دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی مکانیک

طراحی شناور زیر سطحی با الهام از طبیعت

پایان نامه کارشناسی ارشد تبدیل انرژی

محمد حسین بخشنده

استاد راهنما
دکتر احمد صداقت
دکتر مهدی مقیمی زند

۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب

چکیده ۱۰

۱-۱ فصل اول ۱۱

۱-۲ مقدمه ۱۱

۱-۳ تعریف ربات زیر سطحی ۱۲

۱-۴ انواع ربات‌های زیر سطحی ۱۳

۱-۵ مقایسه ROV و AUV ۱۶

۱-۶ کاربرد ربات‌های زیر سطحی ۱۷

۱-۷ پیشینه پژوهش ۱۸

۲-۱ مقدمه ۱۹

۲-۲ مفهوم الهام از طبیعت ۲۰

۲-۳ دلیل انتخاب دلفین به عنوان الهامی از طبیعت ۲۳

۲-۴ مروری بر کارهای انجام گرفته ۲۵

۲-۴-۱ کارهای انجام گرفته در زمینه بدنه آبزیان ۲۷

۲-۴-۲ معرفی برنامه تولید هندسه ۳ بعدی دلفین از تصاویر ۲ بعدی ۲۸

۲-۴-۳ شرح اجرا و روند کار برنامه(MATLAB) ۳۰

۲-۴-۴ شرح روند تولید کانتورهای تولید کننده هندسه ۳ بعدی از تصاویر ۲ بعدی ۳۱

۲-۴-۵ ورودی ۳۲

۲-۴-۶ داده های تصویر ضد نور(سایه) ۳۳

۲-۴-۷ داده های تصویر(قید های نقطه‌ای) ۳۴

۲-۴-۸ داده های تصویر(نقطه نظر اولیه) ۳۴

۲-۴-۹ فرموله کردن انرژی ۳۴

۲-۴-۱۰ طرح‌های (ضد نور) و قیدهای انطباق تصویر ۳۵

۲-۴-۱۱ میزان صافی و تنظیم (smoothness and regulation) ۳۶

۲-۴-۱۲ پیوستگی تولید کننده ی کانتور(contour) ۳۷

۲-۴-۱۳ تابع کامل انرژی ۳۷

۲-۴-۱۴ الگوریتم بهینه سازی ۳۷

۳-۱ مقدمه ۳۹

۳-۲ تعریف پروژه ۳۸

۳-۳ روش های دینامیک سیالات محاسباتی(CFD) ۳۹

۳-۴ معادلات حاکم ۳۹

۳-۵ مدل‌های آشفتگی استاتیکی ۴۱
۳-۶ معادلات متوسط‌گیری رینولدز ناویر استوکس ۴۲
۳-۷ مدل‌های اغتشاشی ادی‌ویسکوسیته ۴۳
۳-۷-۱ مدل k-ε ۴۳
۳-۷-۲ مدل k-ω ۴۴
۳-۸ مدل تنش رینولدز ۴۵
۳-۹ مدل سازی جریان نزدیک دیواره ۴۶
۳-۱۰ مراحل انتخاب هندسه مناسب ۴۸
۳-۱۰-۱ مشخصات هندسی شناور ۵۱
۳-۱۰-۲ محل قرار گرفتن بدنه شناور در حجم کنترل ۵۲
۳-۱۰-۳ شرط مرزی تقارن ۵۳
۳-۱۰-۴ شبیه‌سازی نهایی جریان ۵۴
۳-۱۰-۵ شبکه بندی مدل در نرم افزار گمبیت ۵۴
۳-۱۰-۶ مطالعه شبکه ۵۴
۳-۱۰-۶ مش بندی دینامیکی ۵۹
۴-۱ مقدمه ۶۲
۴-۲ نتایج بررسی ۴ مدل شناور ۶۲
۴-۳ بررسی اثر ضخامت دم در مدل C,D ۶۶
۴-۴ مقایسه نتایج بدست آمده از شبیه سازی عددی با یک مدل آزمایشگاهی ۶۸
۴-۵ مقایسه ضریب درگ در حالت دم ثابت و دم متحرک ۶۹
۴-۶ مقایسه ضرایب هیدرودینامیکی بدست آمده از حل عددی برای ۴ مدل ۷۰
۴-۷ بررسی نتایج استفاده ازمدل‌های اغتشاشی(Standard)k-ε و(RNG)k-ε و k-ω برای مدل D ۹۰
۵-۱ مقدمه ۹۳
۵-۲ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۹۴
۵-۳ پیشنهادات ۹۴
مراجع ۹۶

فهرست علائم و نمادها

نمادهای لاتین

مساحت سطح (m^2)	A
زمان (s)	t
تنش برشی	τ
سرعت مماسی	u
مولفه نوسانی سرعت	u_i'
مولفه متوسط سرعت	$\bar{u}_i$
عدد رینولدز	Re
طول شناور (m)	L
انرژی جنبشی توربولانس	k

نمادهای یونانی

چگالی (kg/m^3)	ρ
تابع گسسته سازی	ϕ
لزجت دینامیکی $(Pa.s)$	μ
لزجت موثر گردابه‌ای	μ_{eff}
لزجت سینماتیکی $(m^2 s^{-1})$	ν
ضریب وزنی	β

