



## بررسی نتایج تحلیلی تست و بهینه سازی شناور پر سرعت Outrider

کامبیز عالم پور<sup>۱</sup> - علی دهقانیان<sup>۲</sup> - کاووس زارع<sup>۳</sup>

دانشگاه صنعتی مالک اشتر - مجتمع دانشگاهی علوم و فناوری دریایی - پژوهشکده هوا دریا  
شیراز - بلوار چمران - پژوهشکده هوادریا - دفتر طرحهای هیدروآئروستاتیک، تلفن ۰۷۱۱-۶۲۵۱۳۸۶  
[alempour@yahoo.com](mailto:alempour@yahoo.com)

### چکیده

شناور پرسرعت *Outrider* اولین شناور از نوع فویل کاتاماران (*Foilcamarant*) می باشد که در کشور ساخته شده و موردتست قرار گرفته است. این تستها در مرداد ماه سال ۱۳۸۳ در محوطه سد درود زن شیراز صورت گرفته و نتایج تست کاملاً مطلوب و رضایتبخش بوده است. اصولاً شناورهای پر سرعت عمدتاً دارای شکل و فرم ویژه ای بوده و از منظر طراحی به صورت کاملاً هیدرو آئرو دینامیکی ساخته می شوند. ساختار سازه ای شناور *Outrider* به صورت چند بدنه ای بوده و با عبور جریان هوا به زیر بدنه، فشار هوا بین سایدیها افزایش می یابد [۱]. و در نتیجه باعث افزایش نیروی بالابری در زیر شناور می گردد و در نهایت باعث کاهش سطح آبخور و کاهش نیروهای مقاوم و افزایش سرعت می گردد. در این مقاله نتایج حاصل از تستهای میدانی این شناور ارائه گردیده است.

**کلمات کلیدی:** فویل کاتاماران - اثر سطحی - هیدرو آیرودینامیک - اسکی - *Tip Plate*



- ۱- عضو هیئت پژوهشی مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی-پژوهشکده هوادریا
- ۲- عضو دفتر طرحهای هیدروآیروستاتیک-پژوهشکده هوادریا
- ۳- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر-پژوهشکده هوادریا

## مقدمه

مسئله سرعت و دستیابی و به مقادیر بالاتر سرعت در طراحی شناورهای دریایی به عنوان یکی از مهمترین مباحث طراحی به شمار می آید. این مسئله با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی و سایر پارامترهای وابسته حائز اهمیت می باشد، با نگاهی اجمالی به شناورهای دریایی جدید مشخص می گردد که طراحی فرم آئرودینامیک و هیدرودینامیک مناسب شناور و بهینه سازی آن جهت کاستن از پسای حرکتی و رسیدن به سرعتی بالاتر از بارزترین مشخصه های طراحی مهندسی میباشد. استفاده از سایر پارامترهای حرکتی در طرحهای نوین به گونه ای است تا شناوری ایده آل با ساختاری منسجم را ارائه نماید. در دهه گذشته طرحهای زیادی در این زمینه ارائه گردیده است [۱]. شناور *Outrider* نیز یکی از کاملترین طرحهای شناورهای چند بدنه ای است که دارای قابلیت افزایش سرعت تا حدود ۸۰ گره دریایی می باشد. این شناور به دلیل ویژگیهای خاص کاربردی از مزایای زیادی برخوردار می باشد [۲]. این نمونه از شناورها به دلیل استفاده از اثر سطح بر روی لایه ای از هوای فشرده حرکت کرده و در انتهای شناور بدنه بر روی لایه ای از مخلوط هوا و آب قرار دارد. این مسئله به کاهش زیاد پسای حرکتی منجر می گردد. این شناور دارای سطوح آئرودینامیکی بسیار مناسبی بوده و دارای ضریب پسای آئرودینامیکی کمی در سرعتی بالا می باشد. نمایی از فرم بدنه و مدلسازی طراحی پوسته و بدنه در شکل (۱) ارائه گردیده است. در این مقاله ضمن تشریح ویژگیهای ساختاری این شناور به نتایج تستهای حرکتی آن پرداخته شده است. طراحی شناور *Outrider* برای اولین بار در کشور صورت گرفته است.

