دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مکانیک

طراحی کنترلر فازی چند وظیفه‌ای برای ربات‌های شناور با تراسترهای دو وضعیتی

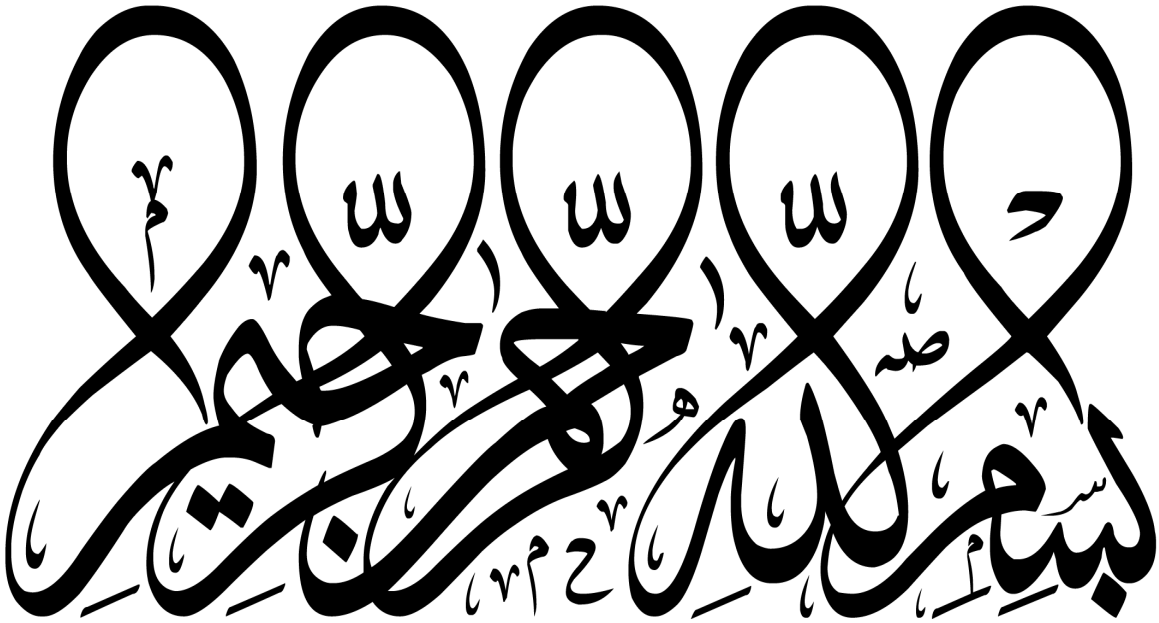
پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک طراحی کاربردی

سعید داداشی

استاد راهنما

دکتر محمد جعفر صدیق

۱۳۹۰


بسم الله الرحمن الرحيم

شکر خداوندی را که اگر لطف و رحمتش نبود این مختصر هیچ گاه به سر منزل مقصود نمی رسید و هر چه بود و هست او ست و ما جز نقشی بر آب نیستیم.

امید آن که طی نمودن این قدم، هر چند کوچک پیشرفتی رو به تعالی به درگاه خداوندی و رضایت مندی ایزد یگانه باشد. فرصت بدست آمده را معتنم شمرده بر خود لازم می دانم یاد عزیزانی کنم که بدون مساعدتشان این رساله هیچ گاه به سرانجام نمی رسید.

در ابتدا از استاد راهنمای پروژه آقای دکتر محمد جعفر صدیق به خاطر فرصت هایی که در اختیار بنده قرار می دادند، کمال قدردانی را دارم.

همچنین از دوستانم معین موحد، حامد پاک نعمت، شهاب جهانفر و محمد امین صافی بدلیل تمامی نکات و مطالبی که در کل دوران تحصیل از ایشان فراگرفته ام سپاسگزارم و برایشان در ادامه مسیر زندگی آرزوی موفقیت و سربلندی می کنم.

تابستان یکهزارو سیصد و نود

تقدیم به

پدر و مادرم

دو همراه همیشگی ام

و

همه آنانی که آزادگی، راه و رسم و آیین اشان است.

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

فهرست مطالب

فهرست مطالب ..... هشت
فهرست اشکال ..... ده
فهرست جداول ..... پانزده
چکیده ۱
۱ فصل اول: مقدمه ۲
۱-۱ ساختار شناورهای زیرآبی ۷
۱-۲ دسته‌بندی شناورهای زیرآبی ۹
۱-۳ کاربردها ۱۲
۱-۴ کلیات مساله ۱۳
۱-۵ مروری بر کارهای انجام شده ۱۶
۱-۶ تعریف مساله ۱۹
۱-۷ محتوای فصول بعدی ۲۲
۲ فصل دوم: سینماتیک معکوس سیستم شناور-بازوی مکانیکی ۲۴
۲-۱ سینماتیک معکوس ۲۴
۲-۲ شبیه سازی عددی ۳۱
۲-۲-۱ مثال اول ۳۲
۲-۲-۲ مثال دوم ۳۷
۲-۲-۳ مثال سوم ۴۱
۳ فصل سوم: طراحی کنترل کننده ی پیوسته ۴۵
۳-۱ معادلات دینامیکی ۴۶
۳-۲ شبیه سازی عددی ۴۸
۳-۲-۱ مثال اول ۴۹
۳-۲-۲ مثال دوم ۵۰
۳-۲-۳ مثال سوم ۵۲
۳-۲-۴ مثال چهارم ۵۳
۳-۳ طراحی کنترلر ۵۵
۳-۴ شبیه سازی عددی ۵۶
۳-۴-۱ مثال اول ۵۷

۳-۴-۲ مثال دوم ۶۱
۳-۴-۳ مثال سوم ۶۶
۴ فصل چهارم: طراحی کنترل کننده ی گسسته ۷۱
۴-۱ روشهای تولید تراست گسسته ۷۲
۴-۲ کنترل کننده بنگ-بنگ ۷۲
۴-۳ مدولاسیون پالس ۷۳
۴-۴ شبیه سازی عددی ۷۶
۴-۴-۱ مثال اول ۷۶
۴-۴-۲ مثال دوم ۸۰
۴-۴-۳ مثال سوم ۸۴
۵ فصل پنجم طراحی مسیر بر مبنای اولویت گذاری درجات آزادی پایه ۸۹
۵-۱ طراحی مسیر با اولویتهای وزن دار برای پایه ۹۰
۵-۲ شبیه سازی عددی ۹۳
۵-۲-۱ مثال اول ۹۴
۵-۲-۲ مثال دوم ۹۹
۶ فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۰۵
مراجع ۱۰۷

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: نمونه‌هایی از رباتهای متحرک زمینی(ماخذ: www.army-technology.com, www.gizmag.com) ... ۳

شکل ۱-۲: نمونه‌ای از سیستمهای رباتیکی شناور آزاد (ماخذ: www.space.com) ۴

شکل ۱-۳: نمونه‌ای از یک سیستم کامل شناور زیر آبی (ماخذ: www.oceanexplorer.noaa.gov) ۵

شکل ۱-۴: شناور زیر آبی کولت (ماخذ: Wikipedia) ۶

شکل ۱-۵ نمونه‌ای از بخش سورتمهای و پک شناور (ماخذ: www.abinitio-energy.com) ۷

شکل ۱-۶: نمونه‌ای از یک تراستر و اجزای آن (ماخذ: www.olds.com.au) ۸

شکل ۱-۷: بازوی مکانیکی و بازوی متصل به وسیله (ماخذ: www.innova.no و www.sub-atlantic.co.uk) ۹

شکل ۱-۸: شناور مکس رووِر (ماخذ: www.deepseasystems.com) ۱۰

شکل ۱-۹: مینی مکس رووِر (ماخذ: www.deepseasystems.com) ۱۱

شکل ۱-۱۰: نمونه‌هایی از دسته‌ی میکرو و مینی (ماخذ: www.woodshole.er.usgs.gov و www.outlandtech.com) ۱۲

شکل ۱-۱۱: خارج شدن نقطه عملیاتی از محدوده دید ۲۱

شکل ۱-۱۲: حرکت ROV به سمت بالا ۲۱

شکل ۱-۱۳: چرخش سیستم حول محور عمود برصفحه ۲۲

شکل ۲-۱: سیستم وسیله-بازوی مکانیکی مورد بررسی ۳۱

شکل ۲-۲: (الف) تابع عضویت مربوط به محدوده دید (ب) تابع عضویت مربوط به α_1 ..... ۳۲

شکل ۲-۳: تابع عضویت مربوط به توزیع حرکت بین پایه و بازوها ۳۳

شکل ۲-۴: تاریخچه زمانی مختصات تعمیم یافته بازوها و دوران پایه ۳۴

شکل ۲-۵: تاریخچه زمانی مختصات تعمیم یافته پایه ۳۴

شکل ۲-۶: پارامترهای وزن دار غیر صفر وظیفه ثانویه ۳۵

شکل ۲-۷: تاریخچه زمانی محدوده دید ۳۵

شکل ۲-۸: مسیر طی شده توسط پنجه ۳۶

شکل ۲-۹: طرح شماتیک ربات در حین انجام عملیات ۳۶

شکل ۲-۱۰: تابع عضویت چرخش پایه ۳۷

شکل ۲-۱۱: تابع عضویت مربوط به α_2 ..... ۳۷

شکل ۲-۱۲: تاریخچه زمانی مختصات تعمیم یافته بازوها و دوران پایه ۳۸
شکل ۲-۱۳: تاریخچه زمانی مختصات تعمیم یافته پایه ۳۹
شکل ۲-۱۴: پارامترهای وزن دار غیر صفر وظیفه ثانویه ۳۹
شکل ۲-۱۵: تاریخچه زمانی محدوده دید ۴۰
شکل ۲-۱۶: مسیر طی شده توسط پنجه ۴۰
شکل ۲-۱۷: طرح شماتیک ربات در حین انجام عملیات ۴۱
شکل ۲-۱۸: تاریخچه زمانی مختصات تعمیم یافته بازوها و دوران پایه ۴۲
شکل ۲-۱۹: مسیر طی شده توسط پایه ۴۲
شکل ۲-۲۰: پارامترهای وزن دار غیر صفر وظیفه ثانویه ۴۳
شکل ۲-۲۱: تاریخچه زمانی محدوده دید ۴۳
شکل ۲-۲۲: مسیر طی شده توسط پنجه ۴۴
شکل ۲-۲۳: طرح شماتیک ربات در حین انجام عملیات ۴۴
شکل ۳-۱: طرحی از سیستم شناور-بازوی مکانیکی ۴۷
شکل ۳-۲: نمایی از شناور-بازوی مکانیکی ۴۸
شکل ۳-۳: مختصات تعمیم یافته وسیله ۴۹
شکل ۳-۴: مختصات تعمیم یافته بازوها ۵۰
شکل ۳-۵: مختصات مرکز جرم کل سیستم ۵۰
شکل ۳-۶: مختصات تعمیم یافته وسیله ۵۱
شکل ۳-۷: مختصات تعمیم یافته بازوها ۵۱
شکل ۳-۸: مختصات مرکز جرم کل سیستم ۵۲
شکل ۳-۹: مختصات تعمیم یافته وسیله ۵۲
شکل ۳-۱۰: مختصات تعمیم یافته بازوها ۵۳
شکل ۳-۱۱: مختصات مرکز جرم کل سیستم ۵۳
شکل ۳-۱۲: مختصات تعمیم یافته وسیله ۵۴
شکل ۳-۱۳: مختصات تعمیم یافته بازوها ۵۴
شکل ۳-۱۴: مختصات مرکز جرم کل سیستم ۵۵

شکل ۳-۱۵: سیستم شناور-بازوی مکانیکی ۵۶
شکل ۳-۱۶: روند طراحی کنترلر ۵۶
شکل ۳-۱۷: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای پایه ۵۸
شکل ۳-۱۸: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای بازوها ۵۸
شکل ۳-۱۹: خطای پیمودن مسیر برای پایه ۵۹
شکل ۳-۲۰: خطای پیمودن مسیر برای بازوها ۵۹
شکل ۳-۲۱: نیروها و گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط پایه ۶۰
شکل ۳-۲۲: گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط بازوها ۶۰
شکل ۳-۲۳: مسیر طی شده توسط پنجه ۶۱
شکل ۳-۲۴: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای پایه ۶۲
شکل ۳-۲۵: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای بازوها ۶۳
شکل ۳-۲۶: خطای پیمودن مسیر برای پایه ۶۳
شکل ۳-۲۷: خطای پیمودن مسیر برای بازوها ۶۴
شکل ۳-۲۸: نیروها و گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط پایه ۶۴
شکل ۳-۲۹: گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط بازوها ۶۵
شکل ۳-۳۰: مسیر طی شده توسط پنجه ۶۵
شکل ۳-۳۱: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای پایه ۶۶
شکل ۳-۳۲: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای بازوها ۶۷
شکل ۳-۳۳: خطای پیمودن مسیر برای پایه ۶۷
شکل ۳-۳۴: خطای پیمودن مسیر برای بازوها ۶۸
شکل ۳-۳۵: نیروها و گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط پایه ۶۸
شکل ۳-۳۶: گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط بازوها ۶۹
شکل ۳-۳۷: مسیر طی شده توسط پنجه ۶۹
شکل ۴-۱: طرحی از روش تولید تراست گسسته ۷۲
شکل ۴-۲: کنترل کننده بنگ-بنگ ۷۳
شکل ۴-۳: کنترل کننده بنگ-بنگ با ناحیه مرده ۷۳

شکل ۴-۴: موج پالسی شکل ۷۳
شکل ۴-۵: طرحی از مدولاتور پالس ۷۴
شکل ۴-۶: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای پایه ۷۷
شکل ۴-۷: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای بازوها ۷۷
شکل ۴-۸: خطای پیمودن مسیر برای پایه ۷۸
شکل ۴-۹: خطای پیمودن مسیر برای بازوها ۷۸
شکل ۴-۱۰: نیروها و گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط پایه ۷۹
شکل ۴-۱۱: گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط بازوها ۷۹
شکل ۴-۱۲: مسیر طی شده توسط پنجه ۸۰
شکل ۴-۱۳: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای پایه ۸۱
شکل ۴-۱۴: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای بازوها ۸۱
شکل ۴-۱۵: خطای پیمودن مسیر برای پایه ۸۲
شکل ۴-۱۶: خطای پیمودن مسیر برای بازوها ۸۲
شکل ۴-۱۷: نیروها و گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط پایه ۸۳
شکل ۴-۱۸: گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط بازوها ۸۳
شکل ۴-۱۹: مسیر طی شده توسط پنجه ۸۴
شکل ۴-۲۰: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای پایه ۸۵
شکل ۴-۲۱: مسیرهای طی شده و مسیرهای مطلوب برای بازوها ۸۵
شکل ۴-۲۲: خطای پیمودن مسیر برای پایه ۸۶
شکل ۴-۲۳: خطای پیمودن مسیر برای بازوها ۸۶
شکل ۴-۲۴: نیروها و گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط پایه ۸۷
شکل ۴-۲۵: گشتاور لازم برای پیمودن مسیر توسط بازوها ۸۷
شکل ۴-۲۶: مسیر طی شده توسط پنجه ۸۸
شکل ۵-۱: مختصات تعمیم یافته بازوها و پایه برای حالت اول ۹۱
شکل ۵-۲: مختصات تعمیم یافته پایه برای حالت اول ۹۱
شکل ۵-۳: مختصات تعمیم یافته بازوها و پایه برای حالت دوم ۹۲

شکل ۵-۴: مختصات تعمیم یافته پایه برای حالت دوم ۹۲
شکل ۵-۵: (الف) شماتیک ربات در حین مانور اول (ب) شماتیک ربات در حین مانور دوم ۹۳
شکل ۵-۶: توابع عضویت ورودی و خروجی اندیس اول ۹۴
شکل ۵-۷: توابع عضویت ورودی و خروجی اندیس دوم ۹۵
شکل ۵-۸: توابع عضویت ورودی و خروجی اندیس سوم ۹۵
شکل ۵-۹: تاریخچه زمانی مختصات تعمیم یافته بازوها و دوران پایه ۹۶
شکل ۵-۱۰: تاریخچه زمانی مختصات تعمیم یافته پایه ۹۶
شکل ۵-۱۱: پارامترهای وزن دار غیر صفر وظیفه ثانویه ۹۷
شکل ۵-۱۲: تاریخچه زمانی محدوده دید ۹۷
شکل ۵-۱۳: مسیر طی شده توسط پنجه ۹۸
شکل ۵-۱۴: خروجیهای موتور استنتاج فازی ۹۸
شکل ۵-۱۵: وضعیت اندیسهای کنترلی ۹۹
شکل ۵-۱۶: تاریخچه زمانی مختصات تعمیم یافته بازوها و دوران پایه ۱۰۱
شکل ۵-۱۷: تاریخچه زمانی مختصات تعمیم یافته پایه ۱۰۱
شکل ۵-۱۸: پارامترهای وزن دار غیر صفر وظیفه ثانویه ۱۰۲
شکل ۵-۱۹: تاریخچه زمانی محدوده دید ۱۰۲
شکل ۵-۲۰: مسیر طی شده توسط پنجه ۱۰۳
شکل ۵-۲۱: خروجیهای موتور استنتاج فازی ۱۰۳
شکل ۵-۲۲: وضعیت اندیسهای کنترلی ۱۰۴

فهرست جداول

جدول ۳-۱: برخی ویژگیهای تراستر SEA MAX THL-404-8 ..... ۸
جدول ۳-۱: برخی ویژگیهای مکس رووِر ۱۰
جدول ۳-۱: ویژگیهای مینی مکس رووِر ۱۱

چکیده

کنجکاوی در محیط اطراف همواره یکی از مهم‌ترین دلایل برای پیشرفت‌های تکنولوژیکی بشر بوده است. در این میان فضا و اعماق آب‌ها همواره از اهمیت خاصی برخوردار بوده‌اند. به علت عدم توانایی انسان برای دسترسی به این محیط‌ها و همچنین به علت خطرات موجود، انسان دست به ساخت وسایلی زد تا جایگزینی برای او در دسترسی به این محیط‌ها شود و همچنین برخی از کارها را همانند کشف منابع موجود، نصب، بازرسی و تعمیر تاسیسات ایجاد شده در این محیط‌ها و ... را برای وی انجام دهد. از جمله‌ی این تجهیزات می‌توان به ربات‌های شناور برای استفاده در فضا و ربات‌های غوطه‌ور برای استفاده در زیرآب اشاره کرد.

ساختار کلی این وسایل از یک پایه‌ی متحرک و یک بازوی نصب شده بر پایه تشکیل شده است. این سیستم‌ها به علت درجات آزادی پایه دارای درجات آزادی بیشتر از حد نیاز برای برآوردن هدف مورد نظر که همانا رسیدن پنجه به موقعیت و جهت دلخواه است می‌باشند و در اصطلاح دارای افزونگی سینماتیکی هستند و همین امر سبب می‌شود که مساله‌ی سینماتیک معکوس آن‌ها دارای حل‌های بیشماری گردد و می‌توان از همین مطلب استفاده کرده و در کنار انجام وظیفه اصلی اهداف کنترلی ثانویه‌ای را برآورده ساخت. در این تحقیق سعی شده است تا یک روش مناسب برای حل سینماتیک معکوس بر خط این سیستم‌ها با توانایی اولویت دهی به وظایف ارائه شود و و با توجه به آن که انجام وظایف در این نوع از سیستم‌ها هم از طریق کنترل حرکت پایه و هم از طریق کنترل بازوی سینماتیکی امکان پذیر است، یک کنترلر فازی وظیفه انتخاب نوع حرکت را بر عهده دارد. در ادامه قصد داریم یک کنترل کننده برای این سیستم طراحی کنیم، با توجه به نوع مساله مورد علاقه یعنی تعقیب مسیر توسط یک ربات و همچنین طبیعت غیرخطی معادلات حرکت با استفاده از روش گشتاور محاسبه شده کنترل کننده‌ای برای سیستم شناور-بازوی مکانیکی مورد مطالعه طراحی شده است و در این راه از حل سینماتیک معکوس بدست آمده به عنوان مسیرهای مطلوب در طراحی کنترلر استفاده شده است. در کاربردهای فضایی این سیستم‌ها برای کنترل موقعیت لازم است به جای استفاده از عملگرهای پیوسته از عملگرهای گسسته یا تراسترهای دو وضعیتی به عنوان پیشران پایه استفاده کنیم. تراسترهای دو وضعیتی که با نام تراسترهای روشن-خاموش نیز شناخته می‌شوند تنها دو مقدار نیرویی می‌توانند در اختیار قرار دهند. در ادامه با استفاده از تراسترهای دو وضعیتی و بکارگیری روش مدولاسیون پالس به مساله کنترل این سیستم پرداخته شده است. در نهایت با توجه به آن که یک خواسته می‌تواند با ترکیب‌های متفاوتی از حرکت در درجات آزادی پایه به انجام برسدکه الزاما از لحاظ ملاحظات عملی یکسان نیستند، با استفاده از یک روش فازی تصمیم گیری برای چگونگی استفاده از درجات آزادی پایه انجام گرفته است.

کلمات کلیدی: وسیله-بازوی مکانیکی، سینماتیک معکوس، کنترلر فازی، اولویت وظایف، تراستر دو وضعیتی، مدولاسیون پالس

فصل اول

مقدمه

کنجکاوی در محیط اطراف یکی از عوامل مهم پیشرفت انسان به شمار می‌رود. این محیط را می‌توان به سه بخش عمده‌ی خشکی‌ها، فضا و اقیانوس‌ها تقسیم کرد. در آغاز کاوش انسان بر روی خشکی آغاز شد که این امر سبب پیشرفت‌های تکنولوژیکی انسان چه در زمینه‌ی وسایل حمل و نقل، برای آسایش بیشتر، و چه در زمینه‌ی تجهیزات پیشرفته‌ی علمی گردید. پس از فتح دریاها، در مرحله‌ی بعد انسان قدم در راه فضا نهاد و برای پاسخ گفتن به سوالات بیشمار خود در این زمینه دست به ساخت فضاپیماها و شاتل‌ها زد.

در دهه‌های اخیر اعماق اقیانوس‌ها توجه انسان را به خود جلب کرده است. انسان ابتدا با استفاده از غواصان و تجهیزاتی که در اختیار او بود به کاوش در اقیانوس‌ها پرداخت و پس از دریافتن محدودیت‌های خود در نفوذ به عمق اقیانوس‌ها و برای داشتن تصویر روشن‌تر از زیر آب، دست به ساخت تجهیزاتی برای اکتشاف این دنیای شگفت‌انگیز و بهره‌برداری از منابع موجود در آن زد که یکی از نتایج آن ساخت شناورهای زیر آبی است که امکان دست‌یابی به اطلاعات بیشتری را در اعماق آب‌ها فراهم می‌سازد.

با توجه به آن که در این مطالعه قصد داریم به یک حوزه از ربات‌های با پایه‌ی متحرک وارد شویم لازم است تا مختصری در مورد ربات‌های با پایه‌ی متحرک صحبت کنیم. ربات‌های پایه متحرک این امکان را برای ما فراهم می‌سازند تا در محیط مربوطه قابلیت حرکت داشته باشیم و در واقع فضای عملیاتی گسترده‌ای را بدست می‌هند.

ربات‌های با پایه‌ی متحرک را می‌توان به سه بخش ربات‌های متحرک زمینی، ربات‌های شناور یا فضایی و ربات‌های غوطه‌ور یا زیرآبی تقسیم کرد.

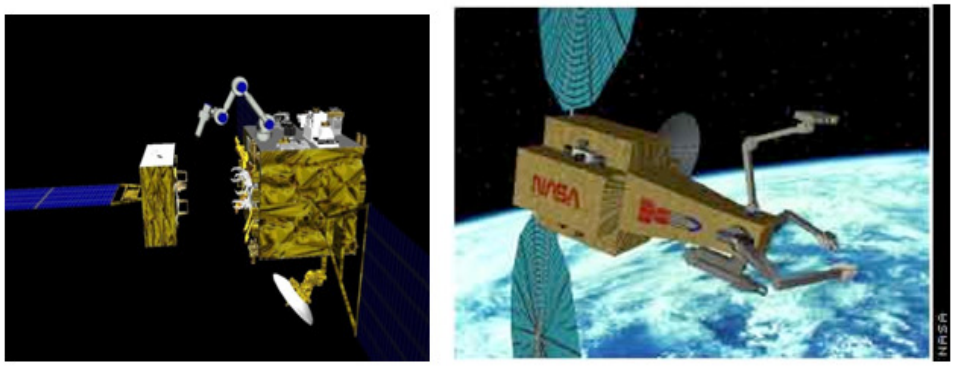
در دسته‌ی اول محیط کاری ربات‌ها بر روی زمین است و حرکت آن‌ها در محیط اطراف توسط یک پایه‌ی متحرک امکان‌پذیر می‌شود که انواع مختلفی از پایه‌های متحرک با توجه به شرایط محیطی‌ای که ربات در آن به کار گرفته می‌شود وجود دارد. یکی از حوزه‌های پرکاربرد برای این ربات‌ها حوزه‌ی فعالیت‌های نظامی است که از آن‌ها برای کشف و خنثی سازی میدان‌های مین و یا خمپاره‌ها و موشک‌های عمل نکرده استفاده می‌شود. از دیگر حوزه-های فعالیت این ربات‌ها می‌توان به ربات‌های امدادگر که در حوادث زلزله و یا ریزش آوار از آن‌ها استفاده می‌شود اشاره کرد. شکل(۱-۱) تعدادی از ربات‌های پایه متحرک زمینی را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۱: نمونه‌هایی از ربات‌های متحرک زمینی(ماخذ: www.army-technology.com ,www.gizmag.com)

دسته‌ی دوم که محیط کاری آن‌ها در فضا است ربات‌هایی هستند که در اصطلاح ربات‌های شناور[1] نامیده می-شوند. در سال‌های اخیر ربات‌های فضایی نقش قابل توجهی را در کاربردهای فضایی داشته‌اند از این ربات‌ها می‌توان در بازرسی، گرفتن تصاویر، تعمیر ماهواره‌های آسیب دیده و نصب قطعات مورد نیاز بر روی ایستگاه‌های فضایی استفاده کرد. شکل (۱-۲) تعدادی از ربات‌های مربوط به این دسته را نشان می‌دهد.

از آن‌جایی که بخشی از کار ما به این حوزه اختصاص پیدا می‌کند در بخش‌های بعدی اشارات بیشتری را به این دسته خواهیم کرد.

[1] .Free-Floating Robots



شکل ۱-۲: نمونه‌ای از سیستم‌های رباتیکی شناور آزاد (ماخذ: www.space.com)

دسته‌ی سوم ربات‌های غوطه‌ور هستند که محیط کاری آن‌ها در زیرآب می‌باشد و بخشی از کاری که ما قصد انجام آن را داریم در این دسته جای می‌گیرد، به همین دلیل برای آشنایی بیشتر با این دسته از ربات‌ها در ادامه به معرفی دقیق‌تر این سیستم‌ها می‌پردازیم.

در محیط‌های فضایی و اقیانوس‌ها با توجه به محدودیت‌های زیادی که برای انسان وجود دارد، انجام بسیاری از کارها برای انسان دشوار و چه بسا ناممکن می‌شود و انسان برای آن که بتواند انجام این کارها را ممکن سازد از سیستم‌هایی که به طور کلی از آن‌ها با نام سیستم‌های رباتیکی شناور آزاد نام برده می‌شود، استفاده می‌کند. این سیستم‌ها از یک وسیله یا پایه که امکان جابجایی و حرکت را در محیط امکان‌پذیر می‌سازد و یک بازوی مکانیکی برای انجام کار تشکیل شده‌اند. در واقع ساختار کلی وسیله‌هایی که از آن‌ها برای انجام کار در محیط‌های فضایی و اقیانوس‌ها استفاده می‌شود بسیار شبیه به هم هستند.

شناورهای زیر آبی را می‌توان به دودسته‌ی باسرنشین و بدون سرنشین تقسیم کرد. در دسته بدون سرنشین نیز می‌توان یک تقسیم‌بندی انجام داد که به دو دسته‌ی مرتبط با کابل و غیر مرتبط با کابل تقسیم می‌شوند. شناورهای بدون سرنشین و مرتبط با کابل که آن‌ها را وسایل کنترل از راه دور[1] زیر آبی می‌نامیم سیستم‌هایی هستند که توسط یک کابل به کشتی مادر متصل می‌شوند و دستورات کنترلی را از آن‌جا دریافت می‌کنند.

شناورهای بدون سرنشین غیرمرتبط با کابل که آن‌ها را وسایل زیرآبی خودکار[2] می‌نامیم، در واقع سیستم‌هایی هستند که بر اساس برنامه‌ای که از قبل به آن‌ها داده شده است و به طور خودکار در زیرآب به انجام کار می‌پردازند.

از آن‌جا که هدف کلی در مساله‌ی مورد بررسی طراحی سیستم کنترل وسیله زیرآبی بوده، لذا در این متن هر دو نوع این سیستم‌ها را با نام شناورهای زیرآبی می‌شناسیم.

---

[1] .Remotely operated vehicle

[2] .Autonomous underwater vehicle

یک وسیله کنترل از راه دور یا ROV یک شناور زیر آبی است که از کشتی مادر و توسط اپراتورها کنترل می-شود. شکل (۱-۳) نمونه‌ای کلی از یک سیستم شناور در زیر آب را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۳: نمونه‌ای از یک سیستم کامل شناور زیر آبی (ماخذ: www.oceanexplorer.noaa.gov)

این تجهیزات در صنایع آب‌های عمیق مثل استخراج منابع هیدروکربنی در نواحی دور از سواحل مورد استفاده قرار می‌گیرند. همان‌طور که گفته شد شناورهای زیرآبی مرتبط با کابل بوسیله‌ی یک کابل به کشتی مادر متصل می-شوند. این ابزار اتصال متشکل از دسته‌ای از کابل‌ها است که انرژی الکتریکی و سیگنال‌های اطلاعاتی و ویدئویی را بین کشتی مادر و وسیله انتقال می‌دهند.

اکثر شناورهای زیرآبی به دوربین ویدئویی و چراغ‌های روشنایی مجهز هستند. تجهیزات اضافی دیگری نیز معمولا اضافه می‌شوند تا قابلیت سیستم را افزایش دهند. این تجهیزات می‌تواند شامل ردیاب صوتی، بازوهای مکانیکی یا پنجه‌ی برنده، نمونه‌گیر آب، ابزارهایی که وضوح آب و نفوذ نور و دما را اندازه‌گیری می‌کنند، باشد.

دردهه‌ی ۶۰ میلادی نیروی دریایی سلطنتی انگلیس یک شناور زیر آبی کنترل از راه دور با نام کولت[1] را برای جمع‌آوری اژدرهای تمرینی به کار گرفت. شکل(۱-۴) این شناور را نشان می‌دهد.

[1] . Cutlet

شکل ۱-۴: شناور زیر آبی کولت (ماخذ: Wikipedia)

نیروی دریایی ایالات متحده آمریکا در سال‌های ۱۹۶۰ میلادی سرمایه‌گذاری عظیمی را در این زمینه انجام داد که منجر به توسعه تکنولوژیکی این گونه از وسایل گردید.این سیستم‌ها توانایی انجام عملیات نجات در آب‌های عمیق و بازیابی اشیاء، مثل بازیابی بمب هسته‌ای گم شده در دریای مدیترانه پس از سانحه‌ی هوایی مربوط به هواپیمای B-52 در سال ۱۹۶۶، را در اختیار ما قرار دادند.

وجود میدان‌های گاز و نفت در درون دریا موجب ساخت شناورهای زیرآبی کلاس کاری[1] شد تا به توسعه‌ی میدان‌های نفتی دریایی کمک کنند. پس از گذشت یک دهه از معرفی شناورهای زیرآبی در دهه‌ی ۸۰ میلادی زمانی که دیگر توسعه‌ی میدان‌های نفتی توسط غواصان امکان‌پذیر نبود به یکی از ابزارهای ضروری در این حوزه تبدیل شدند. طی سال‌های ۱۹۸۰ میلادی صنعت ROV با رکودی جدی در پیشرفت‌های تکنولوژیکی مواجه شد که آن هم به دلیل سقوط قیمت نفت و رکود اقتصاد جهانی بود. پس از پشت سر گذاشتن بحران اقتصادی پیشرفت‌های تکنولوژیکی در این رابطه شتاب گرفت و تا به امروز ادامه یافته است به گونه‌ای که امروزه بسیاری از کارها در حوزه‌های مختلفی توسط این وسایل انجام می‌گیرد. محدوده‌ی کاری آن‌ها، از بازرسی ساده از سازه‌های زیر دریا و بازرسی خطوط لوله و سکوهای نفتی تا اتصال خطوط لوله را در بر می‌گیرد.

شناورهای زیرآبی برای پیداکردن مکان بسیاری از کشتی‌های غرق شده‌ی تاریخی همانند کشتی تایتانیک، کشتی بیسمارک و کشتی اِس‌اِس سنترال آمریکا به کار گرفته شده‌اند. در برخی از موارد مثل کشتی اِس‌اِس سنترال-آمریکا، شناورهای زیرآبی برای بازیابی مواد و اشیاء از کف دریا و آوردن آن‌ها به سطح آب نیز استفاده شده‌اند.

[1] . Work Class

به هر حال با توجه به پتانسیل بالای شناورهای زیرآبی بدون سرنشین می‌توان برای انجام بسیاری از کارها در زیر آب از آن‌ها بهره گرفت. بیشتر از نیمی از اقیانوس‌های زمین دارای عمقی بیشتر از ۳۰۰۰ متر می‌باشند و این عمق، عمق رایج کاری برای اکثر شناورهای زیرآبی بدون سرنشین می‌باشد.

۱-۱ ساختار شناورهای زیرآبی

شناورهای زیرآبی مرسوم فعلی با استفاده از یک پک بزرگ با قابلیت شناوری بر روی شاسی آلیاژی یا فولادی ساخته می‌شوند تا نیروی شناوری لازم را فراهم آورند. یک قسمت سورتمه مانند در زیر سیستم کار گذاشته می‌شود که می‌تواند انواع مختلفی از سنسورها، سنسورهای عمق‌سنج و سنسورهای ردیاب صوتی[1]، را در خود جای می‌دهد. شکل (۱-۵) نمونه‌ای از این بخش سورتمه مانند و پک شناور را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۵ نمونه‌ای از بخش سورتمه‌ای و پک شناور (ماخذ: www.abinitio-energy.com)

با قرار دادن سیستم‌های شناوری و روشنایی در بخش بالایی و اجزاء سنگین در سطح زیرین، کل سیستم دارای یک فاصله‌ی زیاد بین مرکز شناوری و مرکز جرم می‌گردد که همین کار موجب می‌شود تا پایداری و صلبیت لازم برای انجام کار در زیر آب فراهم آید.

علاوه بر سیستم کلی بیان شده در بالا، شناورهای زیرآبی دارای اجزاء دیگری هستند که در زیر به توضیح این اجزاء می‌پردازیم. یکی از این اجزاء همان‌طور که در بخش‌های پیشین توضیح داده شد و در شکل‌ها نیز قابل

[1] .Sonar