دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کشتی‌سازی و صنایع دریایی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی کشتی‌سازی- هیدرومکانیک کشتی

طراحی و ساخت مدل تریماران و انجام تستهای مانور بر اساس تست آزاد

نگارش

داوود پورشمس

اساتید راهنما

دکتر حمید زراعتگر

دکتر حسن قاسمی

اسفند ۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

بسمه تعالی

فرم اطلاعات پایان‌نامه
کارشناسی - ارشد و دکترا

تاریخ:
شماره:

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: **داوود پورشمس** دانشجوی آزاد ● بورسیه ○ معادل ○

شماره دانشجوئی: **۸۵۱۳۰۰۲۶** دانشکده: مهندسی کشتی سازی رشته تحصیلی: مهندسی کشتی سازی گروه: هیدرومکانیک

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: **دکتر حسن قاسمی** درجه و رتبه: **دانشیار**

نام و نام خانوادگی: **دکتر حمید زراعتگر** درجه و رتبه: **استادیار**

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

عنوان پایان‌نامه به فارسی :طراحی و ساخت مدل تریماران و انجام تستهای مانور بر اساس تست آزاد

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی: design & manufacturing a model of trimaran for performing maneuver tests based on free running test

نوع پروژه: کارشناسی ○ ارشد ● دکترا ○ سال تحصیلی:

کاربردی ● بنیادی ○ توسعه‌ای ● نظری ○

تاریخ شروع : **۱۳۸۶/۷/۱** تاریخ خاتمه : **۸۷/۱۲/۱۸** تعداد واحد : ۶ سازمان تأمین کننده اعتبار : **سازمان صنایع دریایی -گروه صنایع شناورهای اثر سطحی**

واژه‌های کلیدی به فارسی: شناورتندرو، مانور، زاویه یاو، زاویه سکان، موقعیت شناور، تست مدل آزاد.

واژه‌های کلیدی به انگلیسی : HSC, maneuver, yaw angle, vessel position, free running model test

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات ۱۷۵	تصویر ● جدول ● نمودار ● نقشه ○ واژه‌نامه ○	تعداد مراجع ۱۳	تعداد صفحات ضمائم ۴۱
زبان متن	فارسی ●	انگلیسی ○	چکیده	فارسی ● انگلیسی ●
یادداشت				

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد: **دکتر حسن قاسمی**

دانشجو: **داوود پورشمس**

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

۱ : ارائه به معاونت پژوهشی به همراه یک نسخه الکترونیکی از پایان‌نامه و فرم اطلاعات پایان‌نامه بصورت PDF همراه چاپ چکیده (فارسی انگلیسی) و فرم اطلاعات پایان‌نامه

۲ : ارائه به کتابخانه دانشکده (شامل دو جلد پایان نامه به همراه نسخه الکترونیکی فرم در لوح فشرده طبق نمونه اعلام شده در صفحه خانگی کتابخانه مرکزی)

چکیده

نیاز مبرم و ضروری به یک پایگاه داده‌ها از اطلاعات تست‌های مانورپذیری شناور تندرو با مقیاس واقعی به علاوه ارزیابی مانورپذیری شناور به صورت تجربی و سنجش پارامترهای مختلف مانور با مقادیر حدی پیشنهاد شده توسط IMO، همگی بیانگر اهمیت بررسی مانور شناور به صورت تجربی است.

از طرفی عدم تطابق مانور مدلهای کوچک با شناور با مقیاس واقعی، منجر به تغییر روند پروژه از "طراحی و ساخت مدل تریماران و انجام تست‌های مانور بر اساس تست مدل آزاد" به "انجام تست‌های مانور شناور تریماران" گردید. شناور مورد تست، شناوری کامپوزیتی به طول ۷ متر، و محل انجام تست، حوضچه آرامش صنایع شهید محلاتی بوشهر است. زاویه یاو، زاویه سکان و موقعیت شناور در زمان‌های مختلف، به عنوان پارامترهای کلیدی در تست‌های مانور شناخته می‌شوند. جهت اندازه‌گیری و ثبت پارامترهای مذکور، یک سیستم ثبت داده طراحی و مونتاژ گردید؛ سپس داده خروجی از سیستم‌های اندازه‌گیری دریافت و پردازش شده تا منحنی‌های شناخته شده مانور استخراج گردد. بدین منظور از سنسور $3DM-GX1$، زاویه سنج الکتریکی-مکانیکی و سیستم موقعیت‌یاب جهانی نسبی $Trimble\ DSM\ 232\ DGPS$ استفاده شده است. با تنظیم دستورالعمل تست و تجهیز کردن شناور با تجهیزات فوق‌الذکر، تست‌های شتاب‌گیری، ترمز نرمال، دورزدن، زیگزاگ و قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه انجام شده است؛ جهت ارزیابی مانور شناور، نتایج تست‌ها با مقادیر حدی پیشنهاد شده توسط IMO موردمقایسه قرار گرفته است.