## ساختار طراحی و الگوی مدلسازی شناور *Outrider*

شناور پر سرعت *Outrider* دارای دو بدنه تیغه ای می باشد که در سر جلوی آن فرم بدنه به صورتی است که آب را می شکافد (*Cutter Form*). این تیغه ها از طریق بخشهای رابط *Cross Structure* به بدنه متصل گردیده اند. در سرعتی بالا به واسطه وجود تیغه های ضد اسپری اب با ضخامت بالا آب به اطراف ریخته و اسپری زیادی را بوجود نمی آورد. تیغه جلویی در این شناور همانند هیدروفویل عمل نموده و سب می شود تا شناور بر روی اب اسکی نماید. چنین فرمی تا کنون در رابطه با شناورهای دیگر دیده نشده است. جهت افزایش نیروی لیفت در حال حرکت شناور در سرعتی زیاد قسمت *Cross Structure* را به صورت یک بال و با *NACA* مشخص در نظر گرفته شده است (شکل ۲) تا بتوان علاوه بر هدایت جریان هوا به زیر شناور و افزایش فشار در زیر بدنه باعث کاهش درگ آیرودینامیکی در جلوی شناور در سرعتی بالا گردید. در این نوع از شناورهای اثر سطحی در سرعتی بالا با انتقال هوا به زیر بدنه شناور از سطح آب بالا آمده و آبخور آن کاهش می یابد. ناحیه اتصال ساید به بدنه به صورت بال است و بال با سطح مقطع ایرفویل از دو طرف به بدنه متصل شده است و سبب ایجاد لیفت آئرودینامیکی می گردد. مقطع بدنه شناور نیز به شکل ایرفویل طراحی گردیده تا بتواند نیروهای درگ آیرودینامیکی را در سرعتی بالا کاهش دهد در کناره های بال دو اسکی درون آب قرار گرفته است که به *TipPlate* معروف هستند که وظیفه آنها



هدایت هوای فشرده به زیر شناور است. به دلیل سرعت زیاد این شناور حرکت **Yawing** فوق العاده اهمیت دارد و ساید های کناری مانع از حرکت **Yawing** شناور هنگام حرکت می گردند [۴].

### محاسبه وزنی و مرکز ثقل شناور **Outrider**

در نظر گرفتن مشخصات و پارامترهای وزنی و تغییرات وزن در شرایط مختلف از بخشهای اساسی محاسبات شناور **outrider** می باشد. کلیه محاسبات شناور و مدلسازی های آن در محیط **Autodesk Inventor** صورت گرفته و محاسبات نهایی با استفاده از **Maxsurf** و **Hull Speed** انجام شده است. محاسبات وزنی و مرکز ثقل شناور در سه حالت **Standard**، **Normal** و **Full** در نظر گرفته شده که تعاریف آنها در زیر آورده شده است.

حالت **Standard**: در نظر گرفتن اجزا وزنی بدون سوخت و باربری

حالت **Normal**: در نظر گرفتن اجزا وزنی با ۵۰٪ سوخت و باربری

حالت **Full**: در نظر گرفتن اجزا وزنی با ۱۰۰٪ سوخت و باربری

مشخصات وزنی شناور و محاسبات وزنی حالت **Standard** در جدول (۱) ارائه شده است.

این مشخصات نشان دهنده وزن اجزاء تشکیل دهنده شناور **Outrider** میباشد که بصورت تفکیکی ارائه گردیده است. مشخصات مرکز بویانسی (شناوری)، حجم جابجایی شناور، طول سطح آبخور و ممان اینرسی سطح آبخور بر اساس ارتفاع آبخور از ۴ تا ۴۱/۵ سانتی متر در جدول (۲) ارائه شده است که در محاسبات تریم شناور مورد استفاده قرار می گیرند علت استفاده از ابