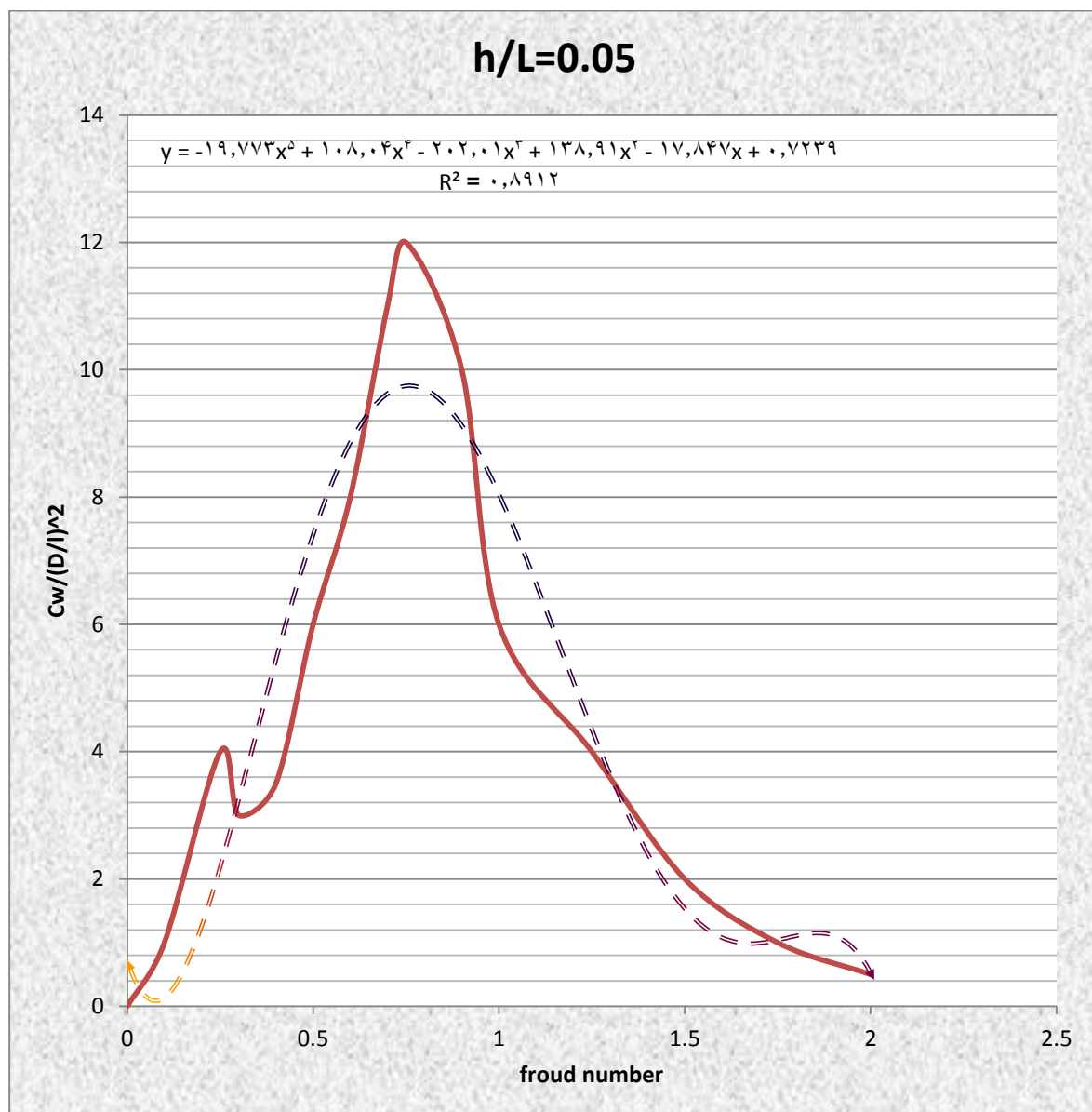


با استفاده از نرم افزار Excell بهترین رابطه و منحنی مربوط به ضریب موج در سطح را در شرایط

مختلف استخراج می کنیم. این رابطه تخمینی برای کار در کدنویسی مورد استفاده قرار می گیرد.



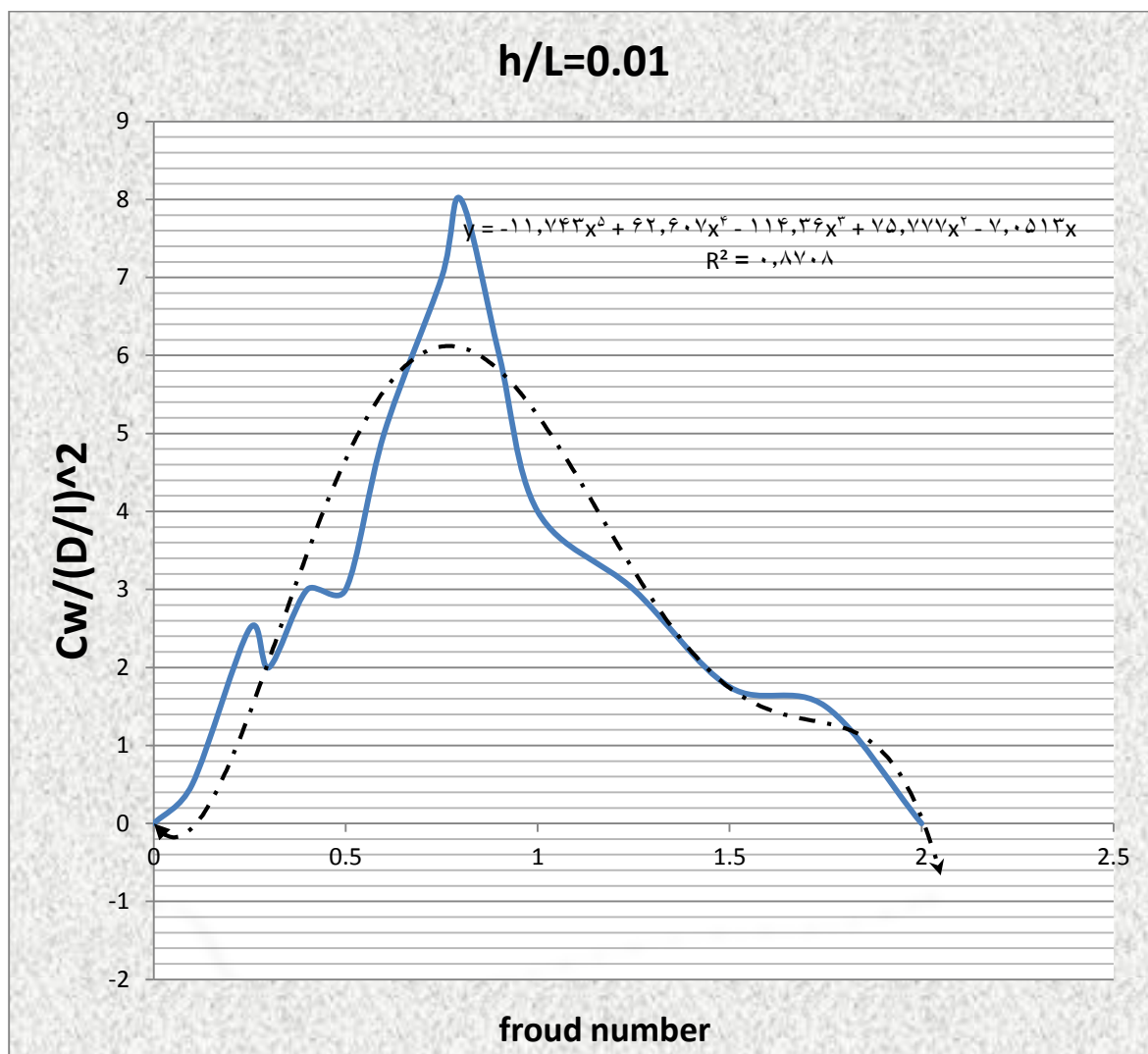
ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۳-۱۳: ضریب مقاومت موج در شرایط اسنورکلی و پارامتر  $h/L=0.05$



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۳-۱۴: ضریب مقاومت موج در شرایط اسنورکلی و پارامتر  $h/L=0.01$

### ۳-۸- برآورد تراست مورد نیاز و مشخصات کلی از پروانه زیردریایی

با توجه به اینکه تمام توان تولید شده توسط موتور به توان و گشتاور پروانه تبدیل نخواهد شد و صرف غلبه بر مقاومت و تراست زیردریایی خواهد شد لذا باید راندمان ها ضرایب لازم را در محاسبات وارد کنیم.

بازدهی و راندمان سیستم رانش زیردریایی در حالت کلی به دو دسته تقسیم خواهد شد.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۱. بازدهی و راندمان مکانیکی: این راندمان مربوط به اجزاء انتقال قدرت زیردریایی در داخل بدنه

میباشد.

۲. بازدهی و راندمان هیدرودینامیکی: این بازدهی شامل اجزاء بیرون بدنه و مرتبط با آب دریا می-

باشد و به سه گروه اصلی تقسیم خواهد شد. بازدهی بدنه، بازدهی پرخشی و بازدهی پروانه در

آب آزاد که در ادامه آنها را بصورت پارامتریک مطالعه خواهیم کرد.

$$P_E = P_B * \eta$$

۳-۳۰

$$\eta = \eta_S * \eta_H * \eta_R * \eta_O$$

$P_E$ : توان موثر وارد شده به پروانه

$P_B$ : توان تولید شده توسط موتور

$\eta_S$ : راندمان سیستم های انتقال قدرت

$\eta_H$ : راندمان بدنه

$\eta_R$ : راندمان نسبی پرخشی

$\eta_O$ : راندمان پروانه در آب آزاد

به منظور محاسبه راندمان های هیدرودینامیکی لازم است که میدان ویک و ضریب تراست حاصل

از شکل پاشنه و پروانه زیردریایی را در محاسبات وارد کنیم.

پارامترهایی که در این حوزه و محاسبه توان مورد نیاز موتور و نیز مشخصات کلی از پروانه دارای

اهمیت هستند شامل موارد زیر خواهند بود.

۱. دور مورد نیاز پروانه و موتور

۲. ضرایب ویک و تراست

۳. نسبت قطر پروانه به قطر زیردریایی و تعداد پره های آن

۴. ضریب پیشروی، تراست و گشتاور پروانه



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

در ادامه به بررسی پارامتریک هر کدام از آنها خواهیم پرداخت

### ۳-۸-۱- دور مورد نیاز پروانه و موتور

این مسئله را باید در نظر داشت که بین ابعاد موتور الکتریکی و دور آن رابطه مستقیمی برقرار است. با توجه به اینکه سیستم رانشی پروانه‌ای زیردریایی بصورت مستقیم به موتور رانشی متصل است، لذا دور مورد نیاز پروانه همان دور موتور رانشی است. از طرفی ابعاد موتور متناظر با دور بود در نتیجه بین طراحی بهینه پروانه و الزامات ابعادی موتور، حجم و وزن سیستم رانش و تناژ زیردریایی رابطه منطقی وجود دارد. رابطه بین توان تولیدی موتور و پارامترهای ابعادی آن و دور موتور بر اساس رابطه زیر خواهد بود.

$$PB = k * D^2 * L * N \quad 31-3$$

که در آن  $PB$  توان رانشی،  $K$  یک ضریب برای طراحی موتور است که با توجه به تکنولوژی های موجود کشور در حال حاضر در محدوده‌ی ۲ برای موتورهای  $DC$  در نظر گرفته خواهند شد و برای موتورهای  $BLDC$  در محدوده‌ی ۲/۵ در نظر گرفته میشود،  $D$  قطر موتور  $L$  طول موتور و  $N$  تعداد دور بر دقیقه آن است. به همین منظور با در نظر گرفتن یک موتور به عنوان مبنا میتوان نسبت های مختلفی از ابعاد و دور موتور را با نسبت بین توان ها بدست آورد. در نتیجه خواهیم داشت:

$$\frac{P_{B1}}{P_{B2}} = \frac{L_1 * D_1^2 * N_1}{L_2 * D_2^2 * N_2} \quad 32-3$$

این تقریب در مراحل ابتدایی میتواند راه کار مناسبی برای بدست آوردن ابعاد مورد نیاز موتور متناسب با دور آن باشد. استفاده از اطلاعات آماری موتورهای مختلف اعم از  $DC$  و  $BLDC$  میتواند مفید و مثمرتر باشد.

این موضوع دارای اهمیت زیادی است که چگالی وزنی و چگالی توانی موتورهای  $DC$  و  $BLDC$  عموماً با هم برابر هستند و برای تخمین های ابعادی و وزنی از این تخمین ها زیاد استفاده خواهد شد.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

### ۳-۸-۲- نسبت قطر پروانه به قطر زیردریایی و تعداد پره های آن

زیردریایی های نظامی معمولاً دارای یک پروانه هستند و تعداد پره های این پروانه ها به دلیل قرارنگرفتن همزمان پره های در میدان جریان خارج شده از سطوح کنترل فرد در نظر گرفته میشود. نسبت بین قطر پروانه و قطر بدنه زیردریایی عموماً بین ۴۰ الی ۷۰٪ در نظر گرفته خواهد شد. این موضوع در تخمین های مورد نیاز زیاد کاربرد خواهد داشت. [۱۵]

### ۳-۸-۳- ضرایب ویک و تراست

ماهین ویک همان تغییرات سرعت جریان می باشد که میتواند عوامل مختلفی داشته باشد و مهم ترین و اثرگذارترین آنها گرادیان فشار و سرعت در پاشنه است. به عبارت ساده تر سرعت حرکت سیال ورودی به پروانه با سرعت حرکت سیال برابر نخواهد بود و متاثر از اثر ویک است.

$$w = 1 - \frac{V_A}{V_s} \quad ۳۳-۳$$

درحالی که  $V_A$  سرعت پیشروی است و  $V_S$  سرعت شناور است.

$$P_E = V_A * R \quad ۳۴-۳$$

ضریب افزایش تراست ناشی از مقاومت ناشی از وجود پروانه است که به دو صورت خود را نشان خواهد داد.

۱. افزایش سرعت در قسمت عقب بدلیل مکش پروانه و افزایش مقاومت موضعی آن قسمت

۲. کاهش فشار در پاشنه و افزایش مقاومت فشاری

$$t = \frac{T - R}{T} \left( t = 1 - \frac{R}{T} \right) \quad ۳۵-۳$$
$$T = \frac{R}{1 - t}$$



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

با توجه به اینکه پاشنه زیردریایی از یک مخروط تشکیل شده است لذا زاویه‌ی مخروطی به همراه نسبت بین قطر پروانه و قطر زیردریایی بر ضرایب ویک و تراست اثر دارند. در نتیجه با توجه به روابط تئوری خواهیم داشت.

$$1 - W = 0.371 + 3.04 \frac{D_p}{\sqrt{WS}} \quad 3-36$$
$$1 - t = 0.632 + 2.44 \times \frac{D_p}{\sqrt{WS}}$$

در رابطه بالا علاوه بر نسبت قطر پروانه بر قطر زیردریایی، نسبت طول به قطر زیردریایی که خود را در سطح خیش شده نشان خواهد داد نیز موثر خواهد بود. در رابطه بیان شده برای تخمین ضریب کاهش تراست، با توجه به اینکه این رابطه خطای محاسباتی زیادی دارد و ضریب ویک دارای دقت مناسبی است لذا *Alet* و *Baure* در سال ۱۹۸۶ رابطه زیر را پیشنهاد دادند که با استفاده از تخمین اولیه ویک میتوان ضریب کاهش تراست را محاسبه کرد. در رابطه زیر محدوده‌ی  $k$  مورد نیاز را ۰/۴ الی ۰/۸ پیشنهاد دادند. [۱۵]

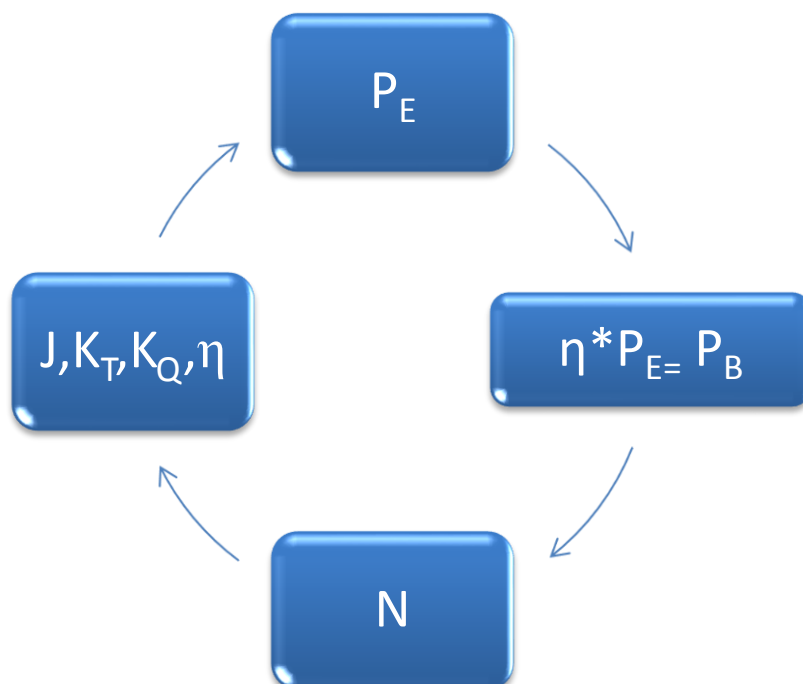
$$1 - t = (1 - w)^k \quad 3-37$$

### ۳-۸-۴- ضریب پیشروی، تراست، گشتاور پروانه و طراحی اولیه از پروانه زیردریایی

روابط موجود برای ضرایب پیشروی، تراست و گشتاور پروانه معرفی کننده‌ی مشخصات کلی از پروانه مورد نیاز است که میتواند از پارامترهای طراحی مختلفی ورودی بگیرند. در اینجا با توجه به پارامترهای طراحی شکل و بدنه، نسبت های بین قطر پروانه به قطر زیردریایی و نیز فاکتورهای ویک و تراست پارامترهای طراحی پروانه را بصورت پارامتری مورد مطالعه قرار میدهیم. قبل از ورود به این مبحث لازم است حلقه‌ی تکرار شونده زیر را در نظر بگیریم.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



با انتخاب راندمان و دور بهینه به سراغ طراحی پروانه خواهیم رفت.

انتخاب دور مناسب متناسب است با انتخاب موتور برای شناور. موتورهای متفاوت در زیردریایی های متفاوت محدوده‌ی دور مجازی دارند که در مدل سازی این موضوع را نشان خواهیم داد. به عنوان مثال با استفاده از منطق مهندسی وزنی ثابت خواهد شد موتورهای  $DC$  دارای دور بالاتری نسبت به موتورهای  $BLDC$  هم‌توان خود خواهند داشت. ضرایب تراست و گشتاور متناسب با مدل‌های مختلف استخراج خواهند شد و تراست و گشتاور مورد نیاز تعیین میشود. در انتهای این مرحله مشخصات قطر پروانه و دور آن تعیین شده است. با استفاده از تخمین‌های اولیه با استفاده از پروانه‌های سری  $B$  به مشخصات هندسی کلی پروانه نیز خواهیم رسید. طراحی پروانه در مراحل ابتدایی طراحی مطابق با روش ارائه شده در مقاله مرجع استفاده از پروانه‌های سری  $B$  بوده است که در آن میتوان پارامترهای بهینه متناسب با طراحی پروانه را در حلقه‌های بعدی و فازهای آینده بوجود آورد. [۱۶] پارامترهای طراحی به شکل زیر بهینه سازی خواهند شد.



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-w}$$

$$\eta_O = \frac{J}{2\pi} * \frac{K_T}{K_Q}$$

$$\eta_R = 1 \square 1.1$$

$$J = \frac{V_A}{N * D} = \frac{V_S (1-w)}{N * D_{ph}}$$

۳۸-۳

طراحی پروانه مطابق با پروانه های سری استاندارد B به منظور برآورده کردن مسائب زیر انجام

خواهد شد.

۱. تامین تراست مورد نیاز
۲. تامین گشتاور مورد نیاز
۳. طراحی با راندمان بهینه
۴. طراحی بدون کاویتاسیون

به همین منظور باید پارامترهای قطر، تعداد پروه، نسبت سطح گسترش یافته و نسبت گام به قطر

پروانه را در محدوده‌ی مناسب با استفاده از الگوی بهینه سازی استخراج کرد. به همین منظور پارامترها را

در محدوده‌ی زیر در نظر خواهیم گرفت.

$$0.4 \leq \frac{D_P}{D} \leq 0.7$$

$$Z_{prop} = 5, 7$$

$$0.3 \leq \frac{A_E}{A_0} \leq 1.05$$

$$0.5 \leq \frac{P}{D_P} \leq 1$$

۳۹-۳

به منظور محاسبه ضریب تراست و گشتاور از سری ارائه شده برای این پروانه ها استفاده خواهد

شد.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

$$K_T = \frac{P_E}{V^3} \left[ \frac{550}{\rho D^2 (1-t)(1-W)^2} \right] J^2 \quad ۴۰-۳$$

برای هر طرح مشخص،  $PE/V^3$  مقداری ثابت است،  $V$  باید بر حسب فوت بر ثانیه و توان بر حسب اسب بخار باشد تا معادله از نظر ابعادی درست باشد. می توان یک قطر برای پروانه فرض کرد و مقادیر  $(1-t)$  و  $(1-W)$  را بصورت پارامتریک برآورد نمود. مشخصات پروانه را می توان در نقاطی که  $T$  مورد نیاز ارضا شود بر اساس تخمین پروانه های سری  $B$  انتخاب کرد. می توان قطرهای متعددی را برای پروانه آزمایش کرد و آنکه دارای بهترین راندمان است انتخاب نمود. مقدار  $RPM$  متناسب با انتخاب موتور خواهد بود.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

$$K_T = \sum_{s,t,u,v} C_{s,t,u,v}^T \cdot (J)^s \cdot (P/D)^t \cdot (A_E/A_O)^u \cdot (Z)^v$$

$$K_Q = \sum_{s,t,u,v} C_{s,t,u,v}^Q \cdot (J)^s \cdot (P/D)^t \cdot (A_E/A_O)^u \cdot (Z)^v$$

$K_T$	$C_{s,t,u,v}^T$	$s$ (J)	$t$ (P/D)	$u$ ( $A_E/A_O$ )	$v$ (Z)	$K_Q$	$C_{s,t,u,v}^Q$	$s$ (J)	$t$ (P/D)	$u$ ( $A_E/A_O$ )	$v$ (Z)
+0.00880496	0	0	0	0	0	+0.00379368	0	0	0	0	0
-0.204554	1	0	0	0	0	+0.00886523	2	0	0	0	0
+0.166351	0	1	0	0	0	-0.032241	1	1	0	0	0
+0.158114	0	2	0	0	0	+0.00344778	0	2	0	0	0
-0.147581	2	0	1	0	0	-0.0408811	0	1	1	0	0
-0.481497	1	1	1	0	0	-0.108009	1	1	1	0	0
+0.415437	0	2	1	0	0	-0.0885381	2	1	1	0	0
+0.0144043	0	0	0	1	1	+0.188561	0	2	1	0	0
-0.0530054	2	0	0	1	1	-0.00370871	1	0	0	0	1
+0.0143481	0	1	0	1	1	+0.00513696	0	1	0	0	1
+0.0606826	1	1	0	1	1	+0.0209449	1	1	0	0	1
-0.0125894	0	0	1	1	1	+0.00474319	2	1	0	0	1
+0.0109689	1	0	1	1	1	-0.00723408	2	0	1	1	1
-0.133698	0	3	0	0	0	+0.00438388	1	1	1	1	1
+0.00638407	0	6	0	0	0	-0.0269403	0	2	1	1	1
-0.00132718	2	6	0	0	0	+0.0558082	3	0	1	0	0
+0.168496	3	0	1	0	0	+0.0161886	0	3	1	0	0
-0.0507214	0	0	2	0	0	+0.00318086	1	3	1	0	0
+0.0854559	2	0	2	0	0	+0.015896	0	0	2	0	0
-0.0504475	3	0	2	0	0	+0.0471729	1	0	2	0	0
+0.010465	1	6	2	0	0	+0.0196283	3	0	2	0	0
-0.00648272	2	6	2	0	0	-0.0502782	0	1	2	0	0
-0.00841728	0	3	0	1	1	-0.030055	3	1	2	0	0
+0.0168424	1	3	0	1	1	+0.0417122	2	2	2	0	0
-0.00102296	3	3	0	1	1	-0.0397722	0	3	2	0	0
-0.0317791	0	3	1	1	1	-0.00350024	0	6	2	0	0
+0.018604	1	0	2	1	1	-0.0106854	3	0	0	0	1
-0.00410798	0	2	2	1	1	+0.00110903	3	3	0	0	1
-0.000606848	0	0	0	2	2	-0.000313912	0	6	0	0	1
-0.0049819	1	0	0	2	2	+0.0035985	3	0	1	1	1
+0.0025983	2	0	0	2	2	-0.00142121	0	6	1	1	1
-0.000560528	3	0	0	2	2	-0.00383637	1	0	2	1	1
-0.00163652	1	2	0	2	2	+0.0126803	0	2	2	1	1
-0.000328787	1	6	0	2	2	-0.00318278	2	3	2	1	1
+0.000116502	2	6	0	2	2	+0.00334268	0	6	2	1	1
+0.000690904	0	0	1	2	2	-0.00183491	1	1	0	2	2
+0.00421749	0	3	1	2	2	+0.000112451	3	2	0	2	2
+0.0000565229	3	6	1	2	2	-0.0000297228	3	6	0	2	2
-0.00146564	0	3	2	2	2	+0.000269551	1	0	1	2	2
						+0.00083265	2	0	1	2	2
						+0.00155334	0	2	1	2	2
						+0.000302683	0	6	1	2	2
						-0.0001843	0	0	2	2	2
						-0.000425399	0	3	2	2	2
						+0.0000869243	3	3	2	2	2
						-0.0004659	0	6	2	2	2
						+0.0000554194	1	6	2	2	2

$$R_n = 2 \times 10^6$$

که برای رینولدزهای بالاتر از روابط اصلاحی زیر استفاده خواهد شد.



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

$$\begin{aligned}\Delta K_T = & 0.000353485 \\ & -0.00333758(A_E/A_O)J^2 \\ & -0.00478125(A_E/A_O)(P/D)J \\ & +0.000257792(\log R_n - 0.301)^2(A_E/A_O)J^2 \\ & +0.0000643192(\log R_n - 0.301)(P/D)^6J^2 \\ & -0.0000110636(\log R_n - 0.301)^2(P/D)^6J^2 \\ & -0.0000276305(\log R_n - 0.301)^2z(A_E/A_O)J^2 \\ & +0.0000954(\log R_n - 0.301)z(A_E/A_O)(P/D)J \\ & +0.0000032049(\log R_n - 0.301)z^2(A_E/A_O)(P/D)^3J\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta K_Q = & -0.000591412 \\ & +0.00696898(P/D) \\ & -0.0000666654z(P/D)^6 \\ & +0.0160818(A_E/A_O)^2 \\ & -0.000938091(\log R_n - 0.301)(P/D) \\ & -0.00059593(\log R_n - 0.301)(P/D)^2 \\ & +0.0000782099(\log R_n - 0.301)^2(P/D)^2 \\ & +0.0000052199(\log R_n - 0.301)z(A_E/A_O)J^2 \\ & -0.00000088528(\log R_n - 0.301)^2z(A_E/A_O)(P/D)J \\ & +0.0000230171(\log R_n - 0.301)z(P/D)^6 \\ & -0.00000184341(\log R_n - 0.301)^2z(P/D)^6 \\ & -0.00400252(\log R_n - 0.301)(A_E/A_O)^2 \\ & +0.000220915(\log R_n - 0.301)^2(A_E/A_O)^2\end{aligned}$$

به منظور بهینه سازی داده‌ها باید نکات زیر را در نظر گرفت.

۱. نسبت بیشتر سطح گستر یافته بازدهی را کم و کاویتاسیون را هم کم خواهد کرد.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

۲. نسبت بیشتر گام به قطر راندمان را افزایش داده و کاویتاسیون را هم افزایش می‌دهد.

### ۳-۹- معیارهای انتخاب و وزن و حجم گروه‌های تجهیزات مکانیکی و سیستم‌های تولید و

#### انتقال قدرت

قبل از ورود به مسئله انتخاب سیستم رانش مناسب و البته متناسب باورژن‌های مختلف لازم است که سیکلوگرام عملیاتی زیردریایی مشخص شده و استخراج گردد.

### ۳-۹-۱- تخمین وزن سیستم رانش زیردریایی

وزن سیستم‌های تولید قدرت ( $pp$ ) متناسب با قدرت آن می‌باشد. [۱۰]

$$W_{pp} = \rho_{pp} \cdot P_B \quad ۴۱-۳$$

که  $\rho_{pp}$  چگالی قسمت تولید قدرت ( $pp$ ) (وزن مخصوص)،  $P_B$  توان خروجی سیستم بر حسب ( $KW$ ) می‌باشد. این واقعیت وجود دارد که هر دستگاه، شامل اجزاء زیادی می‌باشد که به تغییرات در توان خروجی واکنش نشان می‌دهد. در مراحل اولیه طراحی، توان خروجی از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$P_{Bi} = \frac{V_i^3 \Delta_i^{2/3}}{C_i} \quad ۴۲-۳$$

مقادیر واقعی تناژ، سرعت و ضریب آدامیرالتی باید با شرایط مورد نظر تطابق داشته باشد. به منظور کاهش تعداد مجهولات، تمام توان‌ها برای همه شرایط، معمولاً به تناژ نرمال ربط داده می‌شوند که این چندان نمی‌تواند دقیق باشد. این نکته را نیز باید مدنظر داشت که این تخمین‌ها در حلقه اول طراحی به عنوان برآوردی برای تخمین وزن سیستم رانش و تخمین تناژ زیردریایی کاربرد دارد و در حلقه‌های بعدی با طراحی‌های صورت گرفته و درنظر گرفتن یک سری مدل مبنایی ۱ به تخمین‌های بهتر و دقیق

---

۱ sister ship



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

تری دست خواهیم یافت و نهایتاً در حلقه سوم با تحلیل، طراحی منطقی و محاسبه، به داده‌های دقیق تری از حالت‌های طراحی دست خواهیم یافت. این موضوع برای تمامی سیستم‌ها صادق خواهد بود.

جدول ۳-۱۲: ضریب آدمیرالتی  $C_i$

معیار طراحی	محدوده سرعت	آدمیرالتی $C_i$ ضریب
سرعت حداکثر زیر سطحی	۲۱-۱۶	۳۶۰-۲۵۰
سرعت حداکثر اقتصادی	۴-۳	۶۰-۴۰
سرعت اسنور کلی	۱۰-۷	۲۵۰-۱۵۰
سرعت حداکثر سطحی	۱۲-۱۰	۱۵۰-۱۴۰

وقتی که توان مشخص باشد، می‌توانیم محاسبات وزن دستگاه تولید قدرت را برحسب اجزاء اصلی آن انجام دهیم. اجزاء اصلی دستگاه تولید قدرت و درصد وزنی هر یک از آنها در جدول زیر نسبت به وزن کلی دستگاه نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱۳: تقسیم بندی وزن قسمت رانش و تولید قدرت ( $W_{pp}$ ) برای یک زیردریایی دیزل - الکتریک

سیستم	نماد	درصد وزنی
سیستم دیزل ژنراتور	WDP	۱۴/۳
سیستم موتور رانشی	WEPM	۸/۲
شافت و انتقال قدرت	WSH	۴/۵
جمع گروه تولید و انتقال	WDP+ WEPM +WEPM	۲۷
باتری‌ها	WSB	۳۷
سوخت و روغن	WFO	۳۶
مجموع گروه سوخت و باتری	WSB + WFO	۷۳
حاصل جمع وزن گره رانش		۱۰۰

وزن ویژه دستگاه تولید قدرت داخلی یک زیردریایی دیزل- الکتریک، شامل تمامی موارد لیست شده فوق با ظرفیت سوخت نرمال می‌باشد که به توان خروجی برای رانش آن در حالت مغروق ارجاع داده می‌شود و برابر است با  $\rho_{pp} = 200 \text{ kg/kw}$  که این مقدار بدون احتساب سوخت و روغن برابر با



### ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

$$\rho_{pp} = 135 \text{ kg / kw} \text{ است.}$$

#### ۳-۱۰- برآورد برد قابل پیمایش زیردریایی با تخمین اولیه از تعداد باتری ها

در مدل های مختلف زیردریایی متناسب با ابعاد مختلف و مدل مختلف انتخابی تعداد باتری های مختلفی را میتوان انتخاب کرد که این تعداد باتری باید بتوانند به میزان مورد نیاز هر سناریوی عملیاتی انرژی مورد نیاز را تامین کنند. جهت مشخصات باتریهای زیردریایی از مشخصات باتریهای جدول زیر استفاده می نماییم. سناریوی حرکت با سرعت  $V$  نات به میزان  $x$  مایل دریایی مبنای طراحی تعداد و نوع باتری های قرار خواهد گرفت.

جدول ۳-۱۴: مشخصات ظرفیت دشارژ با توان ثابت برای یک نمونه باتری

t (h)	P (W)	E (Wh)	U <sub>a</sub> (V)	U <sub>80%</sub> (V)	U <sub>e</sub> (V)	U <sub>e min</sub> (V)
137,5	174	23925	2,07	1,905	1,77	1,735
100	235,5	23550	2,07	1,905	1,77	1,73
50	455	22750	2,065	1,895	1,765	1,725
20	1050	21000	2,05	1,88	1,75	1,69
10	1910	19100	2,03	1,855	1,715	1,645
5	3320	16600	1,99	1,82	1,67	1,56
3	4900	14700	1,95	1,775	1,62	1,46
2	6620	13240	1,905	1,72	1,56	1,355
1,5	8200	12300	1,865	1,67	1,49	1,25
1,25	9375	11720	1,83	1,63	1,44	1,165

بر اساس این سناریو میزان انرژی مورد نیاز به صورت زیر محاسبه می شود.

$$t = \frac{x}{v} \rightarrow t(h) \quad ۴۳-۳$$

$$E_{t0} = (P_{vKnot} + P_{h,l})t = kw$$

در رابطه ی فوق توان خروجی موتور در سرعت  $v$  نات  $P$  کیلووات و مصارف هتل لود و تهویه  $Ph$



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

کیلووات در نظر گرفته شده است. با توجه به جدول دشارژ باتری، انرژی هر سل این باتری  $E$  کیلووات ساعت در رژیم  $t$  ساعته می باشد. از طرفی طبق استاندارد  $GL$ ، ۸۰٪ انرژی باتری ها باید بتواند کل انرژی مورد نیاز را تأمین نماید. بنابراین تعداد باتری مورد نیاز در این حالت برابر است با:

$$N_{bat} = \frac{E_t}{E_{cell}} \quad ۴۴-۳$$

در فرآیند بررسی امکان سنجی زیردریایی با در نظر گرفتن پارامترهای رانشی و مقاومت، لازم است بعد از استخراج توان رانشی زیردریایی و تخمین وزن سیستم رانش با در نظر داشتن ضرائب وزنی باطری ها و سوخت، برد قابل دسترس از در حالت اسنور کلی و زیرسطحی بدست می آید. اسن برد باید برآورده کننده ی برد مورد نیاز بیان شده در نیازسنجی زیردریایی باشد. در مقوله ی برد در حالت زیرسطحی، دو برد در حالت زیرسطحی با سرعت کروز و برد در حالت زیرسطحی با سرعت حداکثر مورد نظر می باشد. برای بدست آوردن برد زیردریایی در حالت زیرسطحی و سرعت کروز، مولفه های ابتدایی مورد نیاز و بیان شده در نیاز سنجی طبق پارامترهای زیر بیان خواهند شد:

۱. برد زیرسطحی با سرعت کروز \ حداکثر مثلاً ۳۰۰ میل دریایی با سرعت کروز

۲. سرعت کروز \ حداکثری زیردریایی در حالت زیرسطحی ۳ نات سرعت کروز

در نتیجه زمان حرکت زیرسطحی با سرعت کروز ۱۰۰ ساعت خواهد بود. با توجه به تحلیل های که مراحل انجام آنها به ترتیب در آینده توضیح خواهیم داد، بعد از بدین آوردن وزن مجموعه باطری ها و در نتیجه تعداد باطری های قابل استفاده در هر زیردریایی، در نتیجه میزان برد قابل دسترس در حالت زیرسطحی با سرعت های کروز و حداکثری استخراج می شوند. این بردها با بردهای بیان شده در نیازسنجی مورد مقایسه قرار می گیرند.

نحوه ی محاسبه به این شکل است:

۱. محاسبه ی تعداد باطری ها



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

$$WSB = 0.37 * W_{pp}$$

۴۵-۳

$$N_{cell} = WSB / W_{cell}$$

۲. محاسبه‌ی توان تحویلی به مجموعه رانشی در زمان مورد نظر از طرف دسته باطری‌ها

با استفاده از جدول توان تحویلی باطری‌ها که در شکل زیر آورده شده است و نیز زمان مورد نیاز برای عملیات در حالت کروز/حرکت با سرعت حداکثری توان تحویلی هر باطری استخراج شده که در تعداد باطری‌ها ضرب می‌شود. در دو حالت بصورت متفاوت محاسبات انجام می‌شود. اول شرایطی است که با سرعت کروز حرکت می‌کند. در این حالت توان تولیدی توسط باطری‌ها با نسبت ۲ به ۱ برای هتل لود و توان رانشی مصرف می‌شود. در نتیجه یک سوم توان تولیدی مجموعه باطری‌ها برای مصرف در سیستم رانش استفاده خواهد شد. توان بدست آمده با توان بدست آمده در حالت کروز از محاسبات تئوریک چک و مقایسه می‌گردد. در حالت دوم زمانی که سرعت حداکثری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد هتل لود صفر بوده و تمامی توان برای سیستم رانش استفاده می‌شود.

### ۳-۱۱- برآورد برد زیردریایی در حالت اسنورکلی

محاسبه‌ی سوخت مورد نیاز با توجه به نیازسنجی عملیاتی و تعیین سیکلوگرام عملیات و برد مورد نیاز زیردریایی انجام خواهد شد. محاسبه‌ی سوخت حجم مورد نیاز از مخازن داخلی و خارجی سوخت را معرفی می‌کند. در خصوص زیردریایی‌های تک‌پوسته حجم مخازن داخلی و در نتیجه تناژ حجمی و در زیردریایی‌های دو پوسته شکل هیدرودینامیکی را می‌تواند تحت شعاع قرار دهد.

در زیردریایی‌های تک پوسته بعد از محاسبه‌ی حجم مخازن مورد نیاز سوخت باید تخمین اولیه را در صورت نیاز اصلاح کرد و این امکان وجود دارد که تغییراتی در بدنه فشار و ابعاد اصلی ایجاد شود. این مسأله باعث تجدید سیکل طراحی از ابتدای تخمین ابعاد اصلی خواهد شد گرچه عموماً این اثر پذیری بصورت حتمی نخواهد بود



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

طریقه محاسبه حجم سوخت و برد زیردریایی بصورت رابطه زیر انجام میشود.

$$V_{fuel} = n * H * P * SFC = L$$

$n$  = تعداد مرتبه های کارکرد دیزل ها

$H$  = ساعت کارکرد دیزل ها

$P$  = مجموع توان کارکرد دیزل ها

$SFC$  = مصرف ویژه سوخت دیزل ها

بعد از محاسبه ی وزن مجموعه ی سیستم رانش و استخراج وزن سوخت زیردریایی، لازم است چک گردد که آیا زیردریایی با استفاده از این حجم از مخازن می تواند به برد اسنورکلی مورد نظر برسد یا نه. برای چک کردن این موضوع از روابط ذکر شده در فصل محاسبات سوخت و برد زیردریایی که در فصل قبل آورده شده است، استفاده خواهیم کرد.

$$W_{fuel} = 0.36 * W_{pp}$$

۴۶-۳



## فصل چهارم

### محاسبات و تحلیل نتایج

#### ۴- محاسبات و تحلیل نتایج

برای مدل سازی شناور زیرسطحی از مشخصات عملیاتی ارائه شده در فصل سوم استفاده شده است. نحوه محاسبات در ابتدای توضیحات فصل سوم آورده شده است. گام های پیموده شده برای مدل سازی را در ادامه با هم خواهیم پیمود.

#### ۴-۱- تخمین وزنی و ابعادی بر اساس تخمین اولیه از بار قابل حمل زیردریایی

در ابتدا با مدل سازی پارامتریک سیستم سلاح به ابعاد اولیه و قابل حصول از زیردریایی و نیز تناژ مورد نیاز آن خواهیم پرداخت.

جدول ۴-۱: ورودی های حل مسئله و مدل سازی زیردریایی و نتایج اولیه از امکان سنجی سیستم سلاح

جنس پارامترها		Min	max
ورودی های اولیه از تحلیل مشخصات عملیاتی و نیازهای زیردریایی	تعداد تیوب های اژدر مورد نیاز	6	6
	تعداد اژدرهای ذخیره	6	6
	وزن سیستم سلاح و تیوب اژدر	4.5	5
	وزن اژدر	1.8	2
	وزن مکانیزم های مورد نیاز بارگیری	1.5	2
	حداکثر سرعت حالت زیرسطحی	20	20
	سرعت اقتصادی حالت زیرسطحی	3	4
	حداکثر سرعت در حالت اسنورکلی	10	11
پارامترهای در نظر گرفته شده در حل مدلسازی	درصد وزنی سیستم سلاح نسبت به تناژ نرمال	4	5
	نسبت طول به قطر در نظر گرفته شده از زیردریایی	8	11
	ضریب لاغری در نظر گرفته شده از زیردریایی	4.8	6



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

تخمین اولیه حاصل از تحلیل نتایج	وزن سیستم سلاح	64.62	81.8
	تخمین ابتدایی از محدوده وزنی قابل حصول زیردریایی	1292.4	2045
	تخمین ابتدایی از طول زیردریایی	51.85599	75.53375
	تخمین ابتدایی از قطر زیردریایی	4.714181	9.441719



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول زیر خروجی‌های مرحله اول بعد از مدل‌سازی پارامترهای عملیاتی با در نظر گرفتن الزامات قطر و طول زیردریایی و همپوشانی با تخمین اولیه از تناژ است. گام ابعادی در نظر گرفته شده برای قطر زیردریایی ۰,۵ متر در نظر گرفته شده است. البته این منطق حل می‌تواند برای یک بازه با دامنه تغییرات کمتر نیز خروجی داشته باشد. سطر اول جدول قطر زیردریایی، ستون اول سمت چپ نسبت طول به قطر زیردریایی و درایه های ماتریس تناژهای متناظر را نشان خواهند داد.

جدول ۴-۲: مدل‌های مختلف امکان پذیر زیردریایی با ابعاد مختلف و تناژهای حداقل و حداکثر در ابعاد مختلف

	6.21		6.71		7.21		7.71	
8	0	0	1292	1401	1511	1738	1847	2045
8.2	0	0	1292	1503	1548	1865	1893	2045
8.4	0	0	1292	1540	1586	1910	1939	2045
8.6	0	0	1309	1576	1624	1956	1985	2045
8.8	0	0	1339	1613	1662	2001	2032	2045
9	1292	1308	1370	1650	1699	2045	0	0
9.2	1292	1337	1400	1686	1737	2045	0	0
9.4	1292	1366	1431	1723	1775	2045	0	0
9.6	1292	1395	1461	1760	1813	2045	0	0
9.8	1292	1424	1492	1796	1850	2045	0	0
10	1292	1453	1522	1833	1888	2045	0	0



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

10.2	1292	1482	1553	1870	1926	2045	0	0
10.4	1292	1511	1583	1906	1964	2045	0	0
10.6	1323	1541	1669	1943	0	0	0	0
10.8	1399	1570	1765	1980	0	0	0	0
11	1479	1599	1865	2016	0	0	0	0

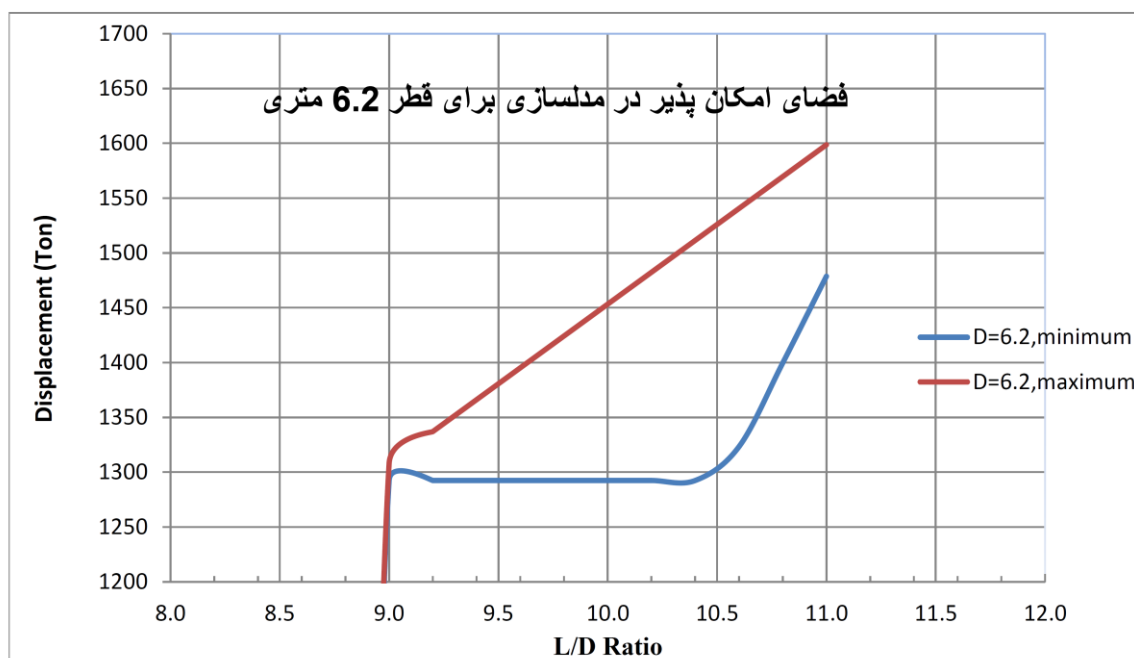


## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

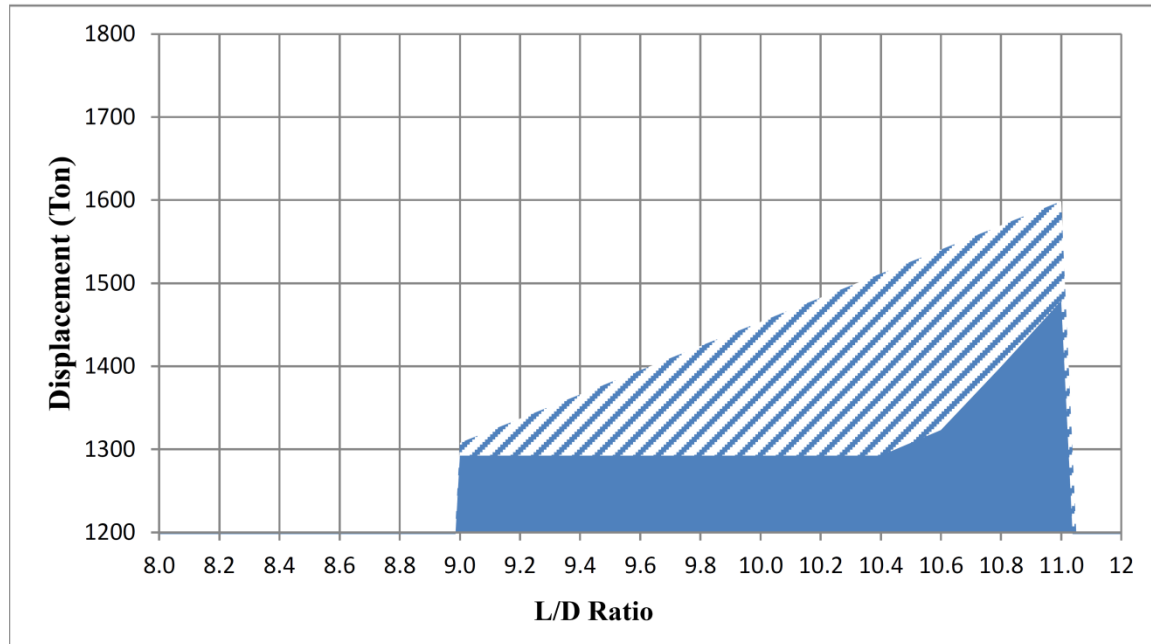
حال دو دسته اطلاعات موجود است. اطلاعات مرتبط با ابعاد زیردریایی که ناشی از قطر و نسبت ابعادی طول به قطر است که با در نظر گرفتن لایوت پیشنهادی به جزییات بیشتری از آن دست خواهیم یافت و هم اطلاعات تناژ زیردریایی که اطلاعات حجمی زیردریایی را بیان میکند. لازم است در گام دوم، نیروی مورد نیاز برای رانش زیردریایی برآورد شود و نیز بررسی شود که آیا حجم داخلی تامین شده در تخمین اولیه قابلیت تامین فضای کافی برای چیدمانی باطری، سوخت و موتور رانشی زیردریایی را دارد یا نه. حال به گام دوم حل مسئله ورود خواهیم کرد.



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



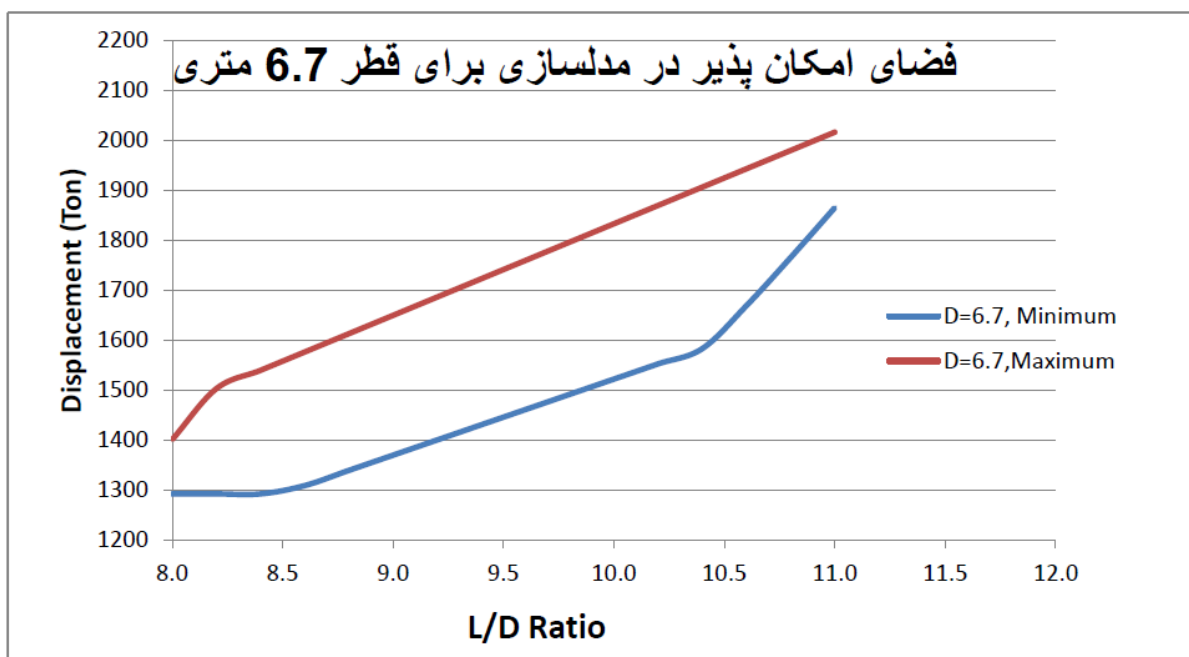
شکل ۱-۴: تعریف فضای امکان پذیر از مدلسازی زیردریایی در قطر ۶,۲ متری متناسب با نسبت های مختلف طول به قطر



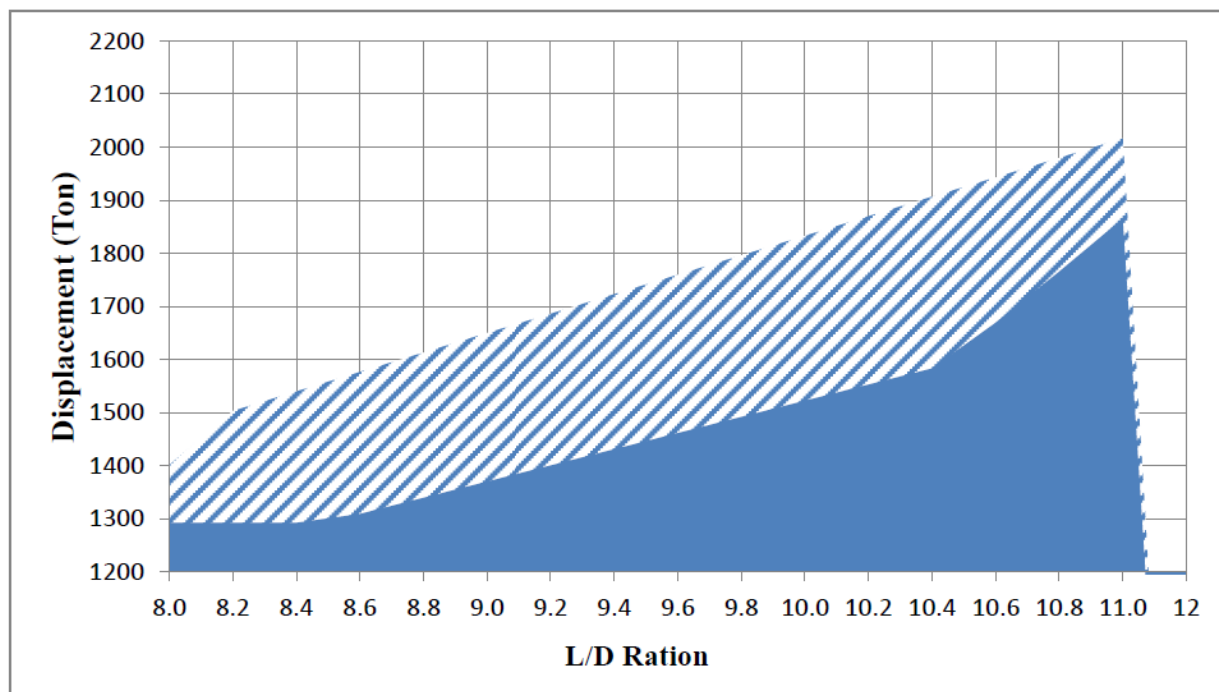
شکل ۲-۴: نمایش فضای امکان پذیر در مدلسازی زیردریایی با قطر ۶,۲ متر در قسمت هاشور خورده



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



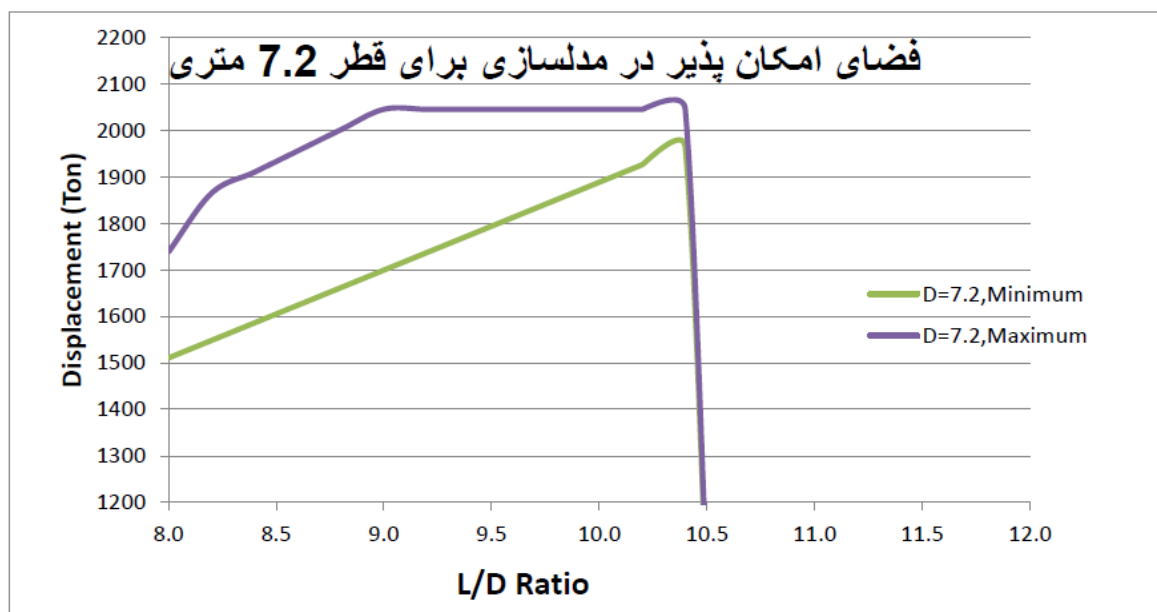
شکل ۳-۴: تعریف فضای امکان پذیر از مدلسازی زیردریایی در قطر ۶,۷ متری متناسب با نسبت های مختلف طول به قطر



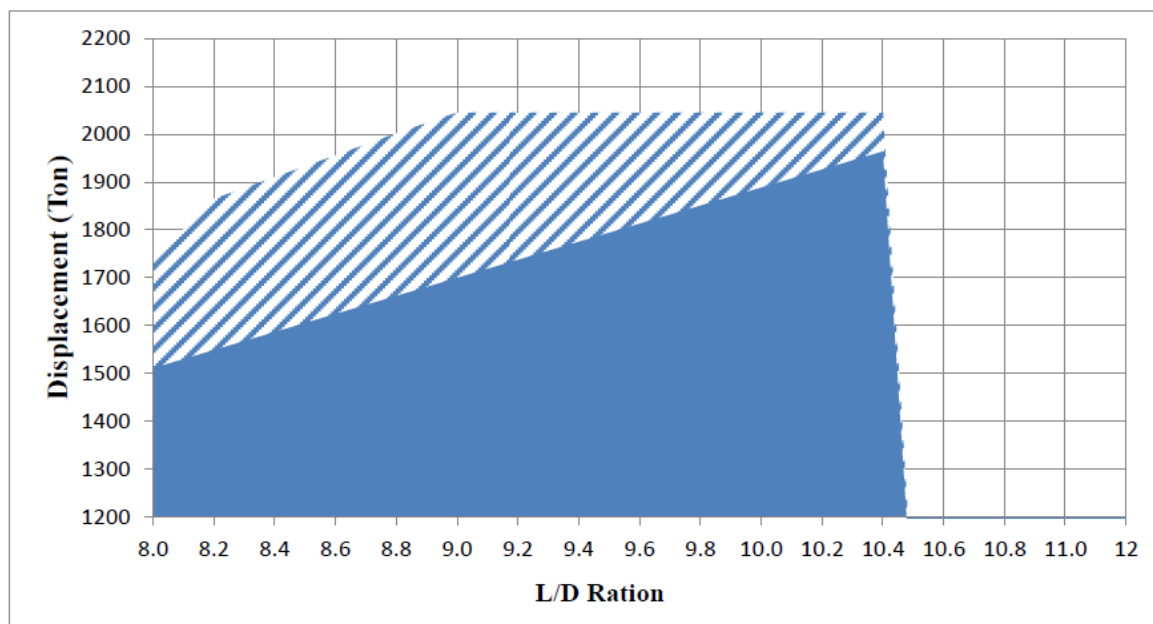
شکل ۴-۴: نمایش فضای امکان پذیر در مدلسازی زیردریایی با قطر ۶,۷ متر در قسمت هاشور خورده



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



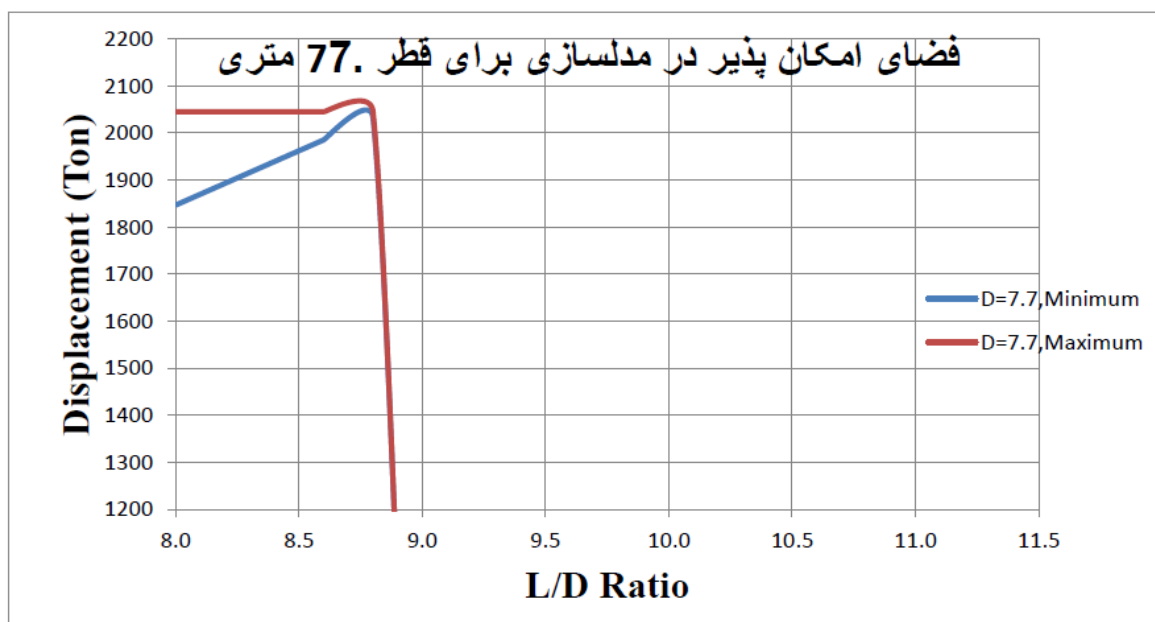
شکل ۴-۵: تعریف فضای امکان پذیر از مدلسازی زیردریایی در قطر ۷٫۲ متری متناسب با نسبت های مختلف طول به قطر



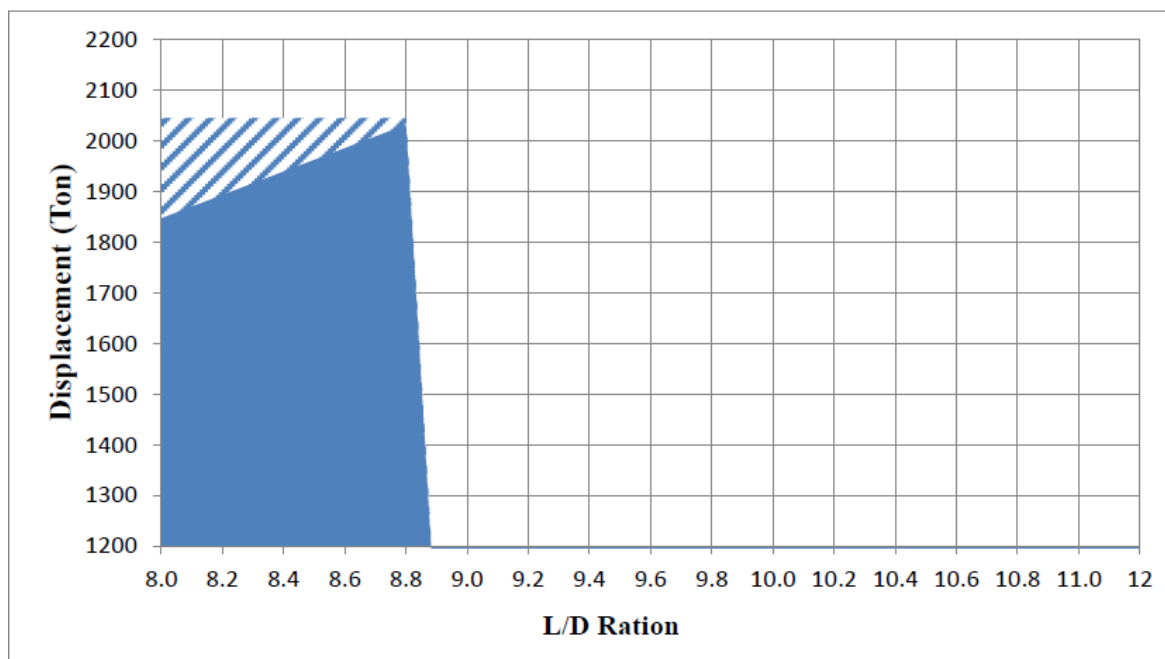
شکل ۴-۶: نمایش فضای امکان پذیر در مدلسازی زیردریایی با قطر ۶٫۷ متر در قسمت هاشور خورده



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۷-۴: تعریف فضای امکان پذیر از مدلسازی زیردریایی در قطر ۷،۷ متری متناسب با نسبت های مختلف طول به قطر



شکل ۸-۴: نمایش فضای امکان پذیر در مدلسازی زیردریایی با قطر ۶،۷ متر در قسمت هاشور خورده



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

### ۴-۲- محاسبه توان رانشی زیردریایی در مد حرکت زیرسطحی و اسنورکلی

برای محاسبه میزان برد و توان مورد نیاز لازم است سرعت‌های حرکتی و برد مورد نیاز بصورت پیش فرض برای تمام مدل‌ها در نظر گرفته شود. سرعت‌های زیرسطحی تا ۲۰ نات و سطحی ۱۱ نات در نظر گرفته خواهد شد. برد حالت زیرسطحی ۴۰۰ مایل با سرعت ۴ نات در نظر گرفته خواهد شد. همانطور که در فصل سوم و در فصل محاسبات حلقه اول آورده شد، باطری در نظر گرفته شده با مشخصات دشارژ داده شده است. این مشخصات در مدل‌سازی توان‌های مورد نیاز در نظر گرفته شده است. به همین ترتیب باید قبل از هرچیز برای مدل‌های مختلف سطح خیش شده بدنه، برجک و ضمائم، محاسبات و تقریب‌های ضرایب مقاومت در حالت زیرسطحی و اسنورکلی صورت پذیرد. به تناژ را برای تمام مدل‌های مختلف امکان‌پذیر استخراج خواهیم کرد، انتظار می‌رود که برای مدل‌های مختلف در ابعاد مختلف قطر این تغییرات مشابه باشد و تنها متناسب با تغییر در نسبت طول به قطر بوده باشد. در نهایت نسبت توان رانشی مورد نیاز به به تناژ را برای تمام مدل‌های مختلف امکان‌پذیر استخراج خواهیم کرد، انتظار می‌رود که برای مدل‌های مختلف در ابعاد مختلف قطر این تغییرات مشابه باشد و تنها متناسب با تغییر در سرعت بوده باشد.



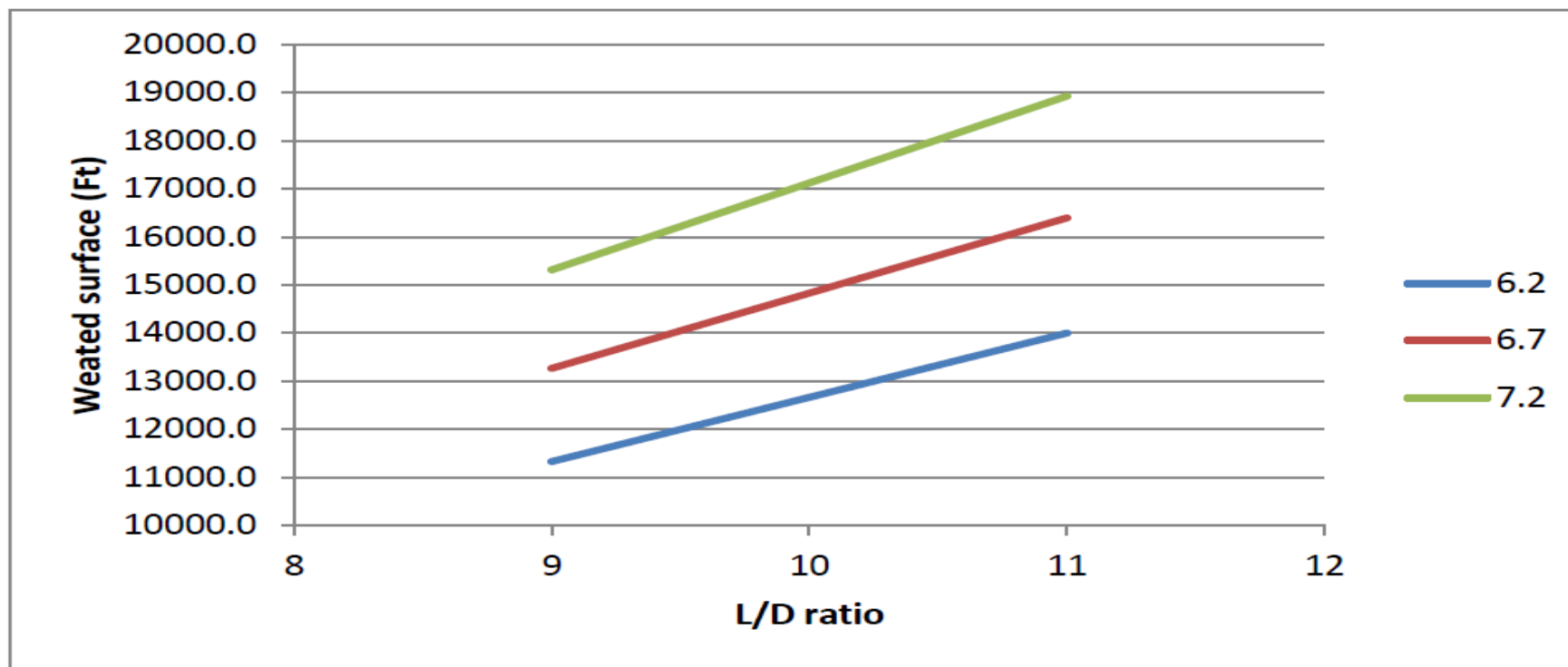
## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۳: سطح خیش شده مدل های مختلف امکان پذیر

D= 6.2					D=6.71				D=7.21			
L\D	Ws	Ws(ft)	Aap(ft)	Asail	Ws	Ws(ft)	Aap(ft)	Asail	Ws	Ws(ft)	Aap(ft)	Asail
9	922.09	9925.27	332.68	1066.94	1080.03	11625.30	389.66	1249.69	1246.98	13422.38	449.90	1442.87
9.2	946.23	10185.11	340.07	1066.94	1108.30	11929.65	398.32	1249.69	1279.63	13773.78	459.89	1442.87
9.4	970.37	10444.96	347.47	1066.94	1136.58	12234.00	406.98	1249.69	1312.27	14125.18	469.89	1442.87
9.6	994.51	10704.80	354.86	1066.94	1164.85	12538.35	415.64	1249.69	1344.92	14476.58	479.89	1442.87
9.8	1018.65	10964.65	362.25	1066.94	1193.13	12842.70	424.30	1249.69	1377.56	14827.97	489.89	1442.87
10	1042.79	11224.49	369.64	1066.94	1221.40	13147.05	432.96	1249.69	1410.21	15179.37	499.89	1442.87
10.2	1066.93	11484.34	377.04	1066.94	1249.68	13451.40	441.62	1249.69	1442.86	15530.77	509.88	1442.87
10.4	1091.07	11744.18	384.43	1066.94	1277.95	13755.75	450.28	1249.69	1475.50	15882.17	519.88	1442.87
10.6	1115.21	12004.02	391.82	1066.94	1306.23	14060.10	458.94	1249.69	1508.15	16233.57	529.88	1442.87
10.8	1139.35	12263.87	399.22	1066.94	1334.50	14364.45	467.59	1249.69	1540.79	16584.97	539.88	1442.87
11	1163.49	12523.71	406.61	1066.94	1362.78	14668.81	476.25	1249.69	1573.44	16936.37	549.87	1442.87



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۴-۹: محاسبه سطح خیس شده مدل های امکان پذیر بر حسب نسبت  $L/D$  در قطرهای مختلف



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۴: ضرایب مقاومت در حالت زیرسطحی برای قطر ۶,۲۱

L\D	D=6.21						
	Cf(4)	Cf(8)	Cf(10)	Cf(12)	Cf(14)	Cf(20)	Cr
9	0.002980	0.003372	0.003515	0.003639	0.003748	0.004022	0.00010
9.2	0.002980	0.003386	0.003530	0.003654	0.003764	0.004040	0.00010
9.4	0.002980	0.003399	0.003544	0.003669	0.003780	0.004058	0.00010
9.6	0.002980	0.003412	0.003558	0.003684	0.003796	0.004075	0.00010
9.8	0.002980	0.003426	0.003572	0.003699	0.003811	0.004092	0.00009
10	0.002980	0.003438	0.003586	0.003713	0.003826	0.004109	0.00009
10.2	0.002980	0.003451	0.003599	0.003727	0.003841	0.004125	0.00009
10.4	0.002980	0.003464	0.003613	0.003741	0.003856	0.004142	0.00009
10.6	0.002980	0.003476	0.003626	0.003755	0.003870	0.004158	0.00009
10.8	0.002980	0.003488	0.003639	0.003769	0.003885	0.004174	0.00008
11	0.002980	0.003500	0.003651	0.003782	0.003899	0.004190	0.00008



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۵: ضرایب مقاومت در حالت زیرسطحی برای قطر ۶,۷۱

	D=6.71						
L\D	Cf(4)	Cf(8)	Cf(10)	Cf(12)	Cf(14)	Cf(20)	Cr
9	0.003021	0.003422	0.003568	0.003694	0.003807	0.004087	0.000103
9.2	0.003032	0.003436	0.003583	0.003710	0.003823	0.004105	0.000101
9.4	0.003044	0.003449	0.003597	0.003725	0.003839	0.004123	0.000098
9.6	0.003055	0.003463	0.003612	0.003741	0.003855	0.004141	0.000096
9.8	0.003066	0.003476	0.003626	0.003756	0.003871	0.004158	0.000093
10	0.003077	0.003490	0.003640	0.003771	0.003886	0.004176	0.000091
10.2	0.003088	0.003502	0.003654	0.003785	0.003902	0.004193	0.000089
10.4	0.003098	0.003515	0.003668	0.003799	0.003917	0.004209	0.000087
10.6	0.003109	0.003528	0.003681	0.003814	0.003931	0.004226	0.000085
10.8	0.003119	0.003540	0.003694	0.003828	0.003946	0.004242	0.000084
11	0.003129	0.003553	0.003707	0.003841	0.003961	0.004258	0.000082



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۶: ضرایب مقاومت در حالت زیرسطحی برای قطر ۷,۲۱

	D=7.21						
L\D	Cf(4)	Cf(8)	Cf(10)	Cf(12)	Cf(14)	Cf(20)	Cr
9	0.003059	0.003468	0.003617	0.003746	0.003861	0.004147	0.000103
9.2	0.003071	0.003482	0.003632	0.003762	0.003877	0.004166	0.000101
9.4	0.003082	0.003496	0.003647	0.003778	0.003894	0.004184	0.000098
9.6	0.003094	0.003510	0.003662	0.003793	0.003910	0.004202	0.000096
9.8	0.003105	0.003524	0.003676	0.003809	0.003926	0.004220	0.000093
10	0.003116	0.003537	0.003691	0.003824	0.003942	0.004238	0.000091
10.2	0.003127	0.003550	0.003705	0.003839	0.003958	0.004255	0.000089
10.4	0.003138	0.003563	0.003719	0.003853	0.003973	0.004272	0.000087
10.6	0.003149	0.003576	0.003732	0.003868	0.003988	0.004289	0.000085
10.8	0.003159	0.003589	0.003746	0.003882	0.004003	0.004306	0.000084
11	0.003169	0.003601	0.003759	0.003896	0.004018	0.004322	0.000082



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۷: توان مورد نیاز رانشی بر اساس مشخصات ابعادی برای قطر ۶,۲۱

D=6.2	Psubmerge(HP)					
L\D	4	8	10	12	14	20
9	28	241	482	852	1379	4210
9.2	28	246	494	872	1412	4313
9.4	29	252	505	893	1446	4417
9.6	30	258	517	913	1479	4520
9.8	30	263	528	934	1513	4625
10	31	269	540	955	1546	4729
10.2	31	275	552	975	1580	4835
10.4	32	281	563	996	1614	4940
10.6	32	286	575	1017	1648	5046
10.8	33	292	587	1038	1682	5153
11	34	298	599	1059	1717	5259
	Psubmerged(KW)					
9	21	179	360	635	1028	3139
9.2	21	184	368	651	1053	3216
9.4	22	188	377	666	1078	3293
9.6	22	192	385	681	1103	3371
9.8	23	196	394	696	1128	3449
10	23	201	403	712	1153	3527
10.2	23	205	411	727	1178	3605



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

10.4	24	209	420	743	1204	3684
10.6	24	214	429	758	1229	3763
10.8	25	218	438	774	1255	3842
11	25	222	446	790	1280	3922



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۸: توان مورد نیاز رانشی بر اساس مشخصات ابعادی برای قطر ۶,۷۱

D=6.71	Psubmerge(HP)					
L\D	4	8	10	12	14	20
9	32	276	553	978	1584	4847
9.2	33	282	567	1002	1624	4969
9.4	33	289	580	1026	1663	4285
9.6	34	296	594	1051	1703	5214
9.8	35	302	608	1075	1742	5337
10	36	309	621	1099	1782	5461
10.2	36	316	635	1124	1822	5586
10.4	37	323	649	1149	1862	5711
10.6	38	330	663	1173	1903	5836
10.8	39	337	677	1198	1943	5962
11	39	343	691	1223	1984	6089
	Psubmerged(KW)					
9	24	206	413	729	1182	3614
9.2	24	211	423	747	1211	3705
9.4	25	216	433	765	1240	3196
9.6	25	221	443	783	1270	3888
9.8	26	226	453	802	1299	3980
10	27	231	463	820	1329	4073
10.2	27	236	474	838	1359	4165



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

10.4	28	241	484	856	1389	4259
10.6	28	246	494	875	1419	4352
10.8	29	251	505	893	1449	4446
11	29	256	515	912	1479	4540



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۹: توان مورد نیاز رانشی بر اساس مشخصات ابعادی برای قطر ۷,۲۱

D=7.21	Psubmerge(HP)					
L\D	4	8	10	12	14	20
9	36	313	629	1113	1804	5529
9.2	37	321	645	1141	1850	5671
9.4	38	329	661	1169	1896	5008
9.6	39	336	676	1198	1942	5957
9.8	40	344	692	1226	1988	6101
10	40	352	708	1254	2035	6246
10.2	41	360	724	1283	2081	6391
10.4	42	368	740	1312	2128	6537
10.6	43	376	757	1340	2175	6683
10.8	44	384	773	1369	2223	6830
11	45	392	789	1398	2270	6977
	Psubmerged(KW)					
9	27	233	469	830	1346	4123
9.2	28	239	481	851	1380	4229
9.4	28	245	493	872	1414	3734
9.6	29	251	504	893	1448	4442
9.8	30	257	516	914	1483	4549
10	30	263	528	935	1517	4657
10.2	31	269	540	957	1552	4766



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

10.4	31	274	552	978	1587	4874
10.6	32	280	564	1000	1622	4983
10.8	33	286	576	1021	1657	5093
11	33	292	588	1043	1693	5203



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۱: محاسبه توان هتل لود و نیز انرژی کل مورد نیاز در مدل‌های مختلف زیردریایی در حالت سرعت اقتصادی زیرسطحی

	D=6.21		D=6.71		D=7.21	
	P.hl(kw)	Energie(cruise)	P.hl(kw)	Energie(cruise)	P.hl(kw)	Energie(cruise)
L\D	4	4	4	4	4	4
9	85	10575	96	11937	114	14096
9.2	86	10692	97	12164	115	14257
9.4	86	10808	99	12391	116	14419
9.6	87	10925	101	12618	117	14581
9.8	88	11041	102	12845	118	14741
10	89	11158	104	13073	119	14904
10.2	89	11275	106	13300	120	15066
10.4	90	11391	108	13528	121	15229
10.6	92	11586	111	13897	19	5091
10.8	94	11897	114	14293	19	5158
11	97	12215	118	14698	19	5225



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۱۱: محاسبه ضریب مقاومت موج و توان مورد نیاز رانش در حالت اسنورکلی با قطر ۶,۲۱

6.2	Fr(n)				Cw/(D/l)^2				Cw				PsnorkelKW)			
L\D	8	10	12	14	8	10	12	14	8	10	12	14	8	10	12	14
9	0.190	0.238	0.285	0.333	1.10	1.94	2.92	3.96	0.0136	0.0240	0.0361	0.0489	558.8	1,399.8	3,159.3	6,338.5
9.2	0.190	0.235	0.282	0.329	1.10	1.89	2.85	3.88	0.0130	0.0230	0.0345	0.0468	559.2	1,392.6	3,132.1	6,270.8
9.4	0.190	0.232	0.279	0.325	1.10	1.85	2.79	3.80	0.0124	0.0220	0.0331	0.0449	559.7	1,386.0	3,106.5	6,206.4
9.6	0.190	0.230	0.276	0.322	1.10	1.80	2.73	3.73	0.0119	0.0211	0.0317	0.0430	560.4	1,380.0	3,082.3	6,145.2
9.8	0.190	0.228	0.273	0.319	1.10	1.76	2.67	3.66	0.0114	0.0202	0.0304	0.0413	561.3	1,374.5	3,059.5	6,086.9
10	0.190	0.225	0.270	0.316	1.10	1.71	2.61	3.59	0.0110	0.0194	0.0292	0.0396	562.3	1,369.5	3,038.0	6,031.4
10.2	0.190	0.223	0.268	0.312	1.10	1.67	2.56	3.52	0.0106	0.0187	0.0281	0.0381	563.4	1,365.0	3,017.8	5,978.6
10.4	0.190	0.221	0.265	0.309	1.10	1.63	2.50	3.45	0.0102	0.0180	0.0270	0.0366	564.8	1,361.0	2,998.8	5,928.4
10.6	0.190	0.219	0.263	0.306	1.10	1.59	2.45	3.39	0.0098	0.0173	0.0260	0.0353	567.2	1,358.5	2,982.0	5,881.7
10.8	0.190	0.217	0.260	0.304	1.10	1.56	2.40	3.32	0.0094	0.0167	0.0250	0.0340	571.3	1,357.9	2,967.8	5,838.9
11	0.190	0.215	0.258	0.301	1.10	1.52	2.35	3.26	0.0091	0.0161	0.0241	0.0328	575.7	1,357.9	2,954.7	5,798.5



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۱۲: محاسبه ضریب مقاومت موج و توان مورد نیاز رانش در حالت اسنورکلی با قطر ۶,۷۱

6.71	Fr(n)				Cw/(D/l)^2				Cw				PsnorkelKW)			
L\D	8	10	12	14	8	10	12	14	8	10	12	14	8	10	12	14
9	0.183	0.228	0.274	0.320	0.98	1.77	2.69	3.68	0.0122	0.0218	0.0332	0.0454	612.1	1,527.0	3,453.0	6,957.1
9.2	0.181	0.226	0.271	0.316	0.95	1.72	2.62	3.60	0.0113	0.0203	0.0310	0.0425	605.7	1,495.7	3,366.6	6,770.6
9.4	0.179	0.223	0.268	0.313	0.93	1.68	2.56	3.53	0.0105	0.0190	0.0290	0.0399	600.2	1,467.0	3,286.1	6,595.6
9.6	0.177	0.221	0.265	0.310	0.90	1.63	2.50	3.45	0.0097	0.0177	0.0272	0.0375	595.5	1,440.7	3,211.2	6,431.4
9.8	0.175	0.219	0.263	0.306	0.87	1.59	2.45	3.38	0.0091	0.0166	0.0255	0.0352	591.5	1,416.6	3,141.4	6,277.3
10	0.173	0.217	0.260	0.303	0.85	1.55	2.39	3.32	0.0085	0.0155	0.0239	0.0332	588.2	1,394.6	3,076.4	6,132.7
10.2	0.172	0.215	0.257	0.300	0.82	1.51	2.34	3.25	0.0079	0.0145	0.0225	0.0313	585.6	1,374.5	3,016.0	5,997.0
10.4	0.170	0.212	0.255	0.297	0.80	1.48	2.29	3.19	0.0074	0.0136	0.0212	0.0295	583.5	1,356.2	2,959.8	5,869.5
10.6	0.168	0.210	0.253	0.295	0.78	1.44	2.24	3.13	0.0069	0.0128	0.0199	0.0278	583.8	1,341.5	2,909.4	5,751.8
10.8	0.167	0.208	0.250	0.292	0.76	1.41	2.19	3.07	0.0065	0.0121	0.0188	0.0263	585.0	1,328.6	2,863.0	5,641.7
11	0.165	0.207	0.248	0.289	0.73	1.37	2.15	3.01	0.0061	0.0113	0.0178	0.0249	586.8	1,317.3	2,820.2	5,538.6



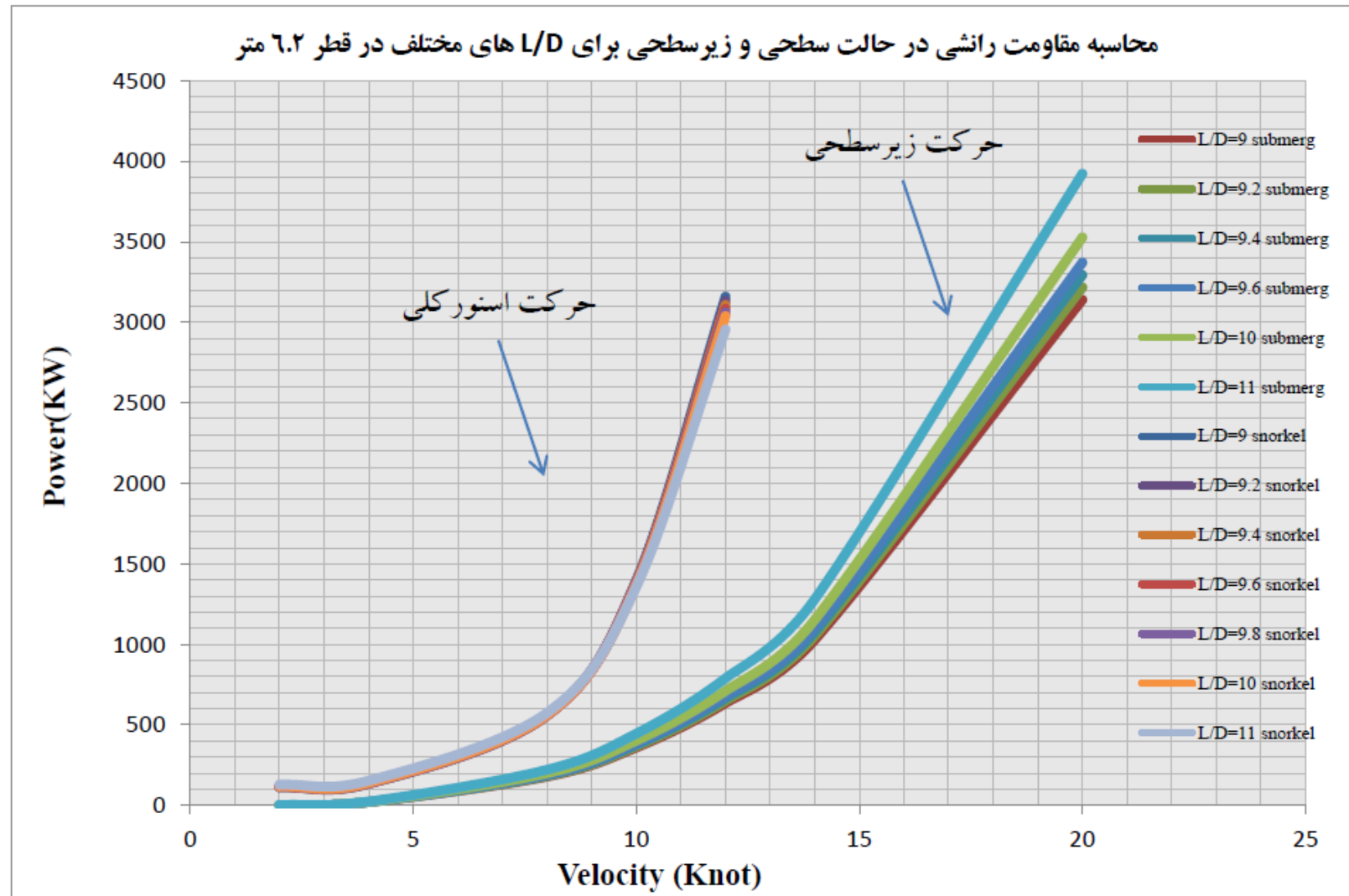
## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۱۳: محاسبه ضریب مقاومت موج و توان مورد نیاز رانش در حالت اسنورکلی با قطر ۷,۲۱

7.21	Fr(n)				Cw/(D/l)^2				Cw				PsnorkelKW)			
L\D	8	10	12	14	8	10	12	14	8	10	12	14	8	10	12	14
9	0.176	0.220	0.264	0.308	0.89	1.62	2.48	3.43	0.0110	0.0200	0.0307	0.0423	675.8	1,663.6	3,753.2	7,577.1
9.2	0.174	0.218	0.261	0.305	0.86	1.57	2.42	3.36	0.0102	0.0186	0.0286	0.0396	668.5	1,629.9	3,660.0	7,374.3
9.4	0.172	0.216	0.259	0.302	0.83	1.53	2.37	3.28	0.0094	0.0173	0.0268	0.0372	662.1	1,599.0	3,573.3	7,184.4
9.6	0.171	0.213	0.256	0.299	0.81	1.49	2.31	3.21	0.0088	0.0162	0.0251	0.0349	656.6	1,570.7	3,492.6	7,006.3
9.8	0.169	0.211	0.253	0.296	0.78	1.45	2.26	3.15	0.0082	0.0151	0.0235	0.0328	651.9	1,544.7	3,417.6	6,839.4
10	0.167	0.209	0.251	0.293	0.76	1.42	2.21	3.08	0.0076	0.0142	0.0221	0.0308	647.9	1,521.1	3,347.9	6,683.0
10.2	0.166	0.207	0.248	0.290	0.74	1.38	2.16	3.02	0.0071	0.0133	0.0207	0.0290	644.6	1,499.5	3,283.1	6,536.3
10.4	0.164	0.205	0.246	0.287	0.72	1.35	2.11	2.96	0.0066	0.0124	0.0195	0.0274	641.9	1,479.9	3,222.9	6,398.8
10.6	0.162	0.203	0.244	0.284	0.70	1.31	2.06	2.90	0.0062	0.0117	0.0184	0.0258	505.9	1,328.1	3,033.2	6,136.0
10.8	0.161	0.201	0.241	0.282	0.68	1.28	2.02	2.85	0.0058	0.0110	0.0173	0.0244	503.1	1,310.7	2,980.1	6,014.0
11	0.159	0.199	0.239	0.279	0.66	1.25	1.97	2.79	0.0054	0.0103	0.0163	0.0231	500.8	1,294.9	2,930.8	5,899.5



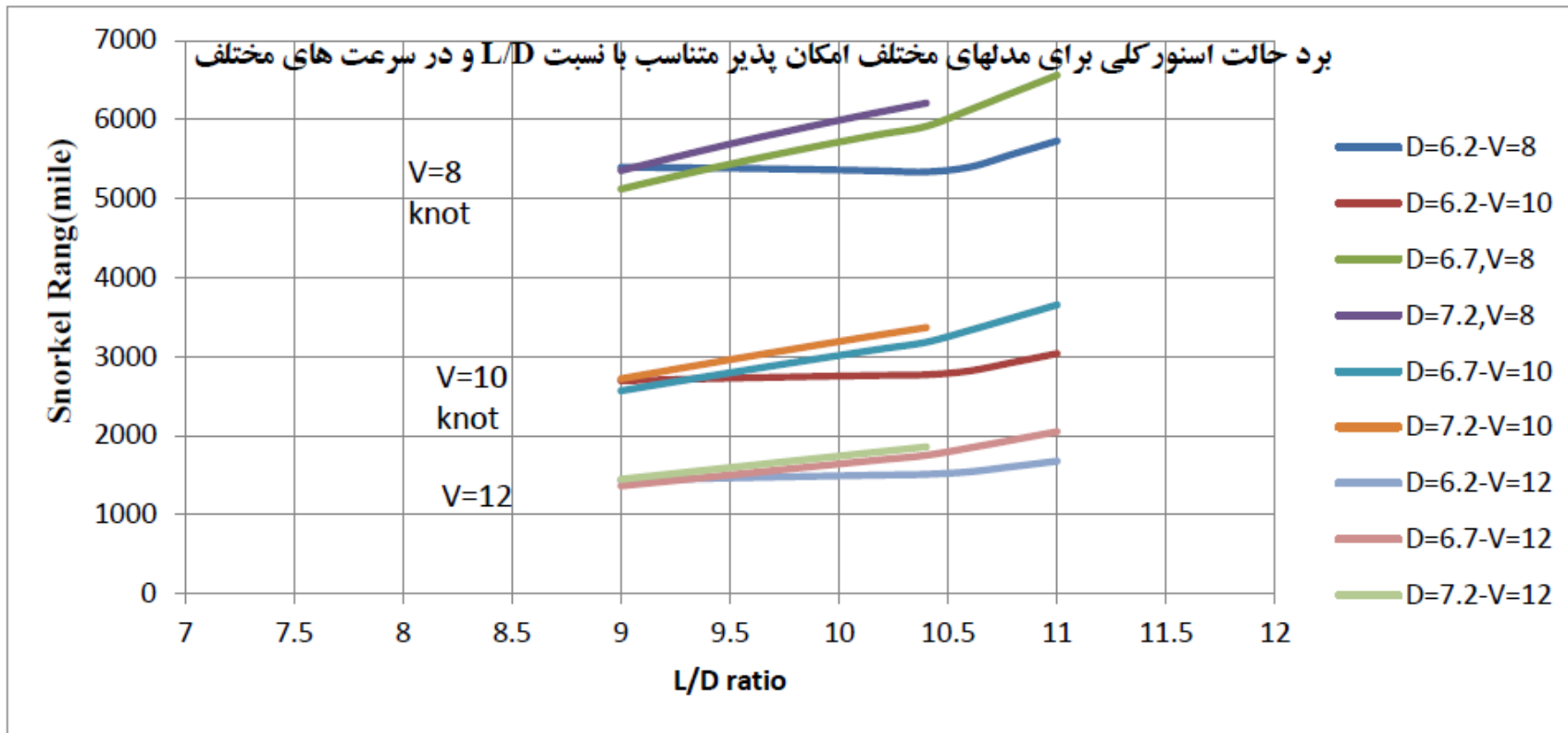
ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی





## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

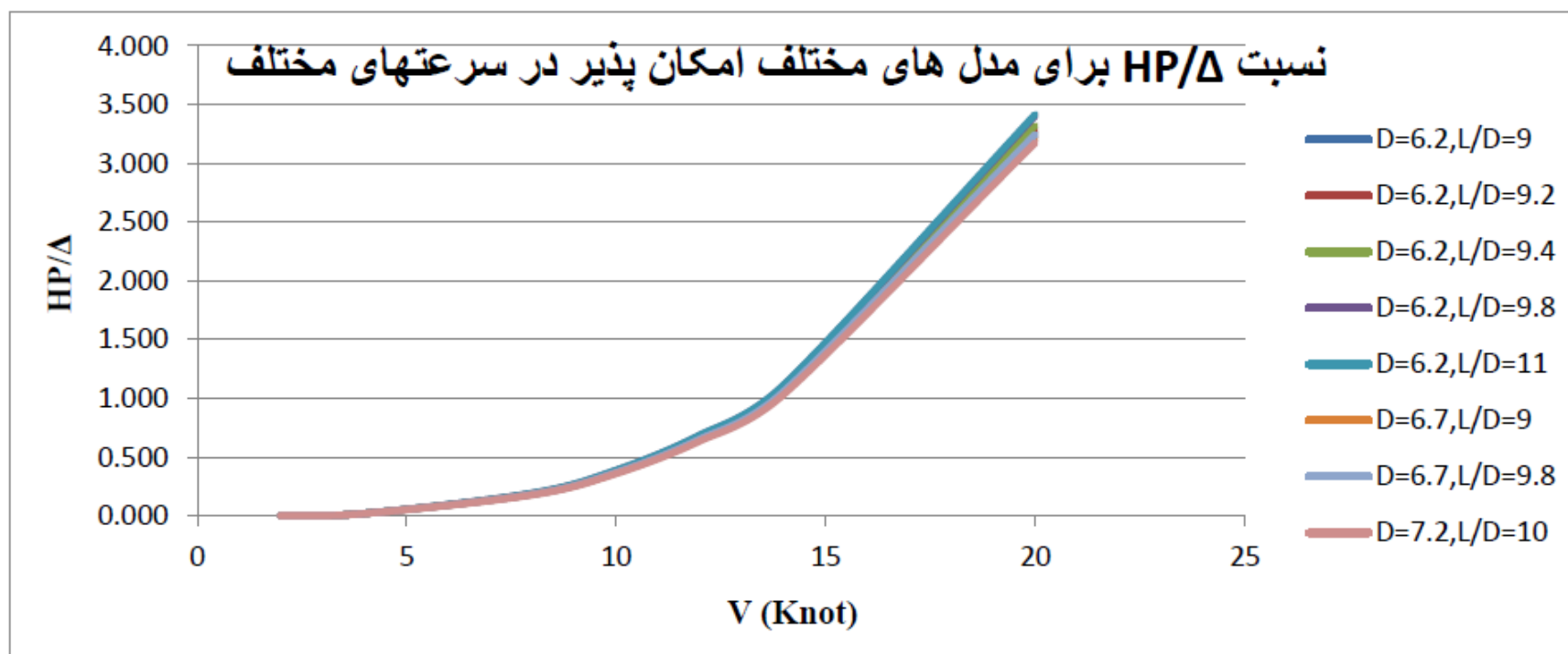
شکل ۴-۱۰: محاسبه مقاومت رانشی در حالت سطحی و زیرسطحی برای  $L/D$  های مختلف در قطر ۶,۲ متر



شکل ۴-۱۱: برد حالت اسنورکلی برای مدل‌های مختلف امکان پذیر متناسب با نسبت  $L/D$  و در سرعت های مختلف



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۴-۱۲: نسبت توان به تناژ برای مدل های مختلف امکان پذیر در قطرهای مختلف



#### ۴-۳- محاسبه حدود حداقل و حداکثر فضا برای اختصاص به سیستم رانش، باطری و

#### سوخت زیردریایی و محاسبات برد قابل پیمایش مدل‌ها

حال با محاسبات حجمی، به تخمین حجم قابل تامین برای باطری و سوخت زیردریایی خواهیم پرداخت، با در نظر گرفتن مشخصات ابعادی و وزنی باطری و توان دشارژ متناسب با سناریوی عملیاتی تعریف شده، به برد قابل تامین در حالت سطحی و زیرسطحی خواهیم پرداخت، این بردها نباید از میزان مطلوب مورد نیاز و بیان شده در نیاز عملیاتی باشد. میزان قابل تامین از حجم‌های مختلف با میزان مورد نیاز انرژی متناسب با ابعاد زیردریایی مقایسه خواهند شد. برای محاسبه حجم قابل تامین از روابط ارائه شده در فصل سوم استفاده شده است.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۱۴: محاسبه حجم سوخت، تعداد باطری و وزن قابل تامین موتور، انرژی قابل تامین در حالت زیرسطحی و درصد پوشش برد در بازه قابل تامین مدل های مختلف با استفاده از روابط

ادمیرالتی در قطر ۶,۲۱

L/D	Ncell min	Ncell max	Vfuel min(m3)	Vfuel max(m3)	Wm.p.m min(ton)	Wm.p.m min(ton)	Energie(cruise)		result
9	540.31	544.65	94.92	143.52	62.27	62.77	10,815.7	10,902.4	ok
9.2	540.31	552.68	94.92	145.64	62.27	63.69	10,815.7	11,063.4	ok
9.4	540.31	560.67	94.92	147.74	62.27	64.61	10,815.7	11,223.1	ok
9.6	540.31	568.59	94.92	149.83	62.27	65.53	10,815.7	11,381.8	80.7
9.8	540.31	576.46	94.92	151.91	62.27	66.43	10,815.7	11,539.3	68.8
10	540.31	584.28	94.92	153.96	62.27	67.33	10,815.7	11,695.8	61.1
10.2	540.31	592.04	94.92	156.01	62.27	68.23	10,815.7	11,851.2	55.7
10.4	540.31	599.76	94.92	158.04	62.27	69.12	10,815.7	12,005.6	51.6
10.6	548.85	607.42	96.42	160.06	63.25	70.00	10,986.6	12,159.0	48.9
10.8	569.76	615.04	100.09	162.07	65.66	70.88	11,405.1	12,311.5	45.7
11	591.06	622.61	103.83	164.07	68.12	71.75	11,831.5	12,463.0	39.3



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۱۵: محاسبه حجم سوخت، تعداد باطری و وزن قابل تامین موتور، انرژی قابل تامین در حالت زیرسطحی و درصد پوشش برد در بازه قابل تامین مدل های مختلف با استفاده از روابط

ادمیرالتی در قطر ۶,۷۱

L/D	Ncell min	Ncell max	Vfuel min(m3)	Vfuel max(m3)	Wm.p.m min(ton)	Wm.p.m min(ton)	Energie(cruise)		result
9	561.71	635.82	98.68	167.55	64.73	73.27	11,243.9	12,727.5	53.3
9.2	570.00	645.20	100.13	170.02	65.69	74.36	11,409.9	12,915.3	49.9
9.4	578.23	654.52	101.58	172.47	66.64	75.43	11,574.7	13,101.8	46.6
9.6	586.40	663.77	103.02	174.91	67.58	76.50	11,738.3	13,287.0	43.2
9.8	594.52	672.96	104.44	177.33	68.51	77.55	11,900.7	13,470.9	39.9
10	602.58	682.08	105.86	179.74	69.44	78.61	12,062.1	13,653.6	36.5
10.2	610.59	691.15	107.27	182.13	70.37	79.65	12,222.4	13,835.0	33.2
10.4	618.54	700.15	108.66	184.50	71.28	80.69	12,381.7	14,015.3	29.8
10.6	640.73	709.10	112.56	186.86	73.84	81.72	12,825.8	14,194.4	21.7
10.8	665.13	717.99	116.85	189.20	76.65	82.74	13,314.3	14,372.4	7.5
11	690.00	726.83	121.22	191.53	79.52	83.76	13,812.0	14,549.3	(20.2)



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۱۶: محاسبه حجم سوخت، تعداد باطری و وزن قابل تامین موتور، انرژی قابل تامین در حالت زیرسطحی و درصد پوشش برد در بازه قابل تامین مدل های مختلف با استفاده از روابط

ادمیرالتی در قطر ۷،۲۱

L/D	Ncell min	Ncell max	Vfuel min(m3)	Vfuel max(m3)	Wm.p.m min(ton)	Wm.p.m min(ton)	Energie(cruise)		result
9	648.40	733.68	113.91	193.33	74.72	84.55	12,979.3	14,686.5	34.6
9.2	658.03	733.68	115.60	193.33	75.83	84.55	13,172.1	14,686.5	28.3
9.4	667.59	733.68	117.28	193.33	76.94	84.55	13,363.5	14,686.5	20.2
9.6	677.09	733.68	118.95	193.33	78.03	84.55	13,553.6	14,686.5	9.3
9.8	686.27	733.68	120.56	193.33	79.09	84.55	13,737.3	14,686.5	(5.8)
10	695.63	733.68	122.21	193.33	80.17	84.55	13,924.8	14,686.5	(28.5)
10.2	704.94	733.68	123.84	193.33	81.24	84.55	14,111.0	14,686.5	(66.0)
10.4	714.18	733.68	125.46	193.33	82.30	84.55	14,296.0	14,686.5	(139.1)
10.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۱۷: حداقل برد قابل دسترس زیردریایی های مدل های مختلف امکان پذیر در سرعت های ۸ تا ۱۴ نات به مایل دریایی

L/D	D=6.2				D=6.7				D=7.2			
	8	10	12	14	8	10	12	14	8	10	12	14
9	5,392.1	2,690.9	1,430.7	832.0	5,118.3	2,564.4	1,360.8	788.0	5,350.9	2,717.1	1,445.2	835.2
9.2	5,388.8	2,704.8	1,443.1	840.9	5,248.4	2,656.7	1,416.4	821.7	5,489.6	2,814.5	1,504.0	870.9
9.4	5,383.7	2,717.7	1,455.0	849.6	5,373.0	2,747.7	1,472.0	855.6	5,623.0	2,910.6	1,562.9	906.9
9.6	5,377.0	2,729.5	1,466.4	858.1	5,492.1	2,837.5	1,527.7	889.9	5,750.8	3,005.2	1,621.7	943.2
9.8	5,368.8	2,740.4	1,477.4	866.3	5,605.4	2,925.6	1,583.2	924.3	5,871.3	3,097.1	1,679.8	979.3
10	5,359.1	2,750.4	1,487.8	874.3	5,713.2	3,012.1	1,638.5	959.0	5,988.1	3,188.2	1,738.2	1,015.9
10.2	5,348.0	2,759.4	1,497.8	882.0	5,815.3	3,096.8	1,693.6	993.7	6,099.3	3,277.3	1,796.2	1,052.6
10.4	5,335.6	2,767.5	1,507.3	889.5	5,911.8	3,179.4	1,748.2	1,028.5	6,205.1	3,364.3	1,853.7	1,089.3
10.6	5,396.4	2,816.4	1,539.7	910.7	6,120.4	3,329.7	1,842.3	1,087.2	5,350.9	2,717.1	1,445.2	
10.8	5,561.7	2,925.0	1,606.0	952.3	6,340.6	3,490.0	1,943.5	1,150.6	5,489.6	2,814.5	1,504.0	
11	5,726.2	3,034.4	1,673.4	994.8	6,557.6	3,651.4	2,046.7	1,215.9	5,623.0	2,910.6	1,562.9	



#### ۴-۴- محاسبه مشخصات موتور قابل تامین برای زیردریایی و بررسی تبعات استفاده از

##### انتخاب‌های مختلف

با توجه به این موضوع که اختصاص فضا و حجم قابل درسترس برای مدل‌های مختلف تابعی از درصد حجمی و وزنی و نیز ابعاد و تناژ مدل‌هاست، در نتیجه با در نظر گرفتن فرضیات و پیش فرض‌هایی میتوان تبعات انتخاب‌های مختلف در موتور رانشی زیردریایی را بررسی کرد.

یکی از مهم ترین و اصلی ترین این تبعات دور موتور است که در طراحی پروانه و مشخصات آن بسیار تاثیرگذار خواهد بود و لذا این موضوع و محدوده‌ی قابل تامین برای حجم زیردریایی و به تبع آن حجم سیستم رانش و موتور بر مشخصات هیدرودینامیکی و عملیاتی زیردریایی تاثیرگذار خواهد بود.

با این توضیحات به بررسی مدل طراحی شده خواهیم پرداخت. البته با توجه به اینکه تا به حال مدل‌سازی صورت گرفته سیر منطقی و صحیحی را پیموده است، بین مدل‌های امکان پذیر انتظار نخواهد رفت که مشکلی ایجاد شود و به نوعی این مرحله از امکان‌سنجی حکم تایید بر گام قبلی را دارد. در صورتی که مدل‌سازی اشتباه باشد و یا برآورده کننده نیازهای اولیه نباشد، زیردریایی طراحی شده در هر مدل توانی بیش از آنچه قابل تامین آن مدل باشد نیاز دارد و موتور طراحی شده جوابگوی نیاز نخواهد بود.

با توجه به شباهت بین مشخصات و ابعاد موتورهای الکتریکی و روابط طراحی اولیه حاکم بر آنها، لذا از مشخصات دو مدل موتور استفاده خواهیم کرد و موتورهایی با مشخصات ابعادی و توانی متفاوت را تولید خواهیم کرد.

جدول ۴-۱۸: مشخصات موتورهای پیش فرض برای مدل‌سازی موتورهای مختلف

	$W(ton)$	$RPM$	$L(m)$	$\varnothing(m)$	$P(KW)$
DC	52	500	5	2.3	3800



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

BLDC	60	205	2.8	5	4000
------	----	-----	-----	---	------

مشخصات موتورهای مختلف تابعی از حجم و دور موتور برای هر توان خواهد بود. با این منطق در ابتدا به بررسی دوره‌های قابل تامین موتور DC خواهیم پرداخت. به عنوان گام پیش نیاز کار، در ابتدا حجم مورد نیاز موتور و حجم قابل تامین موتور را در دوره‌های مختلف موتورها با هم قیاس خواهیم کرد. برای مدلسازی موتورهای مختلف DC قطر موتور را ۳۰ تا ۴۰ درصد قطر بدنه و برای مدلسازی موتورهای BLDC ۵۰ تا ۸۰ درصد در نظر خواهیم گرفت. و بعد برای هر قطر، در طول‌های مختلف در صورتی که حجم مورد نیاز از حجم قابل تامین کمتر باشد، قطر و طول‌های مختلف موتور را در دوره‌های متفاوت بدست خواهیم آورد.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۱۹: وزن موتور قابل تامین برای مدل‌های مختلف، توان مورد نیاز رانشی بر اساس فرم بدنه، توان قابل تامین سیستم رانش (به ترتیب از چپ به راست برای هر قطر مشخص)

$D$	6.2				6.71				7.21			
$L/D$	وزن قابل تامین موتورها		تون رانشی		وزن قابل تامین موتورها		تون رانشی		وزن قابل تامین موتورها		تون رانشی	
			مورد نیاز	قابل تامین			مورد نیاز	قابل تامین			مورد نیاز	قابل تامین
9	62.27	62.77	3,139	3,812	64.73	73.27	3,614	4,208	74.72	84.55	4,123	4,856
9.2	62.27	63.69	3,216	3,840	65.69	74.36	3,705	4,270	75.83	84.55	4,229	4,890
9.4	62.27	64.61	3,293	3,868	66.64	75.43	3,196	4,331	76.94	84.55	3,734	4,923
9.6	62.27	65.53	3,371	3,896	67.58	76.50	3,888	4,392	78.03	84.55	4,442	4,957
9.8	62.27	66.43	3,449	3,924	68.51	77.55	3,980	4,453	79.09	84.55	4,549	4,989
10	62.27	67.33	3,527	3,951	69.44	78.61	4,073	4,514	80.17	84.55	4,657	5,022
10.2	62.27	68.23	3,605	3,979	70.37	79.65	4,165	4,574	81.24	84.55	4,766	5,055
10.4	62.27	69.12	3,684	4,006	71.28	80.69	4,259	4,633	82.30	84.55	4,874	5,087
10.6	63.25	70.00	3,763	4,063	73.84	81.72	4,352	4,743	-	-	-	-
10.8	65.66	70.88	3,842	4,163	76.65	82.74	4,446	4,860	-	-	-	-
11	68.12	71.75	3,922	4,264	79.52	83.76	4,540	4,978	-	-	-	-



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

از جدول بالا دیده میشود که توان مورد نیاز برای حرکت در مدل‌های مختلف در مد حرکت زیرسطحی از توان قابل تامین موتور کمتر است. حال مسئله این است که مشخصات حجمی و دور موتور چه خواهد بود.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۲۰: حجم موتور مورد نیاز رانشی در قطر ۶,۲ متر با دورهای ۱۵۰ تا ۵۵۰ دور بر دقیقه برای موتور DC

D	6.2	L(m.m)*D(m.m)2-m3																
RPM	150	150	200	200	250	250	300	300	350	350	400	400	450	450	500	500	550	550
L\D	L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2	
9	72.8	88.4	54.6	66.3	43.7	53.1	36.4	44.2	31.2	37.9	27.3	33.2	24.3	29.5	21.9	26.5	19.9	24.1
9.2	72.8	88.4	54.6	66.3	43.7	53.1	36.4	44.2	31.2	37.9	27.3	33.2	24.3	29.5	21.9	26.5	19.9	24.1
9.4	72.8	88.4	54.6	66.3	43.7	53.1	36.4	44.2	31.2	37.9	27.3	33.2	24.3	29.5	21.9	26.5	19.9	24.1
9.6	72.8	88.4	54.6	66.3	43.7	53.1	36.4	44.2	31.2	37.9	27.3	33.2	24.3	29.5	21.9	26.5	19.9	24.1
9.8	72.8	88.4	54.6	66.3	43.7	53.1	36.4	44.2	31.2	37.9	27.3	33.2	24.3	29.5	21.9	26.5	19.9	24.1
10	72.8	88.4	54.6	66.3	43.7	53.1	36.4	44.2	31.2	37.9	27.3	33.2	24.3	29.5	21.9	26.5	19.9	24.1
10.2	72.8	88.4	54.6	66.3	43.7	53.1	36.4	44.2	31.2	37.9	27.3	33.2	24.3	29.5	21.9	26.5	19.9	24.1
10.4	72.8	88.4	54.6	66.3	43.7	53.1	36.4	44.2	31.2	37.9	27.3	33.2	24.3	29.5	21.9	26.5	19.9	24.1
10.6	72.8	88.4	54.6	66.3	43.7	53.1	36.4	44.2	31.2	37.9	27.3	33.2	24.3	29.5	21.9	26.5	19.9	24.1
10.8	72.8	88.4	54.6	66.3	43.7	53.1	36.4	44.2	31.2	37.9	27.3	33.2	24.3	29.5	21.9	26.5	19.9	24.1
11	72.8	88.4	54.6	66.3	43.7	53.1	36.4	44.2	31.2	37.9	27.3	33.2	24.3	29.5	21.9	26.5	19.9	24.1



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۲۱: حجم موتور رانشی قابل تامین مدل‌ها در قطر ۶,۲ متر با دورهای ۱۵۰ تا ۵۵۰ دور بر دقیقه برای موتور DC

	150	150	200	200	250	250	300	300	350	350	400	400	450	450	500	500	550	550
L\D	L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2	
9	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78	24.78
9.2	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60	24.60
9.4	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42	24.42
9.6	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25	24.25
9.8	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08	24.08
10	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91	23.91
10.2	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75	23.75
10.4	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59	23.59
10.6	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62	23.62
10.8	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93	23.93
11	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24	24.24



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۲۲: مشخصات ابعادی مختلف موتور مدلسازی شده و امکان پذیر برای مدل زیردریایی با قطر ۶,۲ متر

RPM	150	200	250	300	350	400	450	500	550
$\varnothing(m.m)$ -meter									
1.86	****	****	****	****	****	****	****	6.3	5.7
2.06	****	****	****	****	****	****	****	5.1	4.7
2.26	****	****	****	****	****	****	****	4.3	3.9
2.46	****	****	****	****	****	****	****	3.6	3.3
2.66	****	****	****	****	****	****	****	3.1	2.8
2.86	****	****	****	****	****	****	****	2.7	2.4

جدول بالا حاوی اطلاعات ابعادی موتورهای مختلف قابل استفاده در قطر ۶,۲ متر است که برای طولهای مختلف مورد نظر تقریباً در یک محدوده مشخصی خواهد بود. دیده میشود با گام تغییر در نظر گرفته شده کمترین دور قابل تامین موتور دور ۵۰۰ دور بر دقیقه است که بر طراحی پروانه زیردریایی بسیار تاثیرگذار خواهد بود.

شاید به سادگی بتوان گفت در دور ۵۰۰ دور بر دقیقه، میتوان موتوری با قطر ۲,۵ متر و طول ۳,۵ متر در نظر گرفت که با مطالعه نقشه زیردریایی های مختلف دنیا تقریب بسیار نزدیکی است. نتایج حاصله برای قطرهای ۶,۷۱ و ۷,۲۱ نیز به همین نحو است.

حال به بررسی موتورهای BLDC خواهیم پرداخت.