کلمات کلیدی

شناور تندرو، مانور، زاویه یاو، زاویه سکان، موقعیت شناور، تست مدل آزاد.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱۱

۱-۱- مقدمه ۱۲

۱-۲- تاریخچه تست‌های مانور با مقیاس کامل ۱۵

فصل دوم: اصول تست‌های مانور ۱۶

۲-۱- مانور حلزونی دیدون یا مستقیم ۱۸

۲-۲- مانور حلزونی معکوس ۲۳

۲-۳- مانور پول‌آوت ۲۴

۲-٤- مانور زیگزاگ ۲۶

۲-۵- آنالیز توانایی چرخش شناور ۲۸

۲-٦- مانور شناورهای تندرو ۳۱

۲-٦-۱- تنظیم دفترچه مانور براساس آیین‌نامه HSLC-DNV ۳۱

۲-٦-۲- معیارهای مانورپذیری IMO ۳۳

فصل سوم: تجهیزات مورد نیاز و اساس کار آنها ۳٤

۳-۱- *Trimble DSM 232 DGPS* ۳۵

۳-۱-۱- سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ۳۵

۳-۱-۲- سیستم موقعیت‌یاب جهانی نسبی (DGPS) ۳۷

۳-۱-۳- دریافت کننده سیستم موقعیت‌یاب جهانی *Trimble DSM 232* ۳۹

۳-۱-۳-۱- مشخصات کلی دریافت کننده ٤۰

۳-۱-٤- فرمت خروجی دستگاه ٤۱

۳-۱-۵- دقت دستگاه ٤۱

۳-۱-٦- پورت‌های اتصال دریافت کننده ٤۲

۳-۱-۷- پانل جلویی دریافت کننده ٤۲

۳-۱-۸- نحوه اتصال آنتن و دریافت کننده به کامپیوتر ٤۳

۳-۲- سنسور اندازه‌گیری $3DM-GX1$ ٤٤

۳-۳- زاویه سنج الکتریکی-مکانیکی سکان ٤٦

فصل چهارم: دستورالعمل انجام تست‌های مانور ٤۹

٤-۱- دستورالعمل تست‌های مانور شناور سه بدنه بر اساس آیین‌نامه HSLC-DNV ۵۰

٤-۱-۱- انطباق زاویه سکان با زاویه‌سنج الکتریکی-مکانیکی ۵۰

٤-۱-۲- تعیین سرعت‌های بکار گرفته شده در تست‌های مختلف ۵۱

٤-۱-۳- تست دورزدن در سرعت و جهات متفاوت ۵۲

٤-۱-٤- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو در سرعت و جهات متفاوت ۵۵

٤-١-٥- تست شتابگیری شناور ٦٠
٤-١-٦- تست ترمز نرمال ٦٠
٤-١-٧- تست زیگزاگ در سرعت‌ها وزوایای متفاوت ٦١
٤-١-٨- تست حلزونی ٦٣
٤-١-٩- تست پول‌آوت ٦٣
٤-٢- نصب سنسورهای ثبت مانور بر شناور سه بدنه ٦٤
٤-٢-١- نصب آنتن DGPS روی شناور ٦٤
٤-٢-٢- نصب دو عدد $3DM-GX1$ روی شناور ٦٧
٤-٢-٣- نصب زاویه‌سنج الکتریکی-مکانیکی سکان ٧٠
٤-٣- نمونه داده‌های خروجی سنسورها ٧٦
٤-٣-١- نمونه داده خروجی سیستم DGPS ٧٦
٤-٣-١-١- داده‌های خروجی DGPS با فرمت GGA ٧٦
٤-٣-١-٢- داده‌های خروجی DGPS با فرمت VTG ٧٧
٤-٣-٢- نمونه داده خروجی سنسور $3DM-GX1$ ٧٧
٤-٣-٣- نمونه داده خروجی زاویه‌سنج الکتریکی-مکانیکی سکان ٧٨
فصل پنجم: تحلیل نتایج تست‌های مانور ٨٠
٥-١- الگوریتم ریاضی حاکم بر مسأله ٨١
٥-١-١- یکسان سازی تعداد نمونه‌های ثبت شده در هر ثانیه ٨٢
٥-١-٢- فیلتر کردن داده‌های خام دو سنسور $3DM-GX1$ ٨٢
٥-١-٣- میانگین‌گیری از داده‌های فیلتر شده دو سنسور $3DM-GX1$ ٨٤
٥-١-٤- محاسبه مشتقات اول و دوم زاویه یاو ٨٤
٥-١-٥- محاسبه طول مسیر طی شده ٨٥
٥-١-٦- دوران محورهای مختصات جهت نمایش مسیر طی شده شناور طبق دستگاه مختصات متحرک مانور ٨٥
٥-١-٧- محاسبه زاویه دریفت شناور و smooth کردن آن ٨٥
٥-١-٨- smooth کردن سرعت ٨٦
٥-١-٩- smooth کردن و فیلتر کردن داده‌های سنسور زاویه سکان ٨٦
٥-٢- تحلیل نتایج تست‌های مانور ٨٦
٥-٢-١- تست شتابگیری شناور ٨٧
٥-٢-٢- تست ترمز نرمال ٩١
٥-٢-٣- تست دورزدن ٩٥
٥-٢-٤- تست زیگزاگ ١١٣