فهرست اشکال

شکل۱-۱: ربات زیر سطحی KAIKO ساخت ژاپن [۱۷] ۱۴

شکل۱-۲: MKI-ROVساخت هلند[۶] ۱۵

شکل۱-۳: شناور زیر آبی (Caribou AUV) [۶] ۱۷

شکل۱-۴: ربات زیر سطحی هوشمند Hugin ۴۵۰۰ ساخت نروژ[۱۷] ۱۸

شکل۱-۵: فناوری سونار و مسافت سنجی[۵] ۱۹

شکل۱-۶: رباتیک چتر دریایی[۳] ۲۰

شکل۲-۱: نمونه‌ای از تقسیم بندی Bio-inspired ۲۲

شکل۲-۲: ربات دلفین گون[۷] ۲۳

شکل۲-۳: فر آیند کلی طراحی شناور[۸] ۲۴

شکل۲-۴: فرم هشتی‌گون (Anhedral)[۷] ۲۶

شکل۲-۵: توزیع ضریب فشار برای سرعت جریان آزاد ۱m/s [۱۸] ۲۸

شکل۲-۶: : اثر حرکت دم ماهی [۱۲] ۳۱

شکل۲-۷: روند ایجاد هندسه ۳ بعدی از عکس ۲بعدی[۵] ۳۳

شکل۲-۸: نمایش دستورات اجرای برنامه MATLAB [۵] ۳۴

شکل۲-۹: مشبندی مدل از روی عکس‌های ۲بعدی[۵] ۳۴

شکل۲-۱۰ تصویر i از یک شیء با $s_i = \{s_{ij}\}_{j=1}^{S_i}$ [۵] ۳۵

شکل۲-۱۱: سمت چپ:تصویر ضد نور بکار رفته برای استخراج اطلاعات شیء[۵] ۳۷

شکل۲-۱۲: .نقاط گسسته تصویر ضد نور ، s_{ij} و نقاط نرمال n_{ij} [۵] ۳۸

شکل۲-۱۳: روند بهینه سازی هندسه ۳بعدی[۵] ۳۹

شکل۳-۱: ربات لایه‌های مختلف جریان در نزدیک دیواره [۲۴] ۴۰

شکل۳-۲: تعیین نواحی مختلف جریان نزدیک دیواره بر حسب y^+ [۲۴] ۵۰

شکل۳-۳: طراحی شناور با برنامه کتیا ۵۱

شکل۳-۴: مشبندی و شکل مدل A ۵۱

شکل۳-۵: مشبندی و شکل مدل B ۵۱

شکل۳-۶: مشبندی و شکل مدل C ۵۲

شکل۳-۷: مشبندی و شکل مدل D ۵۲

شکل۳-۸: شناور زیر آبی در میدان حل همراه با شرایط مرزی ۵۲

شکل۳-۹: شناور زیر آبی در میدان حل همراه با شرایط مرزی (شرط تقارن) ۵۵

شکل۳-۱۰: نمایش شبکه‌بندی اطراف مدل D,A به روش SIZE FUNCTION ۵۶

شکل۳-۱۱: نمایش شبکه‌بندی ریز و متوسط و درشت بر روی مدل D ۵۶

شکل۳-۱۲ خطوط جریان اطراف بدنه مدل A ۵۷

شکل۳-۱۳: خطوط جریان اطراف بدنه مدل B ۵۷

شکل۳-۱۴: خطوط جریان اطراف بدنه مدل C..... ۵۸
شکل۳-۱۵: خطوط جریان اطراف بدنه مدل D..... ۵۹
شکل۳-۱۶: نمایش ورتکس در انتهای دم شناور..... ۵۹
شکل۳-۱۷: :نمایش ورتکس در صفحه Y-Z (مدل C)..... ۶۰
شکل۳-۱۸: حالت دم زدن (a)..... ۶۱
شکل۳-۱۹: حالت دم زدن (b)..... ۶۲
شکل۳-۲۰: حالت دم زدن (c)..... ۶۲
شکل۴-۱: کانتور فشار در صفحه (Y-Z)، مدل A..... ۶۳
شکل۴-۲: کانتور فشار در صفحه (Y-X)، مدل‌های B..... ۶۳
شکل۴-۳: کانتور فشار در صفحه (Y-X)، مدل C..... ۶۴
شکل۴-۴: کانتور فشار در صفحه (Y-X)، مدلD..... ۶۴
شکل۴-۵: کانتور فشار در صفحه (Y-Z)، مدلC..... ۶۵
شکل۴-۶: کانتور فشار در صفحه (Y-Z)، مدلD..... ۶۵
شکل۴-۷: توزیع سرعت در صفحه (Y-Z)، مدل D..... ۶۶
شکل۴-۸: توزیع سرعت در صفحه (Y-Z)، مدل C..... ۶۶
شکل۴-۹: مدل آزمایشگاهی شناور دلفین[۲۳]..... ۶۲
شکل۴-۱۰: کانتور فشار در صفحه (Y-Z)، مدل A در سرعت (m/s) ۱..... ۷۸
شکل۴- ۱۱:کانتور فشار در صفحه (Y-Z)، مدلA در سرعت (m/s) ۳..... ۷۹
شکل۴- ۱۲: توزیع سرعت در صفحه (Y-Z)، مدل A در سرعت (m/s) ۱..... ۸۰
شکل۴-۱۳: توزیع سرعت در صفحه (Y-Z)، مدل A در سرعت (m/s) ۳..... ۸۰
شکل۴-۱۴: کانتور فشار در صفحه (Y-Z)، مدل B در سرعت (m/s) ۱..... ۸۱
شکل۴-۱۵: کانتور فشار در صفحه (Y-Z)، مدل B در سرعت (m/s) ۳..... ۸۱
شکل۴-۱۶ : توزیع سرعت در صفحه (Y-Z)، مدل B در سرعت (m/s) ۱..... ۸۲
شکل۴-۱۷: توزیع سرعت در صفحه (Y-Z)، مدل B در سرعت (m/s) ۳..... ۸۲
شکل۴-۱۸: کانتور فشار در صفحه (Y-Z)، مدل C در سرعت (m/s) ۱..... ۸۳
شکل۴-۱۹: کانتور فشار در صفحه (Y-Z)، مدل C در سرعت (m/s) ۳..... ۸۳
شکل۴-۲۰ : توزیع سرعت در صفحه (Y-Z)، مدل C در سرعت (m/s) ۱..... ۸۴
شکل۴-۲۱: توزیع سرعت در صفحه (Y-Z)، مدل C در سرعت (m/s) ۳..... ۸۴
شکل۴-۲۲: کانتور فشار در صفحه (Y-Z)، مدل D در سرعت (m/s) ۱..... ۸۵
شکل۴-۲۳: کانتور فشار در صفحه (Y-Z)، مدل D در سرعت (m/s) ۱..... ۸۵
شکل۴-۲۴ : توزیع سرعت در صفحه (Y-Z)، مدل D در سرعت (m/s) ۱..... ۸۶
شکل۴-۲۵: توزیع سرعت در صفحه (Y-Z)، مدل D در سرعت (m/s) ۳..... ۸۶

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس ایزدمنان را که موهبتی دیگر به بنده عنایت فرمود تا این مقطع تحصیلی را نیز با موفقیت به پایان رسانم. انجام این مهم را مدیون حمایت‌های دلسوزانه پدر و مادر مهربانم هستم که در کلیه مراحل زندگی، مشوق و پشتیبان من بوده‌اند.
از اساتید محترم دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی اصفهان بی اندازه سپاسگزارم و بخش زیادی از آموخته‌هایم در این مدت را مدیون ایشان می‌باشم. از اساتید راهنمای عزیزم جناب آقایان دکتر صداقت و دکتر مقیمی‌زنند که در سال‌های تحصیلم در دانشکده مکانیک، و بخصوص در کلیه مراحل این پایان نامه از هیچ کوششی برای راهنمایی بنده فروگذار نکرده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم. از اساتید داور جناب آقای دکتر اشرفی زاده و جناب آقای دکتر توکلی که قبول زحمت فرموده و داوری این پایان نامه را قبول کرده‌اند کمال تشکر را دارم. بی‌شک بدون حمایت پدرانه این عزیزان این امر مهم میسر نبود.

**کلیه حقوق مادی مرتبت بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان‌نامه(رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی
اصفهان است.**

فهرست جداول

جدول۳-۱: ضرایب ثابت برای مدل RNG- ε -k..... ۴۵
جدول ۳-۲: مشخصات هندسی شناور..... ۵۲
جدول۳-۳: مشخصات جریان اطراف مدل در حجم کنترل..... ۵۳
جدول۴-۱: نیروی درگ و ضریب درگ مدل‌های A,B,C,D در سرعت (m/s)۲..... ۶۳
جدول۴-۲: نتایج تجربی و عددی در سرعت(m/s) ۱/۳برای شناور..... ۶۸
جدول۴-۳: نیروی درگ و ضریب درگ مدل‌های A,B,C,D در سرعت (m/s)۳..... ۷۸
جدول۴-۴: نیروی درگ و ضریب درگ مدل‌های A,B,C,D. ۸۹
جدول۴-۵:نتایج نیروی درگ و ضریب درگ مدل D برای ۳ مدل اغتشاشی. ۹۲

.

چکیده

شکل‌های موجود در طبیعت می‌تواند زمینه توسعه تکنولوژی‌های جدید را فراهم سازد. طراحی شناور زیرآبی با الهام از طبیعت همواره توجه بسیاری از مهندسین دریا را به دلایل مختلفی از جمله کاهش هزینه‌های جستجو در اقیانوس واکتشاف منابع جدید به خود جلب کرده است.

هدف اصلی این تحقیق طراحی هندسه جسم زیر آبی با الهام از شکل بدنه و همچنین شبیه سازی آن با استفاده از بر نامه **فلوئنت**[1] در حالت ۳بعدی است. از روی عکس‌های دوبعدی، هندسه سه بعدی بدن دولفین ایجاد و مورد مطالعه قرار گرفته است. سپس با الهام گرفتن از شکل بدنه دلفین، هندسه جسم زیر آبی ودم در برنامه **کتیا**[2] تولید شده است. برای تحلیل مدل در حالت دم زدن نیز از روش مش‌بندی دینامیکی بهره گرفته شده است. همچنین شناور در حالت مستغرق مورد بررسی قرار گرفته است که در آن از اثرات سطح آزاد صرفه نظر شده است. هندسه مناسب با بررسی هیدرودینامیکی بدنه دولفین تحت تغییر شکل‌های دم و بدنه‌های مختلف طراحی شده است. چهار نوع بدنه و دم طراحی شده مورد بررسی قرار گرفته است و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. در این تحقیق مدل‌های توربولانسی Standard k-ε، RNG k-ε و k-ω استفاده شده است. نتایج بدست آمده از این پژوهش حاکی از این مطلب است که با افزایش سرعت در محدوده ۱ تا ۳ متر بر ثانیه نیروی درگ کاهش یافته و با تغییر فرم بدنه شناور زیر آبی میزان رشد نیروی درگ، کاهش می‌یابد. پس از تحلیل عددی هندسه‌های مورد بحث و تطبیق با مدل تجربی متوجه می‌شویم مدل چهارم مناسب‌تر می‌باشد. چون این مدل نیروی درگ کمتری را تحمل می‌کند. در ادامه با الهام گرفتن از حالت دم زدن دلفین در آب، به بررسی مشبندی دینامیکی مدل در حالت ۲ بعدی برای خلق این حرکت اقدام شده است. با مشبندی دینامیکی متوجه می‌شویم هنگامی که شناور در حالت دم زدن است میزان تولید نیروی درگ به میزان کمی کاهش می‌یابد. باید این نکته را در نظر گرفت برای ایجاد حرکت عینی شنای دلفین با مشکلات فراوانی روبرو هستیم و در کار حاضر بدنه دلفین صلب در نظر گرفته شده است و حالت دم‌زدن نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

به منظور بررسی صحت مدل شبیه‌سازی شده، مدل با یک بستر آزمایشگاهی مقایسه شده است. پارامترهای مهم هیدرودینامیکی استخراج وبا نتایج شبیه‌سازی مقایسه شده‌اند که حاکی از انطباق نسبتاً مناسب نتایج است. از این رو می‌توان از مدل شبیه‌سازی شده به منظور بهینه‌سازی و بررسی پارامترهای مورد نیاز استفاده کرد. این امر باعث کاهش هزینه‌های خطا در آزمایش و ساخت خواهد شد.