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۲۳: حجم موتور مورد نیاز رانشی در قطر ۶,۲ متر با دورهای ۱۵۰ تا ۵۵۰ دور بر دقیقه برای موتور BLDC

D	6.2	حجم موتور مورد نیاز $L(m.m)*D(m.m)^2-m^3$																
RPM	150	150	200	200	250	250	300	300	350	350	400	400	450	450	500	500	550	550
L\D	L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2		L*D2	
9	60.8	73.8	45.6	55.4	36.5	44.3	30.4	36.9	26.1	31.6	22.8	27.7	20.3	24.6	18.2	22.2	16.6	20.1
9.2	60.8	73.8	45.6	55.4	36.5	44.3	30.4	36.9	26.1	31.6	22.8	27.7	20.3	24.6	18.2	22.2	16.6	20.1
9.4	60.8	73.8	45.6	55.4	36.5	44.3	30.4	36.9	26.1	31.6	22.8	27.7	20.3	24.6	18.2	22.2	16.6	20.1
9.6	60.8	73.8	45.6	55.4	36.5	44.3	30.4	36.9	26.1	31.6	22.8	27.7	20.3	24.6	18.2	22.2	16.6	20.1
9.8	60.8	73.8	45.6	55.4	36.5	44.3	30.4	36.9	26.1	31.6	22.8	27.7	20.3	24.6	18.2	22.2	16.6	20.1
10	60.8	73.8	45.6	55.4	36.5	44.3	30.4	36.9	26.1	31.6	22.8	27.7	20.3	24.6	18.2	22.2	16.6	20.1
10.2	60.8	73.8	45.6	55.4	36.5	44.3	30.4	36.9	26.1	31.6	22.8	27.7	20.3	24.6	18.2	22.2	16.6	20.1
10.4	60.8	73.8	45.6	55.4	36.5	44.3	30.4	36.9	26.1	31.6	22.8	27.7	20.3	24.6	18.2	22.2	16.6	20.1
10.6	60.8	73.8	45.6	55.4	36.5	44.3	30.4	36.9	26.1	31.6	22.8	27.7	20.3	24.6	18.2	22.2	16.6	20.1
10.8	60.8	73.8	45.6	55.4	36.5	44.3	30.4	36.9	26.1	31.6	22.8	27.7	20.3	24.6	18.2	22.2	16.6	20.1
11	60.8	73.8	45.6	55.4	36.5	44.3	30.4	36.9	26.1	31.6	22.8	27.7	20.3	24.6	18.2	22.2	16.6	20.1



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۲۴: حجم موتور رانشی قابل تامین مدل‌ها در قطر ۶,۲ متر با دورهای ۱۵۰ تا ۵۵۰ دور بر دقیقه برای موتور BLDC

حجم موتور قابل تامین $L(m.m)*D(m.m)^2-m^3$																		
150		150	200	200	250	250	300	300	350	350	400	400	450	450	500	500	550	550
$L \backslash D$	$L*D2$		$L*D2$		$L*D2$		$L*D2$		$L*D2$		$L*D2$		$L*D2$		$L*D2$		$L*D2$	
9	73.8	73.8	55.4	55.4	44.3	44.3	36.9	36.9	31.6	31.6	27.7	27.7	24.6	24.6	22.2	22.2	20.1	20.1
9.2	74.4	74.4	55.8	55.8	44.6	44.6	37.2	37.2	31.9	31.9	27.9	27.9	24.8	24.8	22.3	22.3	20.3	20.3
9.4	74.9	74.9	56.2	56.2	45.0	45.0	37.5	37.5	32.1	32.1	28.1	28.1	25.0	25.0	22.5	22.5	20.4	20.4
9.6	75.5	75.5	56.6	56.6	45.3	45.3	37.7	37.7	32.3	32.3	28.3	28.3	25.2	25.2	22.6	22.6	20.6	20.6
9.8	76.0	76.0	57.0	57.0	45.6	45.6	38.0	38.0	32.6	32.6	28.5	28.5	25.3	25.3	22.8	22.8	20.7	20.7
10	76.5	76.5	57.4	57.4	45.9	45.9	38.3	38.3	32.8	32.8	28.7	28.7	25.5	25.5	23.0	23.0	20.9	20.9
10.2	77.1	77.1	57.8	57.8	46.2	46.2	38.5	38.5	33.0	33.0	28.9	28.9	25.7	25.7	23.1	23.1	21.0	21.0
10.4	77.6	77.6	58.2	58.2	46.6	46.6	38.8	38.8	33.3	33.3	29.1	29.1	25.9	25.9	23.3	23.3	21.2	21.2
10.6	78.7	78.7	59.0	59.0	47.2	47.2	39.4	39.4	33.7	33.7	29.5	29.5	26.2	26.2	23.6	23.6	21.5	21.5
10.8	80.6	80.6	60.5	60.5	48.4	48.4	40.3	40.3	34.6	34.6	30.2	30.2	26.9	26.9	24.2	24.2	22.0	22.0
11	82.6	82.6	62.0	62.0	49.6	49.6	41.3	41.3	35.4	35.4	31.0	31.0	27.5	27.5	24.8	24.8	22.5	22.5



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۲۵: مشخصات ابعادی مختلف موتور مدل سازی شده BLDC و امکان پذیر برای مدل زیردریایی با قطر ۶,۲ متر

RPM	150	200	250	300	350	400	450	500	550
$\varnothing(m.m)$ - meter									
3.1	6.33	4.75	4.61	3.16	2.71	2.37	2.11	1.90	1.73
3.3	5.58	4.19	4.07	2.79	2.39	2.09	1.86	1.68	1.52
3.5	4.96	3.72	3.62	2.48	2.13	1.86	1.65	1.49	1.35
3.7	4.44	3.33	3.24	2.22	1.90	1.67	1.48	1.33	1.21
3.9	4.00	3.00	2.91	2.00	1.71	1.50	1.33	1.20	1.09
4.1	3.62	2.71	2.64	1.81	1.55	1.36	1.21	1.09	0.99
4.3	3.29	2.47	2.40	1.64	1.41	1.23	1.10	0.99	0.90
4.5	3.00	2.25	2.19	1.50	1.29	1.13	1.00	0.90	0.82
4.7	2.75	2.06	2.01	1.38	1.18	1.03	0.92	0.83	0.75
4.9	2.53	1.90	1.85	1.27	1.09	0.95	0.84	0.76	0.69
5.1	2.34	1.75	1.70	1.17	1.00	0.88	0.78	0.70	0.64

دیده میشود که با استفاده از موتورهای BLDC دوره های پایین نیز قابل تامین است که این موضوع برای زیردریایی ها نکته مهم و اثرگذاری است و

البته انتظار میرود که در فرایند طراحی پروانه نیز به زیاد شدن قطر پروانه و البته کم شدن نویز آن منجر شود. با انتخاب موتور BLDC میتوان یک موتور با



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

قطر تقریبی ۴,۵ متر و طول سه متر را با دور ۱۵۰ دور در دقیقه برای مدل‌های زیردریایی با قطر ۶,۲ متر انتخاب کرد.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

### ۴-۵- بررسی پارامترهای طراحی پروانه

فرایند طراحی پروانه را برای هر دو حالت استفاده از موتور  $DC$  و دور ۵۰۰ در دقیقه و استفاده از موتور  $BLDC$  با دور ۱۵۰ در دقیقه مورد مطالعه قرار خواهیم داد. در ابتدا به بررسی مشخصات پروانه با استفاده از موتور  $DC$  خواهیم پرداخت.

### ۴-۵-۱- مشخصات پروانه با تجهیز زیردریایی به موتور $DC$

فرضیات اولیه و مشخصاتی که باید از ابتدا در نظر گرفت در جدول زیر آورده شده است

جدول ۴-۲۶: فرضیات اولیه و ورودی های مسئله طراحی پروانه مدلهای زیر دریایی با قطر ۶,۲ متر و مجهز به موتور  $DC$

	$min$	$max$
$\eta R$	1	1.1
$\eta o(initial)$	0.4	0.8
$D_{prop}/D$	0.4	0.7
$Z_{prop}$	5	7
$AE/A0$	0.3	1.05
$P/Dp$	0.5	1
$N(RPS)$	8.3	9.2



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

در گام اول به تعیین و برآورد فاکتور ویک و تراست خواهیم پرداخت. در نهایت با استفاده از این

دو به تعیین راندمان بدنه خواهیم پرداخت. این اولین برآورد و تخمین ما خواهد بود.

جدول ۴-۲۷: برآورد فاکتور ویک و تراست از روابط فرم بدنه و راندمان بدنه

$D$	6.2					
$D_{prop}$	$min$	$max$	$min$	$max$	$min$	$max$
	2.48	4.34	2.48	4.34	2.48	4.34
$L/D$	$w$		$t$		$\eta H$	
9	0.195	0.381	0.103	0.213	0.977	1.449
9.2	0.200	0.384	0.106	0.215	0.981	1.452
9.4	0.205	0.387	0.109	0.217	0.985	1.454
9.6	0.211	0.390	0.112	0.219	0.989	1.456
9.8	0.216	0.393	0.114	0.221	0.993	1.459
10	0.220	0.396	0.117	0.223	0.997	1.461
10.2	0.225	0.398	0.120	0.224	1.001	1.463
10.4	0.230	0.401	0.122	0.226	1.005	1.465
10.6	0.234	0.403	0.125	0.227	1.008	1.467
10.8	0.238	0.406	0.127	0.229	1.012	1.469
11	0.242	0.408	0.129	0.231	1.015	1.470

گام بعدی تخمین محدوده های حداقل و حداکثری از ضریب پیشروی پروانه است.

جدول ۴-۲۸: ضریب پیشروی پروانه با استفاده از اطلاعات ضریب ویک و تراست و برآورد اولیه از راندمان هیدرودینامیکی

$D$	6.2			
$D_{prop}$	$min$	$max$	$min$	$max$
	2.48	4.34	2.48	4.34
$L/D$	$J$		$\eta_{Hydr}(initial)$	
9	0.31133	0.77950	0.39	1.28
9.2	0.30972	0.77411	0.39	1.28
9.4	0.30818	0.76891	0.39	1.28



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

9.6	0.30670	0.76391	0.40	1.28
9.8	0.30526	0.75908	0.40	1.28
10	0.30388	0.75442	0.40	1.29
10.2	0.30254	0.74992	0.40	1.29
10.4	0.30125	0.74557	0.40	1.29
10.6	0.30000	0.74137	0.40	1.29
10.8	0.29880	0.73730	0.40	1.29
11	0.29763	0.73335	0.41	1.29



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

گام بعدی بررسی و مقایسه بازه توان موتور حاصل از راندمان و توان مورد نیاز با توان موتور قابل

تامین ناشی از تحلیل های حجمی برای مدل های مختلف زیردریایی است با قطر ۶,۲ متر

جدول ۴-۲۹: بررسی و مقایسه بازه توان موتور حاصل از راندمان و توان مورد نیاز با توان موتور قابل تامین ناشی از تحلیل های

حجمی برای مدل های مختلف زیردریایی با قطر ۶,۲ متر

$D_{prop}$	$max$	$min$	$max$	$min$	$max$
$L/D$	توان تخمینی ناشی از راندمان و توان مورد نیاز		توان موتور قابل تامین ناشی از تحلیل حجم و وزن		درصد پوشش فضای طراحی
9	2462	8034	4587	4550	0.655
9.2	2518	8194	4654	4550	1.836
9.4	2574	8355	4722	4550	2.965
9.6	2630	8517	4788	4550	4.046
9.8	2687	8678	4855	4550	5.081
10	2744	8841	4921	4550	6.073
10.2	2801	9003	4986	4550	7.024
10.4	2858	9166	5051	4550	7.936
10.6	2915	9329	5115	4622	7.690
10.8	2973	9493	5180	4798	5.849
11	3031	9656	5243	4978	4.010

حال به تصحیح دامنه راندمان هیدرودینامیکی و استخراج راندمان پروانه خواهیم پرداخت.

$D$	6.2			
	$max$	$min$	$max$	$min$
$L/D$	$\eta(Hydro)$		$\eta(O)$	



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

9	0.68	0.69	0.43	0.71
9.2	0.69	0.71	0.43	0.72
9.4	0.70	0.72	0.44	0.73
9.6	0.70	0.74	0.44	0.75
9.8	0.71	0.76	0.44	0.76
10	0.72	0.78	0.45	0.78
10.2	0.72	0.79	0.45	0.79
10.4	0.73	0.81	0.45	0.81
10.6	0.74	0.81	0.46	0.81
10.8	0.74	0.80	0.46	0.79
11	0.75	0.79	0.46	0.78



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

حال با استفاده از روابط ارائه شده در فصل قبل به استخراج ضریب تراست و تراست پروانه خواهیم

پرداخت.

جدول ۳-۴: استخراج ضریب تراست و تراست پروانه و مقایسه با تراست مورد نیاز رانشی

$D$	6.2					
$D_{prop}$	$min$	$max$	$min$	$max$	$min$	$max$
	2.48	4.34	2.48	4.34		
$L/D$	$K_t$		تراست قابل تامین پروانه با $RPM\ ۵۰۰$ دور		تراست مورد نیاز رانشی	
9	0.0612	0.2707	164.68	6835.40	217.22	247.74
9.2	0.0625	0.2758	168.29	6965.53	224.51	255.82
9.4	0.0639	0.2810	171.92	7095.92	231.85	263.96
9.6	0.0652	0.2862	175.56	7226.56	239.26	272.15
9.8	0.0666	0.2913	179.21	7357.46	246.71	280.40
10	0.0679	0.2965	182.88	7488.60	254.23	288.71
10.2	0.0693	0.3017	186.56	7619.98	261.79	297.07
10.4	0.0707	0.3070	190.25	7751.59	269.41	305.48
10.6	0.0720	0.3122	193.95	7883.42	277.08	313.94
10.8	0.0734	0.3174	197.66	8015.48	284.81	322.46
11	0.0748	0.3226	201.38	8147.76	292.58	331.02

با استفاده از محاسبات آورده شده به برآورد تراست پروانه با حداقل ضریب تراست در قطرهای

مختلف پروانه خواهیم پرداخت.

	$T(KN)$ -Based upon $D_p$ & minimum $K_t$ in 500RPM for all models in $D=6.2\text{ m}$										
	2.48	2.53	2.57	2.62	2.67	2.71	2.76	2.81	2.85	2.90	2.95
9	164.68	177.38	190.81	204.98	219.92	235.67	252.25	269.69	288.02	307.27	327.47
9.2	168.29	181.28	194.99	209.48	224.75	240.85	257.79	275.61	294.35	314.02	334.66
9.4	171.92	185.18	199.20	213.99	229.60	246.04	263.35	281.56	300.69	320.79	341.87



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

9.6	175.56	189.10	203.41	218.52	234.46	251.25	268.92	287.52	307.06	327.58	349.11
9.8	179.21	193.04	207.65	223.07	239.33	256.47	274.52	293.50	313.45	334.39	356.37
10	182.88	196.99	211.89	227.63	244.23	261.72	280.13	299.50	319.86	341.23	363.66
10.2	186.56	200.95	216.15	232.21	249.14	266.98	285.77	305.52	326.29	348.09	370.97
10.4	190.25	204.92	220.43	236.80	254.07	272.26	291.42	311.56	332.74	354.98	378.31
10.6	193.95	208.91	224.72	241.41	259.01	277.56	297.08	317.62	339.21	361.88	385.67
10.8	197.66	212.90	229.02	246.03	263.97	282.87	302.77	323.70	345.70	368.81	393.05
11	201.38	216.91	233.33	250.66	268.94	288.20	308.47	329.80	352.22	375.76	400.45

با مقایسه بین تراست مورد نیاز و حداقل تراست، به استخراج حداکثر ضریب تراست مورد نیاز در

قطرهای مختلف امکان پذیر پروانه برای مدل زیردریایی با قطر ۶٫۲ متر خواهیم پرداخت.

	<i>the available Dp And maximum Kt in 500RPM for all models in D=6.2 m</i>										
	2.48	2.53	2.57	2.62	2.67	2.71	**	**	**	**	**
9	0.092	0.085	0.079	0.074	0.069	0.064	0	0	0	0	0
9.2	0.095	0.088	0.082	0.076	0.071	0.066	0	0	0	0	0
9.4	0.098	0.091	0.085	0.079	0.073	0.069	0	0	0	0	0
9.6	0.101	0.094	0.087	0.081	0.076	0.071	0	0	0	0	0
9.8	0.104	0.097	0.090	0.084	0.078	0.073	0	0	0	0	0
10	0.107	0.100	0.093	0.086	0.080	0.075	0	0	0	0	0
10.2	0.110	0.102	0.095	0.089	0.083	0.077	0	0	0	0	0
10.4	0.113	0.105	0.098	0.091	0.085	0.079	0	0	0	0	0
10.6	0.117	0.108	0.101	0.094	0.087	0.081	0	0	0	0	0
10.8	0.120	0.111	0.103	0.096	0.090	0.084	0	0	0	0	0
11	0.123	0.114	0.106	0.099	0.092	0.086	0	0	0	0	0

این فرایند طراحی را برای ضریب گشتاور نیز طی خواهیم کرد.

<i>the available Dp And maximum Kq in 500RPM for all models in D=6.2 m</i>
--



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

	2.48	2.53	2.57	2.62	2.67	2.71	**	**	**
9	0.0065	0.0060	0.0056	0.0052	0.0048	0.0045	0	0	0
9.2	0.0065	0.0060	0.0056	0.0052	0.0049	0.0045	0	0	0
9.4	0.0065	0.0061	0.0057	0.0053	0.0049	0.0046	0	0	0
9.6	0.0066	0.0061	0.0057	0.0053	0.0049	0.0046	0	0	0
9.8	0.0066	0.0062	0.0057	0.0053	0.0050	0.0046	0	0	0
10	0.0067	0.0062	0.0058	0.0054	0.0050	0.0047	0	0	0
10.2	0.0067	0.0062	0.0058	0.0054	0.0050	0.0047	0	0	0
10.4	0.0068	0.0063	0.0058	0.0054	0.0051	0.0047	0	0	0
10.6	0.0069	0.0064	0.0060	0.0055	0.0052	0.0048	0	0	0
10.8	0.0072	0.0067	0.0062	0.0058	0.0054	0.0050	0	0	0
11	0.0075	0.0070	0.0065	0.0060	0.0056	0.0052	0	0	0

با استفاده از ضرایب بدست آمده به محاسبه گشتاور و توان مورد نیاز موتور خواهیم پرداخت.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۳۱: محاسبه گشتاور پروانه

$Q(KNm)$								
	2.48	2.53	2.57	2.62	2.67	2.71	**	**
9	43.13	47.33	51.84	56.70	61.92	67.51	0	0
9.2	43.44	47.67	52.22	57.11	62.36	67.99	0	0
9.4	43.74	47.99	52.58	57.50	62.79	68.46	0	0
9.6	44.03	48.31	52.93	57.88	63.21	68.91	0	0
9.8	44.31	48.62	53.26	58.25	63.61	69.35	0	0
10	44.58	48.92	53.59	58.61	64.00	69.78	0	0
10.2	44.85	49.21	53.91	58.96	64.38	70.20	0	0
10.4	45.10	49.49	54.22	59.30	64.75	70.60	0	0
10.6	46.07	50.55	55.38	60.57	66.14	72.11	0	0
10.8	48.08	52.76	57.80	63.21	69.03	75.26	0	0
11	50.14	55.02	60.27	65.92	71.98	78.48	0	0

جدول ۴-۳۲: محاسبه توان موتور با لحاظ کردن راندمان هیدرودینامیکی و صرف نظر از راندمان شافت

	2.48	2.53	2.57	2.62	2.67	2.71	**	**	**
9	3297.54	3618.50	3963.98	4335.35	4734.05	5161.56	0.00	0.00	0.00
9.2	3289.76	3609.95	3954.61	4325.11	4722.87	5149.37	0.00	0.00	0.00
9.4	3281.58	3600.98	3944.79	4314.36	4711.13	5136.57	0.00	0.00	0.00
9.6	3273.06	3591.64	3934.55	4303.17	4698.91	5123.24	0.00	0.00	0.00
9.8	3264.25	3581.96	3923.95	4291.57	4686.25	5109.44	0.00	0.00	0.00
10	3255.16	3571.99	3913.03	4279.63	4673.20	5095.22	0.00	0.00	0.00
10.2	3245.84	3561.77	3901.83	4267.38	4659.83	5080.63	0.00	0.00	0.00
10.4	3236.32	3551.32	3890.38	4254.86	4646.16	5065.73	0.00	0.00	0.00
10.6	3227.63	3539.65	3878.04	4241.17	4632.27	5050.56	0.00	0.00	0.00
10.8	3392.10	3722.26	4077.64	4459.66	4869.79	5309.56	0.00	0.00	0.00
11	3507.97	3849.41	4216.93	4612.00	5036.14	5490.93	0.00	0.00	0.00

چنانچه از روند طی شده برمی آید، قطرهای امکان پذیر پروانه از تخمین و برآورد تراست و قطر



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

دقیق آن از برآورد گشتاور موتور بدست خواهد آمد. با مقایسه توان مورد نیاز رانشی و درنظر گرفتن راندمان هیدرودینامیکی به این نتیجه خواهیم رسید که در مدل زیردریایی با قطر ۶,۲ متر قطر مورد نیاز پروانه متصل به موتور  $DC$  ۲/۵ متر خواهد بود.

### ۴-۵-۲- مشخصات پروانه با تجهیز زیردریایی به موتور $BLDC$

همین روند برای طراحی مدل‌های زیردریایی مجهز به موتور  $BLDC$  طی خواهد شد. محاسبات متفاوت از محاسبه  $J$  شروع خواهد شد.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۳۳: محاسبه ضریب پیشروی پروانه و راندمان هیدرودینامیک اولیه برای مدل‌های مجهز به موتور *BLDC*

<i>D</i>	6.2			
<i>D<sub>prop</sub></i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
	2.48	4.34	2.48	4.34
<i>L/D</i>	<i>J</i>		$\eta(\text{Hydro})$	
9	0.86479	2.59835	0.39	1.28
9.2	0.86034	2.58035	0.39	1.28
9.4	0.85606	2.56303	0.39	1.28
9.6	0.85193	2.54635	0.40	1.28
9.8	0.84795	2.53026	0.40	1.28
10	0.84411	2.51474	0.40	1.29
10.2	0.84040	2.49974	0.40	1.29
10.4	0.83682	2.48525	0.40	1.29
10.6	0.83335	2.47123	0.40	1.29
10.8	0.82999	2.45765	0.40	1.29
11	0.82674	2.44450	0.41	1.29

جدول ۴-۳۴: بررسی و مقایسه بازه توان موتور حاصل از راندمان و توان مورد نیاز با توان موتور قابل تامین ناشی از تحلیل های

حجمی برای مدل‌های مختلف زیردریایی با قطر ۶٫۲ متر مجهز به موتور *BLDC*

<i>D<sub>prop</sub></i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
<i>L/D</i>	توان تخمینی ناشی از راندمان و توان مورد نیاز		توان موتور قابل تامین ناشی از تحلیل حجم و وزن		درصد پوشش فضای طراحی
9	2462	8034	4587	4550	0.655
9.2	2518	8194	4654	4550	1.836
9.4	2574	8355	4722	4550	2.965



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

9.6	2630	8517	4788	4550	4.046
9.8	2687	8678	4855	4550	5.081
10	2744	8841	4921	4550	6.073
10.2	2801	9003	4986	4550	7.024
10.4	2858	9166	5051	4550	7.936
10.6	2915	9329	5115	4622	7.690
10.8	2973	9493	5180	4798	5.849
11	3031	9656	5243	4978	4.010



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

حال به تصحیح دامنه راندان هیدرودینامیکی و استخراج راندمان پروانه خواهیم پرداخت.

$D$	6.2			
	$min$	$max$	$min$	$max$
$L/D$	$\eta(Hydro)$		$\eta(O)$	
9	0.684	0.690	0.43	0.71
9.2	0.691	0.707	0.43	0.72
9.4	0.698	0.724	0.44	0.73
9.6	0.704	0.741	0.44	0.75
9.8	0.710	0.758	0.44	0.76
10	0.717	0.775	0.45	0.78
10.2	0.723	0.792	0.45	0.79
10.4	0.729	0.810	0.45	0.81
10.6	0.736	0.814	0.46	0.81
10.8	0.742	0.801	0.46	0.79
11	0.748	0.788	0.46	0.78

جدول ۴-۳: استخراج ضریب تراست و تراست پروانه و مقایسه با تراست مورد نیاز رانشی

$D$	6.2					
$D_{prop}$	$min$	$max$	$min$	$max$	$min$	$max$
	2.48	4.34	2.48	4.34		
$L/D$	$K_t$		تراست قابل تامین پروانه با دور ۱۵۰ RPM		تراست مورد نیاز رانشی	
9	0.6164	2.7372	149.39	6221.02	217.22	247.74
9.2	0.6299	2.7890	152.64	6338.77	224.51	255.82
9.4	0.6434	2.8409	155.92	6456.75	231.85	263.96
9.6	0.6569	2.8929	159.20	6574.95	239.26	272.15
9.8	0.6705	2.9450	162.49	6693.38	246.71	280.40
10	0.6842	2.9972	165.79	6812.02	254.23	288.71
10.2	0.6978	3.0495	169.11	6930.86	261.79	297.07



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

10.4	0.7116	3.1019	172.43	7049.91	269.41	305.48
10.6	0.7253	3.1543	175.77	7169.16	277.08	313.94
10.8	0.7391	3.2069	179.11	7288.60	284.81	322.46
11	0.7530	3.2595	182.47	7408.24	292.58	331.02



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

با استفاده از محاسبات آورده شده به برآورد تراست پروانه با حداقل ضریب تراست در قطرهای

مختلف پروانه خواهیم پرداخت.

	<i>T(KN)-Based upon Dp &amp; minimum Kt in 150RPM for all models in D=6.2 m</i>										
	2.48	2.53	2.57	2.62	2.67	2.71	2.76	2.81	2.85	2.90	2.95
9	149.39	160.91	173.09	185.94	199.50	213.79	228.83	244.65	261.28	278.74	297.06
9.2	152.64	164.42	176.86	190.00	203.85	218.45	233.82	249.99	266.98	284.82	303.54
9.4	155.92	167.94	180.65	194.07	208.22	223.13	238.83	255.34	272.70	290.92	310.04
9.6	159.20	171.48	184.45	198.15	212.60	227.83	243.86	260.72	278.44	297.04	316.57
9.8	162.49	175.02	188.27	202.25	217.00	232.54	248.90	266.11	284.20	303.19	323.12
10	165.79	178.58	192.10	206.36	221.41	237.27	253.96	271.52	289.97	309.35	329.69
10.2	169.11	182.15	195.94	210.49	225.84	242.01	259.04	276.95	295.77	315.54	336.28
10.4	172.43	185.73	199.79	214.63	230.28	246.77	264.13	282.39	301.59	321.74	342.89
10.6	175.77	189.33	203.65	218.78	234.73	251.54	269.24	287.86	307.42	327.96	349.52
10.8	179.11	192.93	207.53	222.94	239.20	256.33	274.37	293.33	313.27	334.21	356.17
11	182.47	196.54	211.42	227.12	243.68	261.13	279.50	298.83	319.14	340.47	362.85

با مقایسه بین تراست مورد نیاز و حداقل تراست، به استخراج حداکثر ضریب تراست مورد نیاز در

قطرهای مختلف امکان پذیر پروانه برای مدل زیردریایی با قطر ۶,۲ متر خواهیم پرداخت.

	<i>the availbale Dp And maximum Kt in 150RPM for all models in D=6.2 m</i>										
	2.48	2.53	2.57	2.62	2.67	2.71	2.76	2.81	**	**	**
9	1.022	0.969	1.033	0.962	1.033	0.026	0.402	0.405	0	0	0
9.2	1.056	1.001	1.067	0.995	1.067	0.027	0.411	0.414	0	0	0
9.4	1.089	1.034	1.101	1.027	1.102	0.027	0.420	0.423	0	0	0
9.6	1.123	1.068	1.135	1.061	1.136	0.028	0.429	0.432	0	0	0
9.8	1.157	1.101	1.170	1.094	1.171	0.028	0.438	0.441	0	0	0
10	1.191	1.135	1.205	1.128	1.206	0.029	0.447	0.450	0	0	0
10.2	1.226	1.169	1.240	1.162	1.241	0.029	0.456	0.459	0	0	0
10.4	1.261	1.203	1.275	1.196	1.277	0.030	0.465	0.468	0	0	0



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

10.6	1.296	1.237	1.310	1.230	1.313	0.031	0.474	0.477	0	0	0
10.8	1.331	1.272	1.346	1.265	1.349	0.031	0.483	0.486	0	0	0
11	1.366	1.307	1.382	1.300	1.385	0.032	0.492	0.495	0	0	0

این فرایند طراحی را برای ضریب گشتاور نیز طی خواهیم کرد.



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

<i>the availbale Dp And maximum Kq in 150RPM for all models in D=6.2 m</i>									
	2.48	2.53	2.57	2.62	2.67	2.71	2.76	2.81	**
9	0.1993	0.1889	0.2014	0.1876	0.2015	0.0051	0.0785	0.0791	0
9.2	0.2008	0.1905	0.2029	0.1892	0.2030	0.0050	0.0782	0.0788	0
9.4	0.2022	0.1920	0.2043	0.1907	0.2045	0.0050	0.0780	0.0785	0
9.6	0.2035	0.1934	0.2057	0.1922	0.2059	0.0050	0.0777	0.0783	0
9.8	0.2048	0.1949	0.2070	0.1936	0.2073	0.0050	0.0775	0.0781	0
10	0.2061	0.1963	0.2083	0.1950	0.2086	0.0050	0.0772	0.0778	0
10.2	0.2073	0.1976	0.2096	0.1964	0.2099	0.0050	0.0770	0.0776	0
10.4	0.2085	0.1989	0.2108	0.1977	0.2112	0.0050	0.0768	0.0774	0
10.6	0.2129	0.2034	0.2154	0.2022	0.2158	0.0050	0.0778	0.0784	0
10.8	0.2222	0.2124	0.2248	0.2112	0.2252	0.0052	0.0806	0.0812	0
11	0.2317	0.2217	0.2345	0.2205	0.2349	0.0054	0.0834	0.0840	0

با استفاده از ضرایب بدست آمده به محاسبه گشتاور و توان مورد نیاز موتور خواهیم پرداخت.

جدول ۴-۳: محاسبه گشتاور پروانه

<i>Q(KNm)</i>								
	2.48	2.53	2.57	2.62	2.67	2.71	2.76	2.81
9	119.80	131.46	144.01	157.50	171.99	187.52	204.15	221.95
9.2	120.66	132.40	145.05	158.63	173.22	188.87	205.62	223.54
9.4	121.49	133.32	146.05	159.73	174.42	190.17	207.04	225.08
9.6	122.30	134.20	147.01	160.79	175.57	191.43	208.41	226.57
9.8	123.08	135.06	147.95	161.81	176.70	192.65	209.74	228.02
10	123.84	135.89	148.86	162.81	177.78	193.84	211.03	229.43
10.2	124.57	136.70	149.75	163.78	178.84	194.99	212.29	230.79



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

10.4	125.29	137.48	150.61	164.72	179.87	196.11	213.50	232.11
10.6	127.97	140.43	153.84	168.25	183.72	200.31	218.08	237.09
10.8	133.56	146.56	160.55	175.59	191.74	209.06	227.60	247.44
11	139.27	152.83	167.42	183.10	199.94	218.00	237.33	258.02



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۳۷: محاسبه گشتاور موتور با لحاظ کردن راندمان هیدرودینامیکی و صرف نظر از راندمان شافت

	2.48	2.53	2.57	2.62	2.67	2.71	2.76	2.81
9	2747.95	3015.42	3303.31	3612.79	3945.04	4301.30	4682.84	5090.99
9.2	2741.46	3008.30	3295.51	3604.26	3935.72	4291.14	4671.78	5078.97
9.4	2734.65	3000.82	3287.32	3595.30	3925.94	4280.48	4660.17	5066.34
9.6	2727.55	2993.03	3278.79	3585.97	3915.76	4269.37	4648.08	5053.20
9.8	2720.20	2984.97	3269.96	3576.31	3905.20	4257.86	4635.55	5039.58
10	2712.63	2976.66	3260.86	3566.36	3894.34	4246.01	4622.65	5025.56
10.2	2704.87	2968.14	3251.52	3556.15	3883.19	4233.86	4609.42	5011.17
10.4	2696.93	2959.43	3241.98	3545.72	3871.80	4221.44	4595.90	4996.47
10.6	2731.36	2997.21	3283.37	3590.98	3921.22	4275.33	4654.57	5060.25
10.8	2826.75	3101.88	3398.03	3716.38	4058.16	4424.63	4817.11	5236.97
11	2923.31	3207.84	3514.11	3843.33	4196.79	4575.78	4981.67	5415.86

دوباره قابل ذکر است که، قطرهای امکان پذیر پروانه از تخمین و برآورد تراست و قطر دقیق آن از

برآورد گشتاور موتور بدست خواهد آمد. با مقایسه توان مورد نیاز رانشی و درنظر گرفتن راندمان

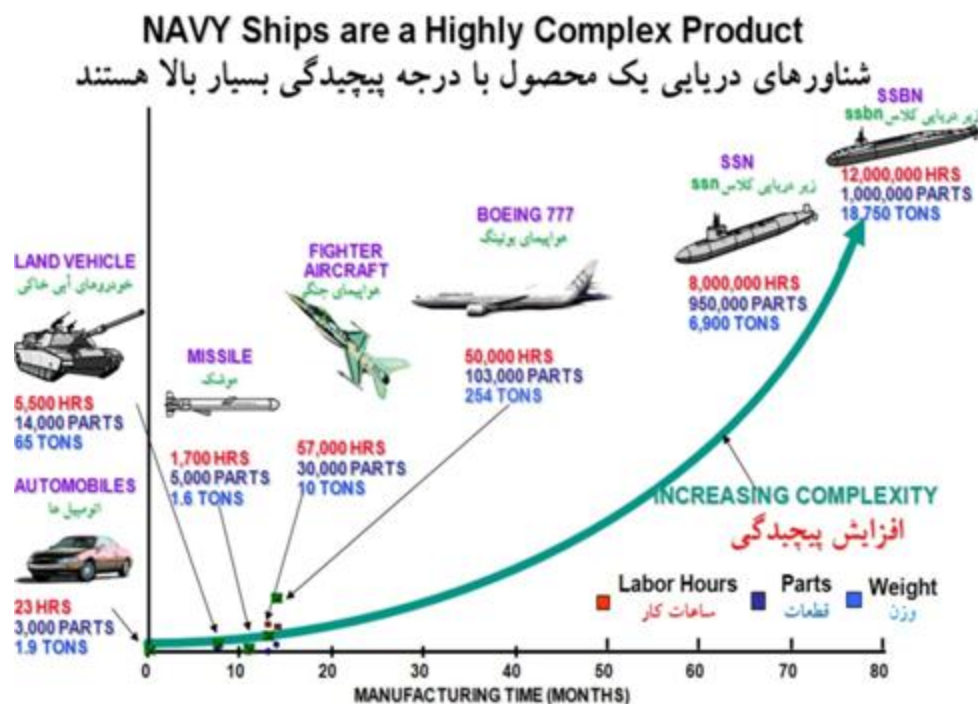
هیدرودینامیکی به این نتیجه خواهیم رسید که در مدل زیردریایی با قطر ۶٫۲ متر قطر مورد نیاز پروانه

متصل به موتور *BLDC* ، ۲/۶۷ متر خواهد بود.



#### ۴-۶- جمع بندی و نتیجه گیری

تکنولوژی طراحی و ساخت زیردریایی های نظامی یکی از پیچیده ترین، دشوارترین و در عین حال پیشرفته ترین فرآیندهای مهندسی می باشد به گونه ای که تعداد ساعت کار لازم، تعداد قطعات و وزن این شناورها حتی به مراتب بیش از هواپیماهای بویینگ ۷۷۷ می باشند. از مقایسه انواع وسایل و تجهیزات دارای پیچیدگی های طراحی، این نکته قابل استنباط است که برای تولید شناورهای زیرسطحی بایستی از سطح دانش و تکنولوژی بسیار بالایی برخوردار بود. کشورهایی نظیر آمریکا، فرانسه، آلمان، روسیه، چین و ... توانسته اند به تولید محصولات متنوعی در این زمینه نائل شوند. کشور ما، ایران نیز از دهه های پیش در زمینه طراحی و ساخت شناورهای زیرسطحی فعال شده است که در این مدت توانسته است پروژه های زیادی را به انجام برساند.



شکل ۴-۱۳: مقایسه پیچیدگی ساخت محرکه های مختلف

از طرفی نیز پیچیدگی های سیستمی یک زیردریایی باعث شده است تا طراحی این محصول علاوه بر نبوغ بالای طراحی و نیز قابلیت سطح تکنولوژیکی، به قابلیت طراحی یکپارچه نیز نیاز شدیدی داشته



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

باشد. این طراحی که موضوع روز علم در دنیا میباشد خود دارای روش‌ها مختلفی برای اجرا می‌باشد. این روش‌ها را در فصل دوم پروژه به تفصیل مورد ارزیابی قرار دادیم. اما بصورت کلی میتوان چنین بیان کرد که طراحی یک زیردریایی با پیچیدگی شدید سیستمی عموماً از یکی از روشهای ترسیمی یا روش گرافیکی، ترسیم و تحلیل و یا روش تحلیلی<sup>۱</sup> انجام میشود که البته دارای پیچیدگی‌های خاصی است و اجرای آن از رموز گروه‌های طراحی محسوب میشود. عموماً روشهای مختلف تابعی است از مسیر طراحی که یک گروه طراح باید بپیماید که البته باید در نظر داشت این مسیر با توجه به ماهیت سعی و خطا بودن فرایند طراحی زیردریایی، تا حد بسیار زیادی تابع توانمندی و اطلاعات اولیه و بانک آماری گروه طراحی است. یک مسیر طراحی نمونه میتواند به مانند آنچه در حلزون طراحی شکل ۴-۱۴ نشان داده شده است، باشد.

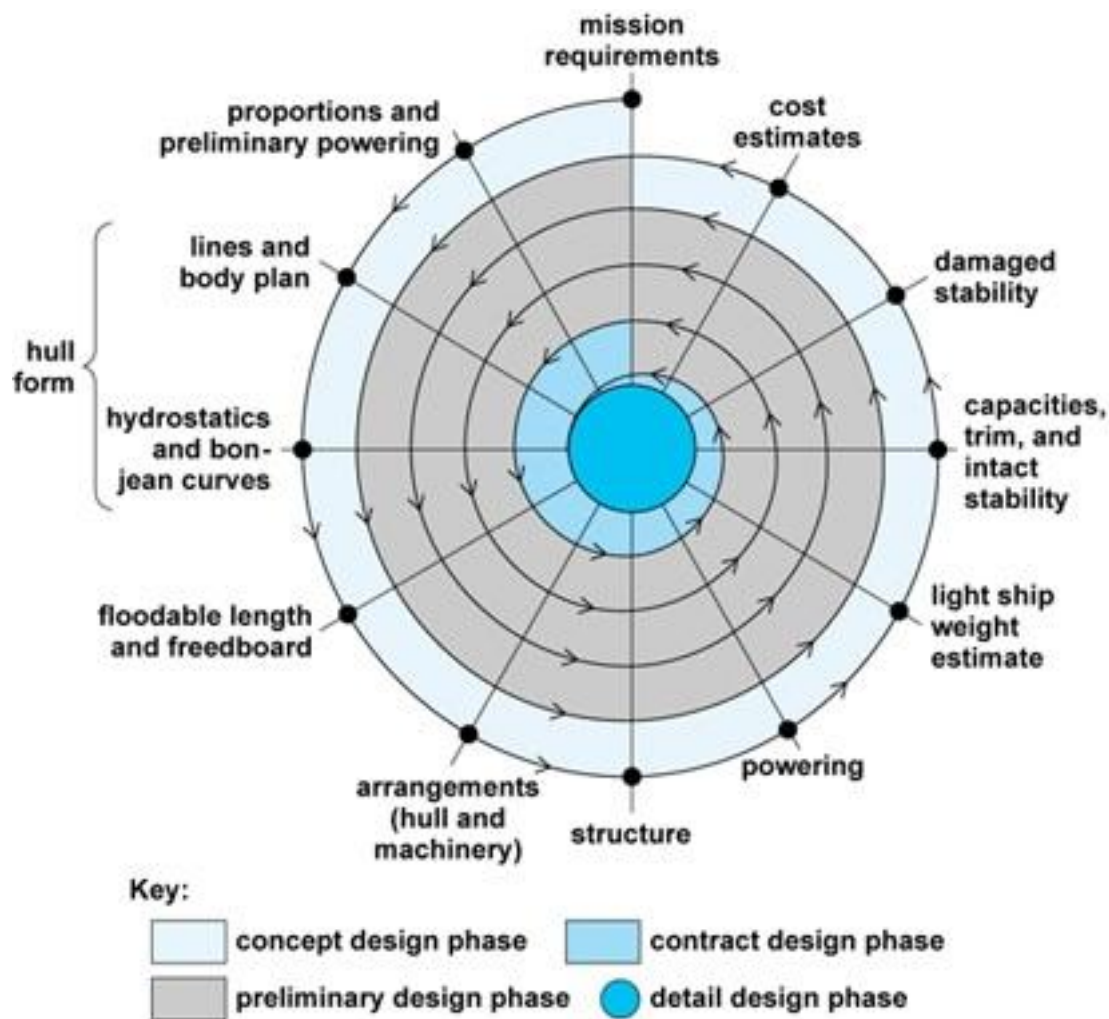
کشور آمریکا با داشتن یک سابقه طولانی در امر طراحی و تولید شناورهای زیرسطحی و سطح تکنولوژیکی بسیار بالا توانسته است تا نرم افزار طراحی یکپارچه مخصوص شناورهای سطحی و زیرسطحی را توسعه دهد. مطالعات انجام شده در قالب پروژه‌های تحقیقاتی در دانشگاه‌های ویرجینیا و MIT در این زمینه بسیار تاثیرگذار بوده‌اند. نداشتن تجربه کشورهای صاحب سبک و نیز عدم دسترسی به نرم‌افزارهای جامع طراحی یکپارچه زیردریایی به مانند آنچه کشور آمریکا از آن بهره می‌برد، نباید سدی در برابر اراده ما به منظور رسیدن به یک طراحی مطلوب و یکپارچه باشد. لذا با توسعه مدلی برای طراحی زیردریایی با نگاه طراحی یکپارچه برگرفته از متدولوژی روز دنیا و بر اساس تجربه و دانش فنی کسب شده در داخل، سعی شده است تا نیازهای این بخش پوشش داده شود.

---

<sup>۱</sup> رجوع شود به بخش ۲-۱-۱- در صفحه ۱۷ گزارش



ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی



شکل ۴-۱۴: حلزون طراحی یک شناور

مدل ارائه شده در این پروژه بخشی از یک پروژه طولانی برای کسب دانش فنی طراحی یکپارچه زیردریایی می باشد که باید در آن تمامی پارامترهای طراحی یک زیردریایی اعم از پارامترهای هیدرودینامیک، پایداری، سازه، برق و رانش، سیستم های فرعی و تسلیحات و دیگر نیازمندی های سیستمی آن پاسخگو باشد. برای بدست آوردن یک زیردریایی در گام اول نیاز است تا پارامترهای عملیاتی زیردریایی مدلسازی شوند و به زبان مهندسی تبدیل گردند و در نهایت با استخراج یک فضای امکان پذیر از مدل ها مشخصات فنی هر کدام از آنها تعیین گردند.

بهینه سازی مدل های توسعه داده شده با استفاده از منطق بهینه سازی چند هدفی انجام می شود. توابع هدف مورد بحث در این حوزه توابع ریسک، اثربخشی محصول، هزینه و قابلیت اطمینان می باشد که



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

البته در کنار حصول حداقل تناژ و ابعاد، مدل‌ها را مورد ارزیابی قرار خواهند داد. درنهایت مراحل مطالعاتی و پژوهشی که در قالب طراحی مفهومی به‌منظور یافتن بهترین الگوی طراحی و استخراج نزدیکترین ورژن به نیازهای کارفرما بر اساس توانمندی‌های ساخت، طراحی و تامین به‌آنها اشاره شد در قالب طراحی مفهومی و مطالعات امکان‌سنجی خود را نشان خواهند داد. تمامی این مراحل نه‌تنها در یک مرحله، بلکه در چندین مرحله انجام می‌پذیرد که در آن با استفاده از معیارهای طراحی که پیش از این بیان شد می‌تواند طراحی بهینه را بدست آورد. معیارهایی که در قبل به‌آنها اشاره شد، معیارهایی هستند که با استفاده از آنها می‌توان الگوهایی را برای انتخاب ورژن‌هایی از طراحی و انتخاب سیستم، تجهیز و یا الگوی طراحی (مثلاً برای بدنه و یا برجک و ...) و نیز منطقی‌ترین راه برای انتخاب بهترین ورژن، بدست آورد. استفاده از نیاز سنجی اولیه و نیز چشم انداز آرشیئتکتوری که به عنوان نیازمندی‌های اولیه تاکتیکی در حلزونی طراحی اسم برده شده است، خط مشی طراحی را مشخص می‌کند. در این مطالعات، طراح با استناد به خواسته‌های کارفرما نوع طراحی، متد آن و کلاس زیردریایی را مشخص می‌کند هدف از این پروژه علاوه بر بسط متدولوژی و روش مدلسازی ترکیبی شناورهای زیرسطحی با ابزار مهندسی وزنی، رسیدن به این نتیجه بود که با تعیین یک دسته از پارامترهای عملیاتی و یک دسته از متغیرهای طراحی مشخص، مشخصات هیدرودینامیکی تا چه حدی میتوانند تحت تاثیر قرارگیرند. امید است این اندک تا حد قابل قبولی توانسته باشد اهمیت مدلسازی پارامترها را بصورت یکپارچه در همان فازهای ابتدایی و اولین گام طراحی مفهومی نشان داده باشد.

برای پوشش اهداف مورد بحث مدل توسعه داده شده در این پروژه پیشنهاد شد و با استفاده از مشخصات فرضی و نزدیک به مدل‌های متنوع از زیردریایی کلاس U209 به صحت سنجی آنها پرداختیم. زیردریایی کلاس U209 آلمان از جمله زیردریایی‌های بسیار تجاری شده و البته عملیاتی و مشهور در دنیا می‌باشند که طراحی اولیه آنها در آلمان انجام شده و کشورهای متعددی نیز مدل‌های متفاوت آنها را در اختیار دارند. این زیردریایی متناسب با مشخصات عملیاتی متفاوت کشورها بصورت مدل‌های مختلفی



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

از تناژ و ابعاد طراحی و تولید شده اند. ۵ نوع مختلف از زیردریایی U209 طراحی و ساخته شده است: نوع 209/1100، نوع 209/1200، نوع 209/1300، 209/1400 و نوع 209/1500. کشور پرتقال نوع U209PN را سفارش داده است که در حقیقت همان نوع 214 می باشد. سازندگان مختلفی در دنیا به عنوان سازندگان اصلی و سازندگان تحت لیسانس این کلاس از زیردریایی مشغول به کار هستند که در جدول ۴-۳۸ به همراه مشخصات کلی این زیردریایی به آنها اشاره شده است. مشخصات فنی زیردریایی-های مختلف کلاس U209 صحت انجام مطالعات و مدل بسط داده شده را برای ما مشخص میکنند. از این جمله میتوان به مشخصات فنی زیردریای کلاس ۱۳۰۰ تنی آن اشاره کرد که در جدول ۴-۳۹ آورده شده است. البته قابل ذکر است که با توجه به متد به کار برده شده در این مطالعات سیستم سلاح مورد نیاز زیردریایی با استفاده از سیستم مشابه با سیستم سلاح زیردریایی U209 جایگزین شده است.