۵-۲-۵- تست توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو ۱۲۳
جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۱۳۲
ضمائم ۱۳٤
ضمیمه الف ۱۳۵
الف-۱- تشریح تست‌های مانور انجام شده روی یک شناور تک بدنه آلومینیومی با مقیاس کامل ۱۳٦
الف-۲- مانور حفظ مسیر ۱۳۸
الف-۳- دور زدن ۱۳۸
الف-٤- تست توانایی دورزدن اولیه ۱٤۰
الف-۵- مانور زیگزاگ ۱٤۰
الف-٦- مانور حلزونی ۱٤۱
الف-۷- مانور توقف ۱٤۱
ضمیمه ب ۱٤۳
ب-۱- تعریف پایداری حرکت ۱٤٤
ب-۲- پایداری مسیر با تجهیزات کنترلی ثابت و فعال ۱٤۵
ب-۳- معادلات عمومی حرکت ۱٤۷
ب-٤- پارامترها و حرکات موثر در مانورپذیری شناور ۱٤۹
ب-۵- بسط تیلور تابع یک متغیره ۱۵۱
ب-٦- بسط تیلور تابع دو متغیره ۱۵۱
ب-۷- نیروها و ممان‌های کنترلی ۱۵۵
ب-۸- آنالیز حفظ مسیر و تعادل با تجهیزات کنترلی ثابت ۱۵۷
ب-۹- کنترل و پایداری ۱٦۵
ب-۱۰- مانورهای معین کننده ۱٦٦
ب-۱۱- سه فاز یک تست دورزدن ۱٦۷
ب-۱۲- اندیس‌های دورزدن و حفظ مسیر **K** و **T** ۱٦۹
منابع و مراجع ۱۷۵

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- جانمایی کلی شناور به همراه آنتن DGPS و محفظه‌های آببند حاوی سنسور $3DM-GX1$ ۱۳
شکل ۲-۱- رابطه بین سرعت زاویه‌های و تغییر زاویه سکان در کشتی‌های پایدار و ناپایدار.....۱۹
شکل ۲-۲- رابطه بین زاویه هیل و ممان هیل دهنده(برگرداننده) برای کشتی پایدار و ناپایدار.....۲۰
شکل ۲-۳- نتایج مانور حلزونی با سه فاصله زمانی متفاوت.....۲۳
شکل ۲-٤- مانور حلزونی معکوس ۲٤
شکل ۲-۵- نمایش نتایج تست پول‌آوت.....۲۵
شکل ۲-٦- مانور زیگزاگ.....۲۸
شکل ۲-۷- تست دورزدن.....۳۰
شکل۳-۱- نمونه‌ای از سیستم موقعیت یاب جغرافیایی(GPS) ۳٦
شکل ۳-۲- مقایسه انواع روش‌های موقعیت‌یابی از نقطه نظر ایجاد خطا.....۳۷
شکل ۳-۳- اساس کار سیستم DGPS ۳۸
شکل۳-٤- انواع سیستم‌های موقعیت‌یابی توسط ماهواره.....۳۸
شکل ۳-۵- آنتن DGPS، دریافت کننده و کابل‌ها ۳۹
شکل ۳-٦- دریافت کننده *Trimble DSM 232 GPS* ۳۹
شکل ۳-۷- نمایی از پورت‌های اتصال دریافت کننده ٤۲
شکل ۳-۸- نمایی از پانل جلویی دریافت کننده ٤۳
شکل ۳-۹- نحوه اتصال آنتن و دریافت کننده به کامپیوتر ٤۳
شکل ۳-۱۰- سنسور $3DM-GX1$ ٤۵
شکل ۳-۱۱- محفظه آببند سنسور $3DM-GX1$ سمت چپ شناور.....٤۵
شکل ۳-۱۲- سنسور زاویه سنج الکتریکی-مکانیکی سکان.....٤۷
شکل ۳-۱۳- سنسور زاویه سنج الکتریکی-مکانیکی سکان نصب شده بر موتور شناور ٤۷
شکل ۳-۱٤- سنسور زاویه سنج الکتریکی-مکانیکی سکان از نمایی دیگر.....٤۸
شکل ٤-۱- آنتن DGPS نصب شده بر بال شناور در پاشنه شناور ٦٤
شکل ٤-۲- آنتن DGPS نصب شده بر بال شناور از نمایی دیگر ٦۵
شکل ٤-۳- آنتن DGPS نصب شده بر بال شناور، دید از بالا ٦۵
شکل ٤-٤- آنتن DGPS نصب شده بر بال شناور، دید از بالا (نمای کامل) ٦٦
شکل ٤-۵- آنتن DGPS نصب شده بر بال شناور، دید از عقب.....٦٦
شکل ٤-٦- محفظه آببند در برگیرنده سنسور $3DM-GX1$.....٦۷
شکل ٤-۷- محفظه آببند در برگیرنده سنسور $3DM-GX1$، سمت چپ شناور ٦۷
شکل ٤-۸- محفظه آببند در برگیرنده سنسور $3DM-GX1$، سمت راست شناور ٦۸
شکل ٤-۹- محفظه‌های آببند در برگیرنده سنسورهای $3DM-GX1$، سمت راست و چپ شناور.....٦۸
شکل ٤-۱۰- محفظه‌های آببند در برگیرنده سنسورهای $3DM-GX1$، از نمایی دیگر ٦۹
شکل ٤-۱۱- محفظه‌های آببند در برگیرنده سنسورهای $3DM-GX1$، از نمایی دیگر ٦۹

شکل ٤-١٢- محفظه‌های آببند در برگیرنده سنسورهای $3DM-GX1$، دید از بالا (نمای کامل شناور).....٧٠
شکل ٤-١٣- اتصال تکیه‌گاه عمودی زیرین به جک هیدرولیک.....٧١
شکل ٤-١٤- اتصال تکیه‌گاه جانبی به بال عمودی شناور ٧٢
شکل ٤-١٥- نحوه اتصال تکیه‌گاه جانبی به بال عمودی شناور ٧٢
شکل ٤-١٦- اتصال تکیه‌گاه عمودی فوقانی به بال افقی شناور ٧٣
شکل ٤-١٧- موقعیت قرارگیری سه تکیه‌گاه نسبت به هم ٧٣
شکل ٤-١٨-نصب صفحه زیرین سنسور و سنسور به تکیه‌گاه مکانیکی.....٧٤
شکل ٤-١٩- تکمیل مراحل نصب سنسور(پوشیده شده در نایلون جهت جلوگیری از نفوذ آب به درون سنسور) و تکیه‌گاه مکانیکی ٧٥
شکل ٤-٢٠- سنسور و تکیه‌گاه مکانیکی از نمایی دیگر ٧٥
شکل الف-١- جانمایی عمومی شناور تندرو مورد تست ١٣٧
شکل الف-٢- مانور حفظ مسیر با سرعت ٢٥ گره دریایی ١٣٨
شکل الف-٣- مانور دور زدن در زاویه سکان ٤٠ درجه ١٣٩
شکل الف-٤- تست زیگزاگ در سرعت ٢٠ گره دریایی..... ١٤١
شکل الف-٥- تست زیگزاگ در سرعت ٢٠ گره دریایی..... ١٤١
شکل ب-١- انواع مختلف تعادل حرکت ١٤٥
شکل ب-٢- حلقه کنترل ١٤٧
شکل ب-٣- رابطه بین دو سیستم مختصات ثابت و متحرک ١٤٨
شکل ب-٤- پارامترهای موثر در مانورپذیری شناور..... ١٥٠
شکل ب-٥- نیروها و ممان‌های کنترلی سکان ١٥٦
شکل ب-٦-نیروی عرضی ناشی از شتاب اسوی ١٥٩
شکل ب-٧- نمودار نیروی عرضی اسوی بر حسب شتاب اسوی..... ١٦٠
شکل ب-٨- شناور با شتاب زاویه‌های..... ١٦١
شکل ب-٩- کشتی با سرعت رو به جلو u و سرعت عرضی v ١٦٢
شکل ب-١٠- تغییرات Y و N بر حسب v ١٦٢
شکل ب-١١- کشتی با سرعت رو به جلو u و سرعت زاویه‌های r ١٦٣
شکل ب-١٢- تغییرات Y و N بر حسب r ١٦٤
شکل ب-١٣- نتایج تست دورزدن ١٦٩
شکل ب-١٤- استقلال c_1 از نوع کشتی و زاویه سکان..... ١٧٤

فهرست نمودارها

نمودار ۵-۱- تست شماره ۱ شتابگیری شناور ۸۸
نمودار ۵-۲- تست شماره ۱ شتابگیری شناور ۸۸
نمودار ۵-۳- تست شماره ۲ شتابگیری شناور ۸۹
نمودار ۵-٤- تست شماره ۲ شتابگیری شناور ۸۹
نمودار ۵-۵- تست شماره ۳ شتابگیری شناور ۹۰
نمودار ۵-٦- تست شماره ۳ شتابگیری شناور ۹۰
نمودار ۵-۷- تست شماره ۱ ترمز نرمال ۹۲
نمودار ۵-۸- تست شماره ۱ ترمز نرمال ۹۲
نمودار ۵-۹- تست شماره ۲ ترمز نرمال ۹۳
نمودار ۵-۱۰- تست شماره ۲ ترمز نرمال ۹۳
نمودار ۵-۱۱- تست شماره ۳ ترمز نرمال ۹٤
نمودار ۵-۱۲- تست شماره ۳ ترمز نرمال ۹٤
نمودار ۵-۱۳- تست شماره ۱ دورزدن ۹۸
نمودار ۵-۱٤- تست شماره ۱ دورزدن ۹۸
نمودار ۵-۱۵- تست شماره ۱ دورزدن ۹۹
نمودار ۵-۱٦- تست شماره ۲ دورزدن ۹۹
نمودار ۵-۱۷- تست شماره ۲ دورزدن ۱۰۰
نمودار ۵-۱۸- تست شماره ۲ دورزدن ۱۰۰
نمودار ۵-۱۹- تست شماره ۳ دورزدن ۱۰۱
نمودار ۵-۲۰- تست شماره ۳ دورزدن ۱۰۱
نمودار ۵-۲۱- تست شماره ۳ دورزدن ۱۰۲
نمودار ۵-۲۲- تست شماره ٤ دورزدن ۱۰۲
نمودار ۵-۲۳- تست شماره ٤ دورزدن ۱۰۳
نمودار ۵-۲٤- تست شماره ٤ دورزدن ۱۰۳
نمودار ۵-۲۵- تست شماره ۵ دورزدن ۱۰٤
نمودار ۵-۲٦- تست شماره ۵ دورزدن ۱۰٤
نمودار ۵-۲۷- تست شماره ۵ دورزدن ۱۰۵
نمودار ۵-۲۸- تست شماره ٦ دورزدن ۱۰۵
نمودار ۵-۲۹- تست شماره ٦ دورزدن ۱۰٦
نمودار ۵-۳۰- تست شماره ٦ دورزدن ۱۰٦
نمودار ۵-۳۱- تست شماره ۷ دورزدن ۱۰۷
نمودار ۵-۳۲- تست شماره ۷ دورزدن ۱۰۷
نمودار ۵-۳۳- تست شماره ۷ دورزدن ۱۰۸

نمودار ۵-۳٤- تست شماره ۸ دورزدن ۱۰۸
نمودار ۵-۳۵- تست شماره ۸ دورزدن ۱۰۹
نمودار ۵-۳٦- تست شماره ۸ دورزدن ۱۰۹
نمودار ۵-۳۷- تست شماره ۹ دورزدن ۱۱۰
نمودار ۵-۳۸- تست شماره ۹ دورزدن ۱۱۰
نمودار ۵-۳۹- تست شماره ۹ دورزدن ۱۱۱
نمودار ۵-٤۰- تست شماره ۱۰ دورزدن..... ۱۱۱
نمودار ۵-٤۱- تست شماره ۱۰ دورزدن ۱۱۲
نمودار ۵-٤۲- تست شماره ۱۰ دورزدن ۱۱۲
نمودار ۵-٤۳- تست شماره ۱ زیگزاگ..... ۱۱۷
نمودار ۵-٤٤- تست شماره ۱ زیگزاگ..... ۱۱۷
نمودار ۵-٤۵- تست شماره ۱ زیگزاگ..... ۱۱۸
نمودار ۵-٤٦- تست شماره ۲ زیگزاگ..... ۱۱۸
نمودار ۵-٤۷- تست شماره ۲ زیگزاگ..... ۱۱۹
نمودار ۵-٤۸- تست شماره ۲ زیگزاگ..... ۱۱۹
نمودار ۵-٤۹- تست شماره ۳ زیگزاگ..... ۱۲۰
نمودار ۵-۵۰- تست شماره ۳ زیگزاگ..... ۱۲۰
نمودار ۵-۵۱- تست شماره ۳ زیگزاگ..... ۱۲۱
نمودار ۵-۵۲- تست شماره ٤ زیگزاگ..... ۱۲۱
نمودار ۵-۵۳- تست شماره ٤ زیگزاگ..... ۱۲۲
نمودار ۵-۵٤- تست شماره ٤ زیگزاگ..... ۱۲۲
نمودار ۵-۵۵- تست شماره ۱ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۲۵
نمودار ۵-۵٦- تست شماره ۱ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۲۵
نمودار ۵-۵۷- تست شماره ۲ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۲٦
نمودار ۵-۵۸- تست شماره ۲ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۲٦
نمودار ۵-۵۹- تست شماره ۳ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۲۷
نمودار ۵-٦۰- تست شماره ۳ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۲۷
نمودار ۵-٦۱- تست شماره ٤ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۲۸
نمودار ۵-٦۲- تست شماره ٤ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۲۸
نمودار ۵-٦۳- تست شماره ۵ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۲۹
نمودار ۵-٦٤- تست شماره ۵ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۲۹
نمودار ۵-٦۵- تست شماره ٦ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۳۰
نمودار ۵-٦٦- تست شماره ٦ توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو..... ۱۳۰

فهرست جداول

جدول ۱-۱- مشخصات شناور تندرو سه بدنه کامپوزیتی مورد تست ۱۳

جدول ۳-۱- مشخصات سنسور $3DM-GX1$ ٤٦

جدول ٤-۱- تست انطباق زاویه سکان با زاویه‌سنج الکتریکی-مکانیکی ٥١

جدول ٤-۲- تست تعیین سرعت‌های بکار گرفته شده در تست‌های مختلف ٥١

جدول ٤-۳- تست دورزدن در سرعت جابجایی ۱ به سمت چپ ٥٢

جدول ٤-٤- تست دورزدن در سرعت جابجایی ۲ به سمت چپ ٥٢

جدول ٤-٥- تست دور زدن در سرعت پروازی ۱ به سمت چپ ٥٣

جدول ٤-٦- تست دورزدن در سرعت پروازی ۲ به سمت چپ ٥٣

جدول ٤-۷- تست دورزدن در سرعت جابجایی ۱ به سمت راست ٥٣

جدول ٤-۸- تست دورزدن در سرعت جابجایی ۲ به سمت راست ٥٤

جدول ٤-۹- تست دور زدن در سرعت پروازی ۱ به سمت راست ٥٤

جدول ٤-۱۰- تست دورزدن در سرعت پروازی ۲ به سمت راست ٥٤

جدول ٤-۱۱- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/۱۰- به سمت جپ با سرعت جابجایی ۱ ..... ٥٥

جدول ٤-۱۲- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/۱۰- به سمت جپ با سرعت جابجایی ۲ ..... ٥٥

جدول ٤-۱۳- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/۱۰- به سمت جپ با سرعت پروازی ۱ ..... ٥٥

جدول ٤-۱٤- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/۱۰- به سمت جپ با سرعت پروازی ۲ ..... ٥٦

جدول ٤-۱٥- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/Max- به سمت چپ با سرعت جابجایی ۱ ..... ٥٦

جدول ٤-۱٦- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/Max- به سمت چپ با سرعت جابجایی ۲ ..... ٥٦

جدول ٤-۱۷- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/Max- به سمت چپ با سرعت پروازی ۱ ..... ٥٧

جدول ٤-۱۸- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/Max- به سمت چپ با سرعت پروازی ۲ ..... ٥٧

جدول ٤-۱۹- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/۱۰- به سمت راست با سرعت جابجایی ۱ ..... ٥٧

جدول ٤-۲۰- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/۱۰- به سمت راست با سرعت جابجایی ۲ ..... ٥٨

جدول ٤-۲۱- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/۱۰- به سمت راست با سرعت پروازی ۱ ..... ٥٨

جدول ٤-۲۲- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/۱۰- به سمت راست با سرعت پروازی ۲ ..... ٥٨

جدول ٤-۲۳- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/Max- به سمت راست با سرعت جابجایی ۱ ..... ٥٩

جدول ٤-۲٤- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/Max- به سمت راست با سرعت جابجایی ۲ ..... ٥٩

جدول ٤-۲٥- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/Max- به سمت راست با سرعت پروازی ۱ ..... ٥٩

جدول ٤-۲٦- تست قابلیت تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو۱۰/Max- به سمت راست با سرعت پروازی ۲ ..... ٦٠

جدول ٤-۲۷- تست شتابگیری شناور ٦٠

جدول ٤-۲۸- تست ترمز نرمال ٦١

جدول ٤-۲۹- تست زیگزاگ ٥/۱۰ در سرعت جابجایی ۱ ..... ٦١

جدول ٤-۳۰- تست زیگزاگ ٥/۱۰ در سرعت جابجایی ۲ ..... ٦١

جدول ٤-۳۱- تست زیگزاگ ٥/۱۰ در سرعت پروازی ۱ ..... ٦١

جدول ٤-٣٢- تست زیگزاگ ۵/۱۰ در سرعت پروازی ۲ ..... ٦٢
جدول ٤-٣٣- تست زیگزاگ ۱۰/۲۰ در سرعت جابجایی ۱ ..... ٦٢
جدول ٤-٣٤- تست زیگزاگ ۱۰/۲۰ در سرعت جابجایی ۲ ..... ٦٢
جدول ٤-٣٥- تست زیگزاگ ۱۰/۲۰ در سرعت پروازی ۱ ..... ٦٢
جدول ٤-٣٦- تست زیگزاگ ۱۰/۲۰ در سرعت پروازی ۲ ..... ٦٣
جدول ٤-٣٧- فرمت GGA داده‌های خروجی سیستم DGPS ٧٦
جدول ٤-٣٨- فرمت VTG داده‌های خروجی سیستم DGPS ٧٧
جدول ٤-٣٩- نمونه داده خروجی سنسور $3DM-GX1$ ٧٧
جدول ٤-٤٠- نمونه داده خروجی زاویه‌سنج الکتریکی-مکانیکی سکان ٧٨
جدول ٥-١- تست شتابگیری شناور ٨٧
جدول ٥-٢- تست ترمز نرمال ٩١
جدول٥-٣- تست دورزدن ٩٧
جدول٥-٤- پارامترهای کلیدی تست زیگزاگ (۱) ١١٥
جدول ٥-٥- پارامترهای کلیدی تست زیگزاگ (۲) ١١٥
جدول ٥-٦-ارزیابی و مقایسه تست‌های زیگزاگ (۱) ١١٦
جدول ٥-٧- ارزیابی و مقایسه تست‌های زیگزاگ (۲) ١١٦
جدول٥-٨- نتایج تست توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو ١٢٤
جدول ٥-٩- نتایج تست توانایی تغییر مسیر و بررسی زاویه یاو ١٢٤
جدول الف-١- مشخصات شناور تندرو مورد تست ١٣٦
جدول الف-٢- تست دور زدن ١٤٠
جدول الف-٣- نتایج تست توقف ١٤٢

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

مانورپذیری به همراه تعادل و شناوری یک کشتی، یکی از سه شرط لازم جهت ارضای هر طراحی جدید از یک شناور است. مشکل پیش‌بینی رفتار یک شناور در دریا همچنان حل نشده پابرجاست به خصوص درمورد شناور تندرو که هیچ دستورالعمل معتبر و موثقی تاکنون در ارتباط با آن منتشر نشده است. در واقع، افزایش سرعت شناورها که امروزه برای شناورهایی به طول تا حدود ۱۰۰ متر به میزان ٤٠ گره دریایی است، باعث شده که کنترل شناور به خصوص در طول مانورهای توقف و دورزدن مشکل باشد. لذا ارزیابی مانورپذیری شناورها به صورت تجربی می‌تواند رفتار شناور را در یک مانور مشخص، روشن کند.

جهت ارزیابی مانورپذیری شناورها معمولاً از مدل‌هایی با طول ۲/۵ تا ۹ استفاده می‌گردد. این مدل‌ها معمولاً با موتور الکتریکی، سکان و پروانه تجهیز شده‌اند. مدل‌های کوچک خطای مقیاس قابل توجهی دارند و معمولاً با کشتی با مقیاس کامل تطابق رضایتبخشی ندارند.

با در نظر گرفتن ملاحظات فوق الذکر و عدم دسترسی به شناور تندرو کوچک که سیستم رانش و سیستم‌های کنترلی بر روی آن نصب شده باشد، تصمیم گرفته شد که تست‌های مانور با روش تست مدل آزاد انجام نگیرد و در عوض تست‌های دریایی با مقیاس واقعی روی یک شناور تندرو سه بدنه کامپوزیتی با هدف دوگانه تهیه اطلاعات مفید جهت افزایش قابلیت اطمینان شبیه سازی-های کامپیوتری و افزایش دانش رفتار کشتی ها در دریا انجام شود. تستهای دریایی روی یک شناور تندرو سه بدنه کامپوزیتی با مشخصاتی که در جدول (۱-۱) درج شده، انجام گرفته است. همچنین جانمایی کلی شناور در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.

جدول ۱-۱- مشخصات شناور تندرو سه بدنه کامپوزیتی مورد تست

عنوان	مقدار
طول سرتاسری شناور	۷ متر
طول بدنه میانی شناور	٤/٥ متر
طول کناره‌های جانبی	۳/۷ متر
عرض شناور	۲/٦٥۰ متر
عرض بدنه میانی شناور	۰/۸٦۰ متر
عرض کناره‌های جانبی	۰/۷ متر
آبخور	۰/٤ متر
ارتفاع جانبی شناور تا عرشه بالایی	۰/۸ متر
سیستم رانش	۲ عدد موتور یاماها ۲۲٥ اسب بخار راستگرد
وزن جابجایی	۱٦۰۰ کیلوگرم
حداکثر سرعت	٤۰/۸ گره دریایی

شکل ۱-۱- جانمایی کلی شناور به همراه آنتن DGPS و محفظه‌های آب‌بند حاوی سنسور $3DM-GX1$

اهداف اصلی انجام تستهای مانور اساسا در دو مورد خلاصه می گردد:

۱. نیاز ضروری به یک پایگاه داده ها از اطلاعات تستهای مانورپذیری شناور با مقیاس واقعی که در مراجع موجود در بحث مانور به ندرت یافت می‌شود. این نمونه از پایگاه داه‌ها، روش‌های معتبرسازی کدهای محاسباتی و فرمول‌های رگراسیون را جهت پیش‌بینی مشخصات مانورپذیری شناورهای تندرو، تسهیل می کند.
۲. اندازه گیری سینماتیک مانور شناور تندرو با دقت مناسب و ثبت داده سنسورهای مختلف، این امکان را فراهم خواهد آورد که پارامترهای مختلفی که از نتایج تست‌های مانور حاصل می‌شود با مقادیر حدی پیشنهاد شده توسط IMO مورد مقایسه قرار گیرد و صحت و درستی این مقادیر حدی معلوم گردیده و مورد مطالعه و بازبینی مجدد قرار گیرد.

از سوی دیگر، قوانین IMO برای شناورهایی با طول کمتر از ۱۰۰ متر (طول بین دو عمود) غیر قابل کاربرد است و صراحتاً بیان می‌کند که این مقادیر حدی در زمانی که معیار مشخصی در مورد تست‌های مانور وجود ندارد غیر قابل کاربرد است. در حقیقت این قوانین برای شناورهای تندرو بیان می کند که یک سری از مقادیر حدی وجود دارد و مقادیر محاسبه شده این پارامترها در شناور مورد تست نباید از این مقادیر حدی فراتر رود بدون اینکه به نیازمندی‌ها و شرایط لازم بیشتری در خصوص پارامترهای مانورپذیری اشاره کند.

گذشته از این، با توجه به فرم شناور تندرو، یک شناور تندرو مجبور است که مانورپذیر بوده و قادر به انجام مانورهای ضروری برای ایمنی باشد و در عین حال تا حدودی حدهای بحرانی مشخص شده در فاز طراحی پروژه را پاس کند.

در این پروژه سعی بر آن است که با ارایه مطالب در ٦ فصل، دستورالعمل تست‌های مانور، تجهیزات مورد نیاز تست، تجزیه، تحلیل و ارزیابی نتایج تشریح گردد. لذا در فصل حاضر مروری بر تاریخچه و کارهای مشابه صورت می‌گیرد؛ در فصل دوم اصول تست‌های مانور، فصل سوم تجهیزات مورد نیاز و اساس کار آن‌ها، فصل چهارم دستورالعمل تست به علاوه تجهیز کردن شناور با سنسورهای مختلف و نمونه داده خروجی سنسورها، فصل پنجم الگوریتم ریاضی حاکم بر مسأله و تحلیل نتایج؛ و در نهایت در فصل ششم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری بیان می‌گردد.

۱-۲- تاریخچه تست‌های مانور با مقیاس کامل

Crane: در سال ۱۹۷۹ مقایسه‌ای بین مانور حلزونی تانکر Esso Osaka با مقیاس کامل و مدل آن انجام داد و اثر آب کم عمق را روی مانور آن‌ها بررسی کرد [۱].

Coccoli, Scamardella: در ژانویه ۲۰۰۳ یک سری تست‌های دریایی روی یک شناور تندرو در خلیج ناپلز ایتالیا انجام شد. در این تست‌ها ابزار متفاوتی مانند DGPS، KDGPS و دریافت کننده ژئودتیک دو فرکانسه جهت دسترسی به دقت بالا در هدایت و مانورپذیری شناور استفاده شد. در این تست‌ها محدودیت های عملیاتی در مانور مورد بررسی قرار گرفت و دستورالعمل استاندارد جهت تعیین رفتار شناورهای غیر متداول تدوین شد. همچنین نارسایی قوانین بین المللی مشخص گردید و اولین گام در جهت ثبت اطلاعات تست مانور شناور تندرو در مقیاس واقعی برداشته شد [۲].

Victor M.Ambrosovsky: سیستم ثبت رفتاری را در سال ۲۰۰۵ مورد استفاده قرار داده است و برای تخمین مسیر حرکت (مانور) شناورهای تندرو طراحی شده است [۳].

Ueno: در سال ۲۰۰٦ جهت اندازه‌گیری حرکات ٦ درجه آزادی یک شناور پروازی در مانور با مقیاس کامل از RTK GPS[۱] استفاده کرد [٤].

Coccoli: در سال ۲۰۰٦ تست‌های زیگزاگ و دورزدن را برای دو شناور تندرو تک بدنه و دو بدنه انجام داد و مقایسه‌ای بین نتایج آن انجام داد. این دو شناور مشخصات جابجایی، سرعت و ظرفیت مسافربری یکسان داشتند [٥].

در ضمیمه (الف) تست‌های مانور انجام شده روی یک شناور تک بدنه آلومینیومی با مقیاس کامل، به طور مبسوط ارایه شده است.

[۱] System Real Time Kinematics Global Positioning

فصل دوم

اصول تستهای مانور

ایمنی مهمترین مسألهای که قوانین ملی، بین المللی و آیین نامههای موسسات ردهبندی سعی بر رعایت آنها دارند. منظور از ایمنی، ایمنی کشتی، بار، خدمه و مسافران میباشد. در این میان ایمنی خدمه و مسافر از اهمیت دوچندان برخوردار است، اگرچه همگی وابسته به ایمنی کشتی میباشند. قابلیت مانور کشتی یکی از رفتارهای کشتی است که با ایمنی کشتی رابطه مستقیم دارد. مانورپذیری ضعیف کشتی ریسک تصادف را به شدت افزایش میدهد. بنابراین موسسات ردهبندی، سازمانهای بین المللی و قوانین ملی آیین نامههایی جهت تعیین حداقل شرایط مانورپذیری کشتیها وضع نمودهاند.

برخلاف برخی دیگر از رفتارهای کشتی همانند هیدرواستاتیک و تعادل، مقاومت و سیستم رانش، سازه و غیره، رفتار مانور کشتی را نمیتوان به سادگی کالیبره نمود. برخی از رفتارهای مانور کشتی را نمیتوان به صورت مستقیم مورد ارزیابی و یا اندازهگیری قرار داد؛ بلکه لازم است به صورت غیر مستقیم مورد ارزیابی قرار گیرند.

در راستای سنجش و ارزیابی مستقیم و غیر مستقیم مانورپذیری کشتیها، تستهای مانور تعریف و معرفی گردیدهاند. تستهای مانور در یک دوره زمان طولانی و بر اساس دانش و تجربه محققین ارایه گردیدهاند. هر یک از تستهای مانور یک یا چند خاصیت مانورپذیری را کالیبره مینمایند. برخی از تستهای مانور برای سنجش مانورپذیری کشتیها همپوشانی دارند. به عبارت دیگر برای سنجش یک خاصیت مانور پذیری چند تست ارایه شدهاند.

در این فصل اصول تستهای دورزدن، حلزونی مستقیم، حلزونی معکوس، زیگزاگ و پولآوت مورد بررسی قرار میگیرند. همچنین معادلات و رفتار حاکم بر شناور در طول تستهای مانور، در ضمیمه (ب) به طور مبسوط تشریح میگردد.

مانور حلزونی اساساً مشخصات شناور را تعیین می‌کند، در حالیکه مانور زیگزاگ مشخصات کنترلی شناور را تعیین می‌کند. مانور دورزدن کیفیت و توانایی شناور را در دورزدن مورد بررسی قرار می‌دهد. هر سه مانور فوق‌الذکر برای کشتی‌های تجاری و نظامی از اهمیت خاصی برخوردارند.

۲-۱- مانور حلزونی دیدون یا مستقیم

این تست، مشخصات تعادل هدایتی شناور را نشان می‌دهد. این مانور شامل مراحل ذیل است:

۱. کشتی در یک مسیر مستقیم با یک سرعت دلخواه در حال حرکت یکنواخت و پیوسته است. به مدت ۱ دقیقه کشتی در همین سرعت و مسیر نگه داشته می‌شود. بعد از برقراری سرعت یکنواخت تا پایان تست دستگاههای کنترل قدرت دستکاری نخواهند شد.
۲. بعد از ۱ دقیقه، سکان را به اندازه ۱۵ درجه می‌چرخانیم و اجازه می‌دهیم که نرخ تغییرات زاویه یاو به مدت ۱ دقیقه به یک مقدار ثابت برسد.
۳. حال زاویه سکان را به یک اندازه کوچک (در حدود ۵ درجه) کاهش می‌دهیم و سکان را در همین زاویه ثابت نگه می‌داریم و اجازه می‌دهیم تا به یک نرخ تغییر زاویه یاو جدید به مدت چند دقیقه برسیم.
٤. پروسه فوق‌الذکر را برای زوایای سکان متفاوت با تغییر نمو کوچک از سمت راست به چپ و دوباره به راست تکرار می‌کنیم.

اندازه‌های عددی حاصل از انجام تست مانور حلزونی، نرخ یاو یکنواخت به عنوان تابعی از زاویه سکان هستند. رسم دیاگرام این مقادیر نشاندهنده مشخصات تعادل این شناور است. به طور مثال، اگر نمودار یک خط از راست به چپ و دوباره به راست باشد، کشتی A در شکل (۲-۱)، آنگاه کشتی تعادل خط راست با تجهیزات کنترلی ثابت دارد که به معنای دارا بودن اندیس تعادل هدایتی منفی است. اما در مورد کشتی B که دو شاخه به هم می‌پیوندند تا حلقه هیسترزیس[۱] را تشکیل دهند، کشتی ناپایدار است و اندیس تعادل هدایتی مثبت دارد. به علاوه ارتفاع و پهنای حلقه، اندازه‌های عددی درجه ناپایداری کشتی محسوب می‌شوند. حلقه بزرگتر نشان‌دهنده ناپایداری

[۱] hystersis