کلمات کلیدی: شناور زیر آبی، الهام از طبیعت، طراحی هندسه، توربولانس مدل، مش‌بندی دینامیکی، نیروی درگ.

[1] . Fluent
[2] . Catia

فصل اول
مقدمه

۱-۲مقدمه

بیش از ۷۰ درصد سطح زمین توسط آب پوشیده شده است. اقیانوس‌ها دارای حجم وسیعی از منابع معدنی و حیاتی هستند و منابع و صنایع دریایی نقش و تاثیر مهمی در زندگی انسان ها دارند. با توسعه و گسترش صنایع دریایی، امروزه برای انجام بسیاری از فعالیت های مرتبط با کشف و استخراج منابع زیر سطحی، بازرسی و جمع آوری اطلاعات زیست محیطی و تعمیر و نگهداری سازه های ساحلی و دریایی، به کار گیری تکنولوژی خاص وجدیدی برای پاسخگویی به نیازهای روز افزون پیش آمده، ضروری می‌باشد. استفاده از وسایل و ابزار آلات مهندسی که قابلیت به کار گیری در اعماق آب را دارد، کاربری های متنوع در فضا و بستر دریا را ممکن می‌سازد، چنان این امردر سال های اخیر توسعه و گسترش یافته که توانایی بشر را در بررسی، تحقیق و کار در اعماق دریا، به شدت متحول شده است. در بسیاری از صنایع، استفاده از تجهیزاتی که بتوان آن ها را بدون حضور مستقیم نیروی انسانی و از راه دور هدایت وکنترل نمود، کار برد های فراوانی یافته است. از این رو طراحی شناورهای زیر سطحی که به کاربر این امکان را می دهد که در اعماق آب عملیات مورد نظر را انجام دهد بسیار مورد توجه قرار گرفته است. اصل گزینش طبیعی این اطمینان را می دهد که سیستم های مکانیکی که در ماهی‌ها و کوسه ها و آبزیان دریایی بکار گرفته شده است، هر چند لزوما بهینه ترین نیستند، اما اگر ملاحظات مر بوط به محل سکونت و شیوه زندگی هر دسته از این جانداران در نظر گرفته شود در این زمینه بسیار کارا می باشد. به طور مثال ماهی تون با سرعت بالا شنا می‌کند، اردک ماهی در چشم برهم زدن شتاب می گیرد و مار ماهی می تواند ماهرانه به داخل سوراخ های کوچک شنا کند. در میان کوسه ها نیز، می توان به کوسه سرچکشی اشاره کرد که به تازگی اثبات شده که شکل چکشی سر این جانور کمک زیادی در طعمه‌یابی وجهت یابی به این جاندار می‌کند. موقعیت چشم‌ها

به کوسه اجازه می‌دهند که به خوبی یک دوربین دوچشمی، یک محدوده ۳۶۰ درجه‌ای را ببینند. این به این معنا است که آنها می‌توانند در یک زمان هم بالای سرو هم پایین سر خود را ببینند. این نوع کوسه بیشترین نیروی پیشرانش را در میان همنوع های خود تولید می‌کند. همچنین دلفین ها و فرم بدن آنها در طراحی شناورهای زیر دریایی مورد توجه می باشد. توانایی های غالبا قابل توجه این جانداران می‌تواند الهام بخش طراحی های خلاقانه ای باشد که بتواند عملکرد سیستم های ساخت بشر را در محیط‌های آبی بهبود ببخشد. یک نمونه کاربردی که می‌توان در طراحی از این ایده ها بهره ببرد، ماشین‌های اتوماتیک زیر آبی[۳] می‌باشند. این موضوع تا کنون الهام بخش بسیاری از محققان ربوتیک بوده تا مدل‌های جدید سیستم های ربوتیک آبی، برای مثال ربو ماهی را بسازند. هم اکنون ابزار ربوتیکی در حال ایجاد هستند که بتوانند با مطالعه روش های انتقال مکانیزم های به کار گرفته شده توسط حیوانات آبزی و الهام از این موجودات، به ارائه طرح های مفید در این عرصه حاصل شود [۱] .

شکل‌های موجود در طبیعت می‌تواند زمینه توسعه تکنولوژی‌های جدید را فراهم سازد. طراحی شناور زیرآبی با الهام از طبیعت همواره توجه بسیاری از مهندسین دریا را به دلایل مختلفی از جمله کاهش هزینه‌های جستجو در اقیانوس واکتشاف منابع جدید به خود جلب کرده است. اقتباس از مورفولوژی حیوانات زنده، می تواند هدفی برای مهندسین به منظور توسعه راه حل ابتکاری به صورتی فنی باشد. در این زمینه هندسه بدن دلفین بسیار مورد توجه قرار دارد. سرعت های ثبت شده برای حرکت دلفین بیش از (m/s)۱۱ است. مانور های چرخشی به وسیله-ی دلفین ها در نرخ هایی به زیادی deg/s ۴۵۰ با شعاع چرخشی به کمی۱۷ درصد از طول بدنه آنهاست. دانش اندکی که در مورد عملکرد شنای دلفین ها به دست آمده است، زمینه را برای توسعه وسائل بدون سرنشین زیر سطح فراهم کرده است. خصوصیات منحصربفردی که دلفین ها در سرعت، بازده، مستتر بودن و مانور پذیری از خود نشان می دهند، مورد توجه مهندسین دریا برای انتقال این خصوصیات به تکنولوژی UUV[۴] است.

دنیای زیر آب مانند آسمان تا حد زیادی کشف نشده است زیرا دستیابی به آن مشکل است. برای شناخت دنیای زیر آب انسان یا خود سوار بروسیله‌ای باید زیرآب رود یا وسیله ای کنترل شونده را به زیر آب بفرستد و اطلاعات جمع کند. منابع و صنایع دریایی نقش و تأثیر مهمی در زندگی انسان ها دارند. به همین دلیل مطالعه و بررسی بسیاری از مسائل مهندسی، زیست شناسی، تجاری و نظامی مرتبط با دریا، همواره مورد توجه محققان بوده است. با توسعه و گسترش صنایع دریایی و علوم مرتبط با دریا، امروزه برای انجام بسیاری از کاربرد-هایی چون اکتشاف و استخراج منابع زیر آبی، بازرسی و جمع آوری اطلاعات زیست محیطی و تحقیقاتی و نیز نصب، تعمیر و نگهداری سازه‌های ساحلی و دریایی، به کارگیری تکنولوژی خاص و جدیدی ضروری است. استفاده ازوسایل و ابزارآلات مهندسی که قابلیت به کارگیری دراعماق آب را دارند، چنان در سال های اخیر گسترش یافته که توانایی بشر را در تحقیق و کار در اعماق دریا، به شدت متحول نموده است. در بسیاری از صنایع، استفاده از تجهیزاتی که بتوان آن ها را بدون حضور مستقیم نیروی انسانی و از راه دور هدایت و کنترل نمود، بسیار

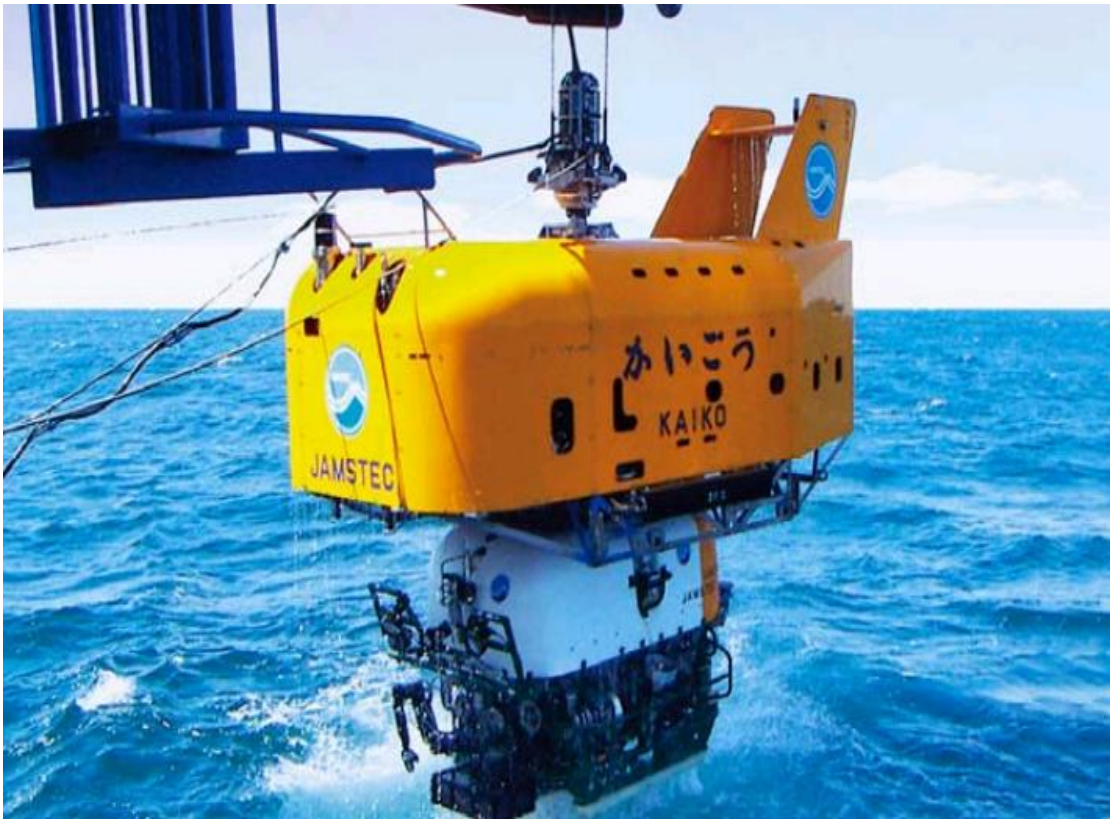
[۳] Autonomous Underwater Vehicle
[۴] Autonomous Underwater Vehicle

مورد نیاز است. این تجهیزات شامل ربات ها و بازو های مکانیکی هستند که قابلیت انجام عملیات از پیش برنامه-ریزی شده و نیز اجرای فرامین لحظه ای کاربر را به نحوی مناسب و دقیق دارند [۹].

در این فصل از پایان‌نامه مقدمه و کلیاتی از موضوع را بیان می‌کنیم. در فصل دوم تحقیقات گذشته در این زمینه را بررسی می‌کنیم و برنامه ارائه دهنده هندسه۳ بعدی دلفین از عکس‌های ۲بعدی را معرفی می‌کنیم. در فصل سوم به بهینه‌سازی طرح و حل عددی هندسه دلفین‌گون در میدان حل می‌پردازیم. در فصل چهار نتایج بدست آمده از حل عددی جریان اطراف مدل شناور ارائه شده است. در ادامه نتایج حاصل از مش‌بندی دینامیکی در دو حالت دم ثابت و متحرک برای شناور نماش داده شده است. در فصل پنجم با بحث درباره نتایج به جمع‌بندی کلی نتایج پرداخته شده و پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده ارائه می‌شود.

۱- ۳تعریف ربات زیر سطحی

ربات زیر سطحی یک وسیله ی نقلیه‌ی پویش گر قابل کنترل از راه دور و یا هوشمند است که به کاربر این امکان را می دهد که این وسیله را در اعماق آب کنترل و هدایت کند. ربات‌های زیرسطحی در اندازه ها وابعاد متفاوت و با گستره متنوعی از تکنولوژی‌ها و امکانات در سال‌های اخیر طراحی، ساخت، آزمایش و به کارگیری شده و حتی در برخی موارد به تولید صنعتی رسیده‌اند. انواع این ربات ها از نمونه‌های کوچک و ساده‌ای که مجهز به دوربین فیلم برداری کوچکی هستند تا گو نه‌های پیشرفته و بسیار پیچیده‌ای که در عمیق‌ترین قسمت دریا امکان انجام عملکردهای متنوع و متعددی را دارند، شامل می شوند. شکل (۱-۱) ربات زیر سطحی KAIKO را نشان می‌دهد. این ربات زیرسطحی بسیار هوشمند، جهت بازرسی اعماق آب می باشد که تا عمق ۱۱۰۰۰ متری قادر به مأموریت می‌باشد. اجزای ربات زیرسطحی که توسط کابل ارتباطی به اپراتور واقع در سطح دریا متصل است، عبارتنداز: سیستم هدایتی جهت کنترل ربات، سیستم رانش، سیستم به آب اندازی، منابع تأمین قدرت و کابل ارتباطی که توان لازم جهت عملکرد پروانه‌ها و نیز دستورات و سیگنال های کنترلی را به ربات داده و داده‌های تولید شده توسط حسگرها را به اپراتور در سطح دریا منتقل می‌کند. ربات‌های زیر سطحی، می‌توانند دارای تجهیزات متفاوتی باشند که از دوربین تلویزیونی کوچک جهت مشاهدات ساده تا مجموعه‌های پیچیده‌ای از ابزار آلات مانند بازو های مکانیکی، دوربین های تلویزیونی و ویدئویی و دیگر ابزارو وسایل پیشرفته را در بر می‌گیرد. امروزه با گسترش و تولید انواع ربات‌های زیر سطحی، توانایی بشر برای انجام عملیات‌های خاص در زیر دریا با وجود احتمال کمترین خطر جانی برای انسان توسعه یافته است [۱۷] .



شکل۱-۱:ربات زیر سطحی KAIKO ساخت ژاپن [۱۷].

۱-٤انواع ربات‌های زیر سطحی

زیر دریایی‌های بدون سرنشین عموما به دو دسته تقسیم می شوند:

- زیر دریایی های اتوماتیک مو سوم به (AUV)[۵] که در آن ها تصمیم گیری تماماً بر عهده‌ی خود وسیله گذاشته می شود.

- زیر دریایی های نیمه اتوماتیک موسوم به (ROV[۶]) که در آن‌ها با استفاده از وسایل گوناگون ارتباطی، به زیر دریایی فرمان داده می شود، که بسته به سطح ارتباط موجود بین وسیله و کاربر خود به زیر شاخه‌هایی تقسیم می‌شوند. نمونه‌ای از ROV را می توانید در شکل(۱-۲) مشاهده کرد.

[۵] Autonomous Underwater Vehicles
[۶] Remotely Operated Vehicle

شکل۱-۲: MKI-ROV ساخت هلند[۶]. شکل۱-۳:شناور زیر آبی (Caribou AUV) [۶].

۱-۵مقایسه ROV و AUV

ROV ها دستگاه‌های شناور در زیر آب بدون سر نشینی هستند که به طور فیزیکی به یک شناور حمایت کننده متصل هستند. اتصال فیزیکی بین یک ROV و شناور حمایت کننده را به عنوان اتصال بند نافی می‌شناسند. اتصال بند نافی معمولاً یک کابل پوشش دار یا بدون پوشش است که شامل یک کانال الکتریکی یا هیدرولیکی برای تأمین قدرت ROV و شناور حمایت کننده می‌باشد. بنابراین یک اتصال بند نافی موارد مورد نیاز برای کنترل از راه دور ROV در حین عملکرد را فراهم می‌کند. ROV ها به طورعادی با سیستم های رانش بر روی خودشان، سیستم های هدایت و راهبری، سیستم های ارتباطی، سیستم های تصویری و نوری وتجهیزات مکانیکی برای رفتن و انجام دادن عملیات در محل مورد نظر تجهیز می‌گردند. به عنوان مثال، پس از رفتن به زیر آب هدایت کننده ROV با استفاده از Joy Stick و سیستم های راهبردی و ارتباطی، وسیله را به محل عملیات انتقال می دهد. سپس تکنسین عملگرهای مکانیکی با دیگر ابزار،ROV را برای انجام وظیفه خاص به کار می‌گیرد. بدین طریق ROV ها می توانند عملیات پیچیده شامل حفاری، حمایت ساخت، تمیز کاری و بازرسی سکوها، دفن کردن یا بررسی کابل های زیر دریایی، نجات زیر دریایی، آب‌های عمیق، تکمیل لوله های زیر دریایی و غیره را انجام دهند. وسایل زیر دریایی خود کنترل (AUV) نوعی دیگر از وسایل بدون سرنشین هستند که به طور فیزیکی به شناور حمایت‌کننده‌ای اتصال ندارند. لازم به یاد آوری است که ROV و AUV در خیلی از موارد بایکدیگر وجوه اشتراک دارند. از تکنولوژی AUV در بسیاری از موارد تحقیقاتی استفاده می‌گردد چرا که با استفاده از این وسایل می‌توان بدون کمک گرفتن از جایی دیگر، اقیانوس و بستر اقیانوس را بررسی کرد [۱۴].

۱-٦ کاربرد ربات‌های زیر سطحی

امروزه ربات های زیر سطحی بخش جدا ناشدنی صنایع و علوم در یایی هستند. در حال حاضر این ربات ها بخش بسیار مهم و قابل اعتمادی از صنایع ساحلی و فرا ساحلی می باشند که توسط نهادهای تجاری، دولتی، نظامی و دانشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ربات های زیر سطحی مدرن، امروزه طیف متنوعی از وظایف محوله را، از بازرسی محیط های خطرناک درون راکتور هسته‌ای گرفته تا تعمیر تأسیسات پیچیده زیر دریایی صنایع نفت و گاز، به انجام می‌رسانند. عموماً ربات های زیر سطحی جهت مأموریت های زیر به کار می روند:

- مشاهدات زیر دریایی
- بازرسی سازه ها و سکوی دریایی وساحلی
- بازرسی از خطوط لوله
- نقشه برداری
- کمک در انجام عملیات حفاری
- کمک به انجام عملیات ساخت
- پاکسازی محیط دریا
- تجهیزات زیر دریایی

۱-٦-۱ کاربرد های نظامی

کاربرد نظامی ربات های زیر سطحی در آغاز به انجام عملیات جست و جو و بازیابی وسایل و تسلیحات غرق شده، محدود می‌گشت. به مرور زمان با افزایش سرمایه گذاری بر روی این تکنولوژِی در صنعت نظامی، قابلیت‌های ربات‌های زیر سطحی در این زمینه نیز افزایش جالب توجهی یافت. یکی از مهم ترین موارد کاربرد ربات‌های زیر سطحی استفاده از آن‌ها در چیدمان و نیز خنثی‌سازی مین‌های جنگی است، که اغلب انجام آن بااستفاده از شناور های سطحی و یا غواصان، مشکل و خطرناک است. استفاده از رباط های زیر سطحی می‌توانند نقش مهمی در طراحی استراتژِی‌های جنگی و تدافعی و تأمین امنیت مرزهای ساحلی درزمان صلح و نیز کشف و خنثی سازی محدوده آب‌های سرزمینی، از مین‌ها و همچنین تسلیحات و ادوات مستعمل به جای مانده از دوران جنگ، داشته باشد. با توجه به گسترش ربات‌های زیر سطحی خود کار، به نظر می‌رسد استفاده از این تکنولوژی در صنایع نظامی بسیار وسیع و مطلوب باشد. چرا که در کاربرد های نظامی اغلب مطلوب است ربات در گستره وسیع حرکت کند و از موانع متعدد گذر کند و لذا مطلوب است که رباط بدون کابل بوده و مجهز به تکنولوژی های پیشرفته کنترل و هدایت از دور باشند . ضمناً بتوانند به صورت خودکار مسیر مطلوب را یافته و نیازی به منبع انرژی خارج از ربات نباشد. شکل (۱-۴) ربات زیر سطحی Hugin ۴۵۰۰ ساخت نروژ با کاربرد نظامی را نشان می‌دهد.

شکل ۱- ۴: ربات زیر سطحی هوشمند Hugin ۴۵۰۰ ساخت نروژ[۱۷].

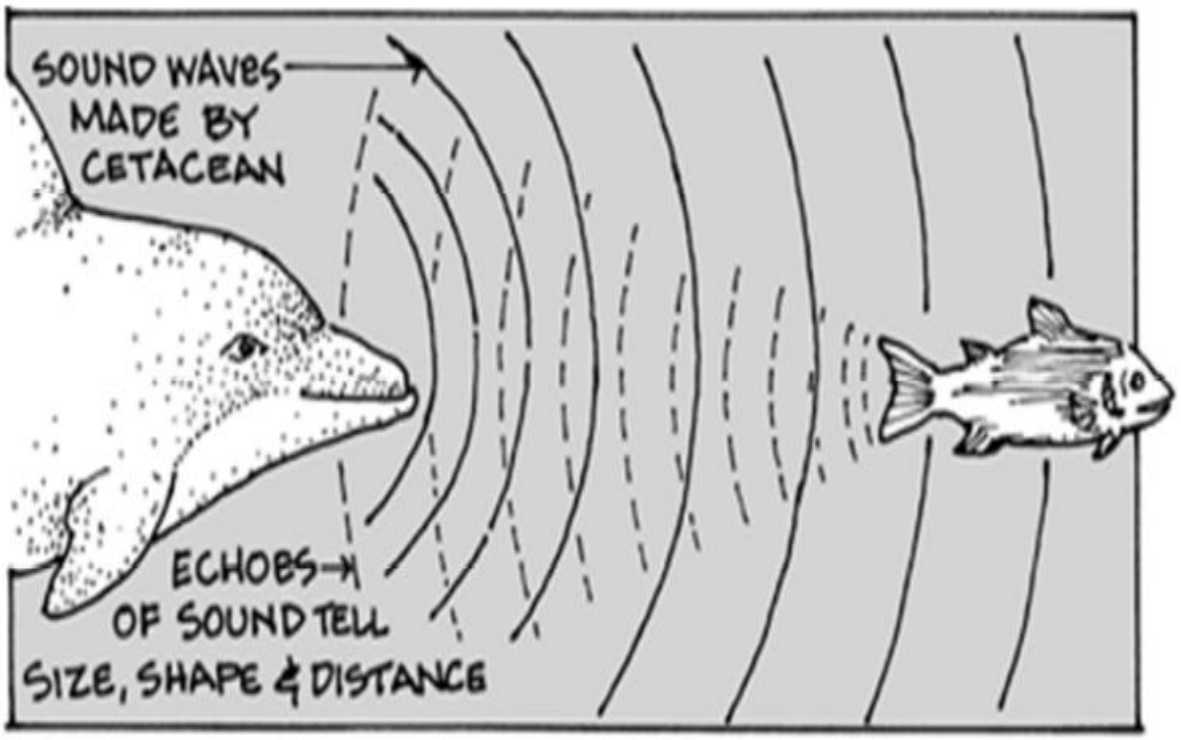
۱-٦-۲ کاربرد های علمی و تحقیقاتی

ضعف تکنولوژی، محققان و دانشمندان را از تحقیق در اعماق دریاها و اقیانوس‌ها برای سال ها و تا اوایل سال ۱۸۷۰ محروم نگاه داشته بود. امروزه روش‌های متعددی برای تحقیق در زیر و بستر دریا فراهم آمده است که از سبد های قابل یدک کشی توسط کشتی تا زیر دریایی‌های نفربر، از آن جمله‌اند. اما ورود تکنولوژِی ساخت و تولید ربات‌های زیر سطحی مجهز به دوربین‌ها و بازوهای مکانیکی ماهر و قدرتمند به این عرصه، امکانات قابل توجهی در اختیار محققان در زمینه‌های زیست شناسی و اقیانوس شناسی قرار داد. توانایی چنین ربات هایی در تهیه فیلم و عکس‌های با کیفیت بسیار بالا از مکان ها و محل هایی در اعماق دریا که پیش از این دست یافتن به آن غیرممکن بوده است، کمک منحصر به فردی به محققان این عرصه نموده است. نمونه های فراوانی از این ربات-های زیر سطحی جهت انجام امور پژوهشی و تحقیقاتی دنیا طراحی و ساخته شده‌اند که در فعالیت هایی نظیر:

- پیمایش میدانی و مشاهدات عینی اعماق و بستر دریا جهت مطالعات زیست شناسی
- نمونه برداری از اعماق وبستر دریا
- نقشه برداری و تهیه عکس و فیلم
- مطالعه و بررسی انواع ماهیان و آبزیان

۱-۷ پیشینه پژوهش

نیکولیس[۷] و همکارانش با الهام از فناوری سونار در خفاش، تحقیقاتی انجام داده اند که بر مدل سر خفاش[۸] تمرکز دارد. در این تحقیق با بررسی چگونگی دریافت سیگنال آکوستیک بوسیله سر و لاله گوش خفاش، به طراحی گیرنده‌های صوتی مبتنی بر این خاصیت پرداخته‌اند[۲]. مولر[۹] به بررسی زوایای ایجاد شده در گوش خفاش وهمچنین به تحقیق در زمینه روند تکاملی این نوع جاندارپرداخته است[۲۲].



شکل۱-۵: فناوری سونار و مسافت سنجی[۵].

الکس [۱۰]به پژوهش در زمینه رباتیک چتر دریایی پرداخته است. اودر حال توسعه یک وسیله نقلیه بدون سرنشین در زیر آب برای دفتر تحقیقات نیروی دریایی می باشد که برای مقاصد نظارتی مورد استفاده قرار می گیرد. این وسیله نقلیه می‌تواند طیف گسترده ای از برنامه های کاربردی برای هر دو مصارف نظامی وغیرنظامی داشته باشد. او در تلاش است با بررسی حرکت و عملکرد طبیعی چتر دریایی، رباتی زیر آبی را طراحی کند. نسل اول از وسیله نقلیه ساخته شده است و در حال حاضر در مرحله آزمایش و تجزیه و تحلیل می‌باشد. در

[۷] Nikolic
[۸] Head-Related Function
[۹] Muler
[۱۰] Alex

ساخت این وسیله از آلیاژ کائوچو و مواد مرکب بهره گرفته شده است. در شکل (۱-۶) می‌توان این ربات را مشاهده کرد[۶].

شکل۱-۶: رباتیک چتر دریایی[۳].

نجم[۱۱] در سال ۲۰۱۲ پروژه ای ارائه کرده است که از کائوچو و مواد مرکب یونی فلزی به عنوان محرکی برای رباتیک چتر دریایی استفاده شده است. مطالعات انجام شده بر روی الکترودهای فلزی، برای تولید نیروی پیشران در این ربات می‌باشد. از خصوصیات فیزیکی این ربات می‌توان به سرعت حرکت به صورت عمودی(mm/s) ۱/۵ اشاره کرد[۳].

ژانگ[۱۲] و همکارانش با الهام از نوعی ماهی[۱۳] (یک گونه از ماهی پهن باله که زیستگاهش در ساحل غرب اقیانوس آرام می باشد) به طراحی و ساخت ربات ماهی پرداخته اند. نتایج حاصل نشان داد که شکل باله یکی از مهم ترین عواملی است که اثر قابل توجهی برسرعت نیروی محرکه، بهره وری از باله رباتیک، و نیروی محرکه در ربات دارد[۱۲].

مونتگمری[۱۴] و همکاران در تحقیقات خود به اندامی منحصر به فرد درمکانیسم حسی ماهی بر خوردند که این امکان را به ماهی می‌دهد که رفتارهای پیچیده را بر اساس تفسیرمکانیک سیالات محلی از خود بروز بدهد. به طور مثال نوعی ماهی [۱۵] قادر به حرکت در محیط های جدید با سرعت بالا بدون برخورد با موانع می باشد. همچنین این خصوصیت، قابلیتی به ماهی می‌دهد که بتواند در محیط تاریک و پیچیده، با دید ضعیف از خود

[۱۱] Najem
[۱۲] Zhang
[۶] Taeniura
[۱۴] Montgomery
[۷] Cavefish