جدول ۴-۳۸: مشخصات کلی

Howaldtswerke-Deutsche Werft Thyssen Nordseewerke Arsenal de Marinha, Rio de Janeiro Mazagon Dock Limited, Mumbai Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Gölcük Naval Shipyard	سازندگان
در زیر ذکر شده اند	اپراتورها
از سال ۱۹۷۱ تا به امروز	طراحی و ساخت
۶۴ فروند	طراحی شده
۶۱ فروند	تکمیل شده
۳ فروند	لغو شده
۶۰ فروند	فعال و یا در دست تعمیر
۱ فروند	از کار افتاده

جدول ۴-۳۹: مشخصات فنی زیردریایی نوع 209/1300

۱۳۹۰ تن	جابجایی (زیرسطحی)
۵۹/۵×۶/۲×۵/۵ متر	ابعاد(از چپ به راست به ترتیب طول، عرض، آبخور)



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

دیزل الکتریک - ۴ دیزل - تک محوره	نیرو محرکه
۵۰۰۰ Shp	
۴ مجموعه باتری ۱۲۰ سلوله	
۱۱ گره دریایی یا ۲۰ کیلومتر بر ساعت	سرعت (سطحی)
۲۱/۵ گره دریایی	سرعت (زیر سطحی)
۱۱۰۰۰ مایل دریایی (۲۰۰۰۰ کیلومتر) در ۱۰ گره ( $20 \frac{km}{h}$ )	برد (سطحی)
۴۰۰ مایل دریایی (۷۰۰ کیلومتر) در ۴ گره ( $7 \frac{km}{h}$ )	برد (زیر سطحی)
۸۰۰۰ مایل دریایی (۱۵۰۰۰ کیلومتر) در ۱۰ گره ( $20 \frac{km}{h}$ )	برد (اسنور کلی)
۵۰ روز	زمان ماندن زیر آب (Endurance)
۳۰۰ متر	ماکزیمم عمق
۲۵۰ متر	عمق عملیاتی
۸ لوله اژدر ۵۳۳ میلی متری و ۱۴ اژدر	تسلیحات
۳۳ نفر	خدمه

مدل توسعه داده شده در این پروژه با نگاه یکپارچه سازی طراحی یک مدل جدید است که این قابلیت را دارد که تمامی پارامترهای طراحی را بصورت هم عرض مدلسازی کند و تاثیر تغییر هر پارامتر عملیاتی و هر متغیر طراحی را در مشخصات محصول نهایی مشاهده کند. این روش در این پروژه به دلیل زمان اندک و نیز حجم بالای آن به بررسی مشخصات هیدرودینامیک و از دسته مشخصات هیدرودینامیک به مشخصات مقاومت، رانش و پروانه محدود شده است. ما در این مدل، با مدلسازی اولیه پارامترهای بارقابل حمل سلاح و عملیات زیردریایی به محدوده های تناژهای متنوع از زیردریایی بر حسب تغییر در ابعاد و نسبت های مختلف طول به قطر، طول بدنه فشار به طول کل، حجم بدنه فشار به تناژ نرمال و ... دست پیدا کردیم. این تغییرات در کل فضای طراحی در گام های بعدی میتواند تغییر هر پارامتر و یا هر متغیر را مورد ارزیابی دقیق قرار دهد. توسعه ای این تغییرات را در محدوده ای تناز امکان-



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

پذیر و نسبت‌های ابعادی ۸ تا ۱۱ طول به قطر نشان داده شده است. شکل ۴-۱۵ نمایش این تغییرات است. حال ما دو دسته اطلاعات مفید برای انجام فاز بعدی مطالعاتمان در اختیار داریم. اطلاعات حجم و تناژ مدل‌های امکان‌پذیر که برای تحلیل‌های حجمی و وزنی کاربرد دارند و اطلاعات ابعادی که با استفاده از لایوت‌ها و فرم‌های استاندارد بدنه میتوان مقاومت و رانش را محاسبه کرد. مقاومت مورد نیاز هر مدل محاسبه شد که بر اساس دسته بندی‌های انجام شده مقاومت حالت زیرسطحی و حالت اسنورکلی مدل‌های مختلف برای سرعت های ۲ الی ۲۰ نات زیرسطحی و ۲ الی ۱۴ نات سطحی محاسبه شد و تعداد باطری، سوخت مورد نیاز و برد حالت اسنورکلی مدل‌ها تعیین گردید. نتایج حاصل از بسط مقاومت و توان مورد نیاز برای مدل‌ها بصورت پارامتریک برای یک قطر امکان‌پذیر بصورت شکل ۴-۱۶ خواهد بود. با مدل‌سازی حجمی وزنی سیستم رانش به میزان سوخت، تعداد باطری‌ها و برد قابل حصول از مدل‌ها دست پیدا کردیم. دیده شد که تغییر در ابعاد زیردریایی خیلی کمتر از تغییر در سرعت زیردریایی در برد حالت اسنورکلی متاثر است که البته امری بدیهی بود. این موضوع برای مدل‌های مختلف زیردریایی در شکل ۴-۱۷ نمایش داده شده است.

با تحلیل‌های حجمی و وزنی زیردریای موتورهای مختلفی را مدل‌سازی کردیم که از دو دسته کلی بودند. نشان دادیم که انتخاب موتور در اولین گام‌های طراحی که البته باید *BLDC* و *DC* موتورهای متناسب با فضای امکان‌پذیر مدل‌های متنوع از زیردریایی باشد، دور موتور و به تبع آن دور پروانه و ابعاد پروانه را تحت تاثر خود قرار خواهد داد. این موضوع اهمیت مدل‌سازی یکپارچه و موازی پارامترها و متغیرهای طراحی را تا حد زیادی نشان داد. البته انتخاب موتور نیز تا حد زیادی برای مدل‌های مختلف با قطرهای مساوری مشابه است لذا پارامترهای پروانه تا حد زیادی در اولین گام‌های طراحی به قطر زیردریایی و قطر موتور متناسب است تا به طول آن. اهمیت این موضوع را میتوان از



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۴۰ مشاهده کرد.

در گام بعدی به مدلسازی پروانه‌های امکان‌پذیر بر اساس انتخاب‌های گوناگون از موتورهای پرداختیم و نشان دادیم که پارامترهای طراحی پروانه علاوه بر تاثیر از پارامترها و متغیرهای هیدرودینامیکی و فرم بدنه، تابعی از پارامترهای عملیاتی و حجمی وزنی زیردریایی نیز می‌باشد. با تعریف فضای تغییرات پارامترهای طراحی پروانه به مدل‌سازی برخی از پروانه‌های امکان‌پذیر پرداختیم. البته اشاره شود که در این حوزه بهینه‌سازی‌های لازم انجام نشده است و تنها به منظور اهمیت مدلسازی یکپارچه و نیز نشان دادن تاثیر پارامترهای حجمی وزنی به امکان‌سنجی پروانه‌ها پرداختیم.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

جدول ۴-۴: مثالی از عدم تغییر حجم موتور برای مدل‌های مختلف در قطر ثابت زیردریایی

نسبت L/D برای قطر ۶،۲ متری	حجم موتور امکان پذیر
9	24.785
9.2	24.602
9.4	24.424
9.6	24.249
9.8	24.078
10	23.911
10.2	23.747
10.4	23.586
10.6	23.624
10.8	23.933
11	24.237

نتایج حاصله نشان دادند که انتخاب موتورهای DC با توجه به ابعاد آنها و امکان‌سنجی حجمی وزنی مدل‌های مختلف، پروانه‌ای را با دورهای بالا می‌طلبد و امکان استفاده از پروانه‌هایی با دورهای پایین مانند آنچه در مدل‌های جدیدتر زیردریایی U209 در قالب زیردریایی‌های کلاس U212 دیده می‌شود، نخواهد داشت. اهمیت سطح تکنولوژی در پارامترهای طراحی هیدرودینامیکی به این شکل خود را نشان دادند. نسل جدیدتر زیردریایی‌های کلاس U209 که با نام U212 شناخته میشوند مجهز به موتورهای BLDC خاص، ساخت شرکت زیمنس هستند که دورهایی نزدیک به ۱۵۰ دور بر دقیقه دارند در صورتی که نسل قبلی زیردریایی‌های این کلاس مجهز به موتورهایی با دور ۵۰۰ دور بر دقیقه بوده است. این موضوع که تغییر موتورها در یک کلاس خاص زیردریایی به چه شکل انجام خواهد شد و تاثیر آن در پارامترهای هیدرودینامیکی و طراحی پروانه به چه شکل است در پروژه حاضر نشان داده شد.

در نهایت مسئله طراحی زیردریایی و یا محصولات دیگر، به نوعی سهل ممتنع خواهد بود. پرداختن به این موضوع از این جهت دارای اهمیت ویژه است که متد و مدل ارائه شده برای طراحی زیردریایی تمام فضای امکان‌پذیر را میتواند نمایش دهد و این عمل در صورتی که بخواهد بصورت سنتی و با استفاده از روش‌های غیر از طراحی یکپارچه انجام شود نیازمند صرف زمان و هزینه‌های بسیار بالاست.



## ارائه مدل کاربردی به منظور امکان سنجی و طراحی مفهومی متمرکهای زیرسطحی

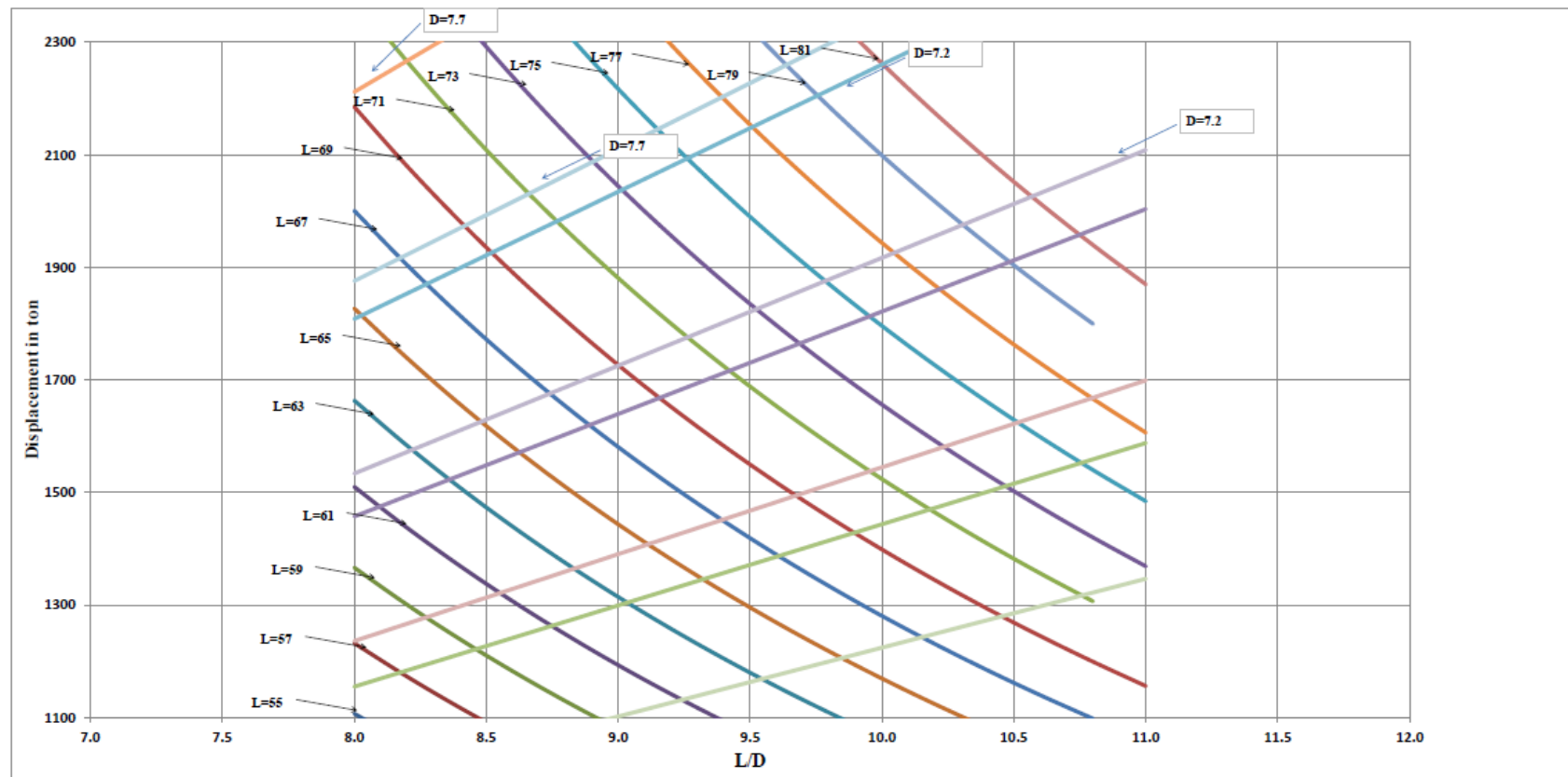
پیشنهاد میگردد که تحقیقات لازم در زمینه بسط این روش و مدل برای پوشش کلیه الزامات جچمی وزنی، پارامترهای هیدرودینامیکی و پایداری و تعیین مشخصات فنی سیستمها و سامانهها بصورت یکپارچه انجام شود و با تعریف توابع بهینه ساز چند هدفی به بهینه سازی مدل‌های امکان‌پذیر زیردریایی‌ها پرداخته شود. صرف زمان و هزینه در این مورد میتوان به تولید دانش فنی بی‌انجامد و از هزینه‌های آتی گروه‌های طراحی تا حد زیادی بکاهد.

امید است با تلاش فراوان و همکاری متخصصان کشور، در آینده‌ای نزدیک شاهد تکمیل پروژه

طراحی یک‌پارچه شناورها باشیم.



## بررسی اثر هیدرودینامیک بر طراحی پایداری زیردریایی در مراحل مختلف



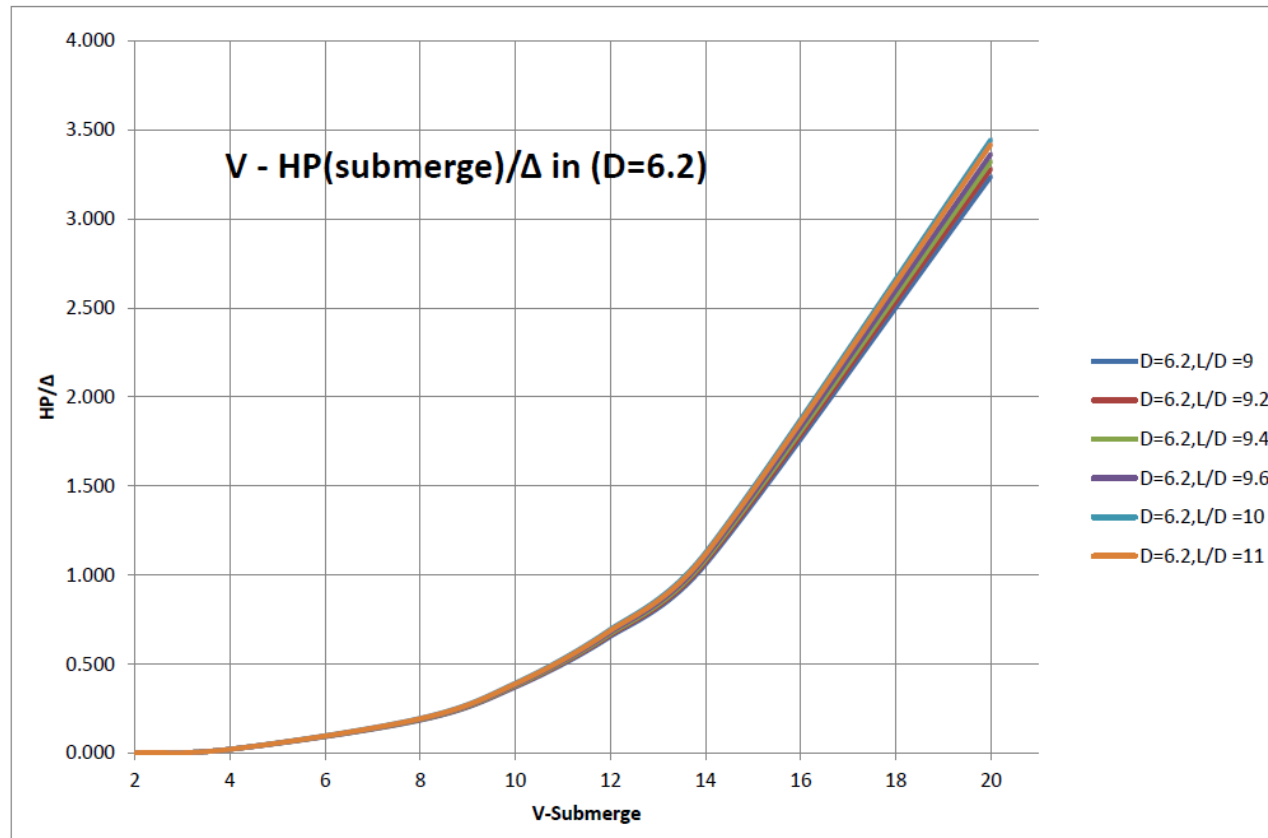
شکل ۴-۱۵: تغییرات تناژ بر حسب تغییرات در نسبت طول به قطر ۸ الی ۱۱ برای طول‌های مختلف امکان‌پذیر و قطرهای مختلف امکان‌پذیر



بررسی اثر هیدرودینامیک بر طراحی پایداری زیردریایی در مراحل مختلف



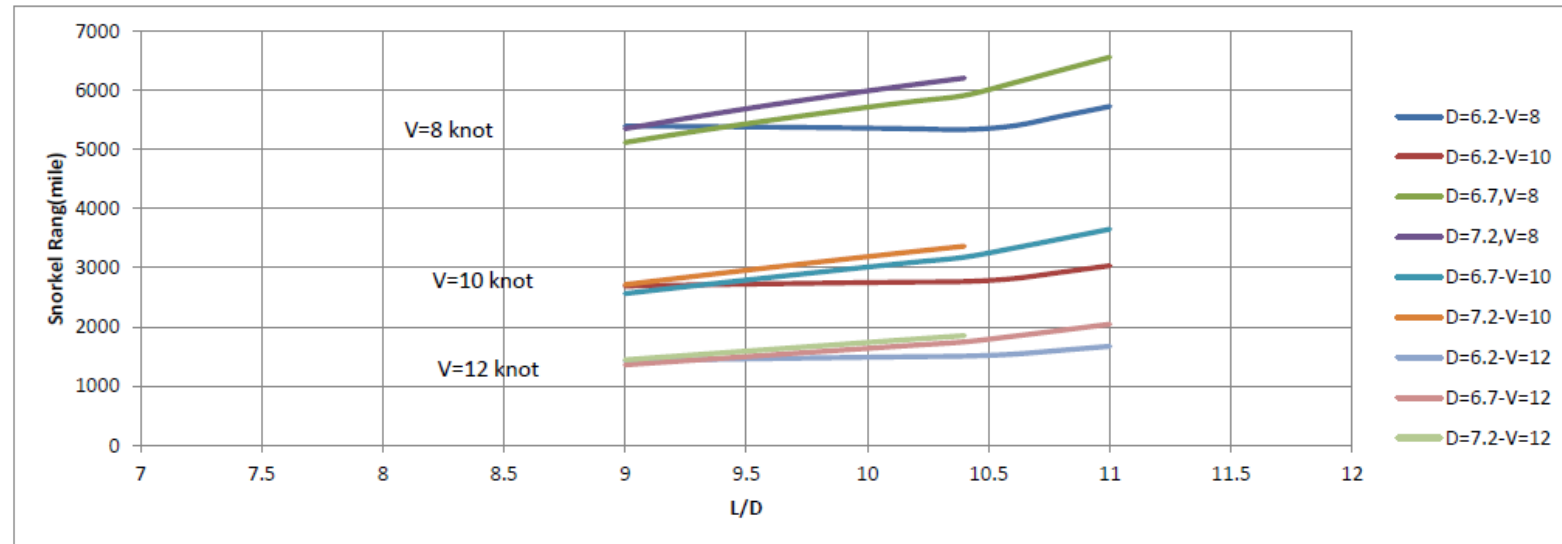
## بررسی اثر هیدرودینامیک بر طراحی پایداری زیردریایی در مراحل مختلف



شکل ۴-۱۶: نسبت توان موثر مدل‌ها به تناژ سطحی برای سطوح‌های مختلف حالت سطحی در یک قطر امکان‌پذیر از مدل‌ها



## بررسی اثر هیدرودینامیک بر طراحی پایداری زیردریایی در مراحل مختلف



شکل ۴-۱۷: تغییر در برد اسنورکلی متناسب با تغییر در نسبت‌های ابعادی و قطر زیردریایی



۵- مراجع

۱. JOHN K, S., *COMPARATIVE NAVAL ARCHITECTURE OF MODERN FOREIGN SUBMARINES*, in *Ocean Engineering*. 1998, MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY.
۲. Torkelson, K.O., *Comparative Naval Architecture Analysis of Diesel Submarines*, in *Department of Ocean Engineering* 2005, Massachusetts Institute of Technology. p. 91.
۳. Team, V.T., *Guided Missile Submarine VT Total Ship Systems Engineering*. 2006: Aerospace and ocean engineering department of Virginia university.
۴. Choi, H., *NAVAL SHIP CONCEPT DESIGN FOR THE REPUBLIC OF KOREA NAVY: A SYSTEMS ENGINEERING APPROACH*, in *NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL*. 2009, MONTEREY, CALIFORNIA.
۵. Chin, J., *Littoral Warfare Submarine(SSLW)*. 2005: Virginia Tech Ocean Engineering.
۶. Henderson, C., *Small Surface Combatant(SSC)*. 2010: Virginia Tech Ocean Engineering
۷. Minnick, L., *A Parametric Model for Predicting Submarine Dynamic Stability in Early Stage Design*, in *Ocean Engineering*. 2006, Virginia Polytechnic Institute and State University. p. 143.
۸. Hause, P.P.a.M., *ISO-15288, OOSEM and Model-Based Submarine Design*, in *APCOSE*. 2012.
۹. A.Jackson, H., *Submarine design note*.
۱۰. Y.N Kormilitsin, O.A.K., *Theory of submarine design*. 2001, saint-petersburg: saint-petersburg state maritime technical university.
۱۱. Ericksen, S., *Management of marine design*. 1989, Trondheim, Norway: Norwegian



*Institute of Technology.*

- .۱۲ *Tellet, D.L., MARINE VEHICLE WEIGHT ENGINEERING. 2011: Society of Allied Weight Engineers.*
- .۱۳ *Moonesun, M., Concept in submarine design. 1388.*
- .۱۴ *Mackay, M., The Standard Submarine Model: A Survey of Static Hydrodynamic Experiments and Semiempirical Predictions. 2003, Defence Research and Development Canada: Defence R&D Canada — Atlantic.*
- .۱۵ *Moonesun, M., Handbook of Naval Architecture Engineering. 1391, MIO.*
- .۱۶ *Hoof, T.J.C.v.T.J.P., HYDRODYNAMIC SUPPORT IN THE DESIGN OF SUBMARINES. MARITIME OF NEW SOUTH WALES, Sydney, 1988: p. 10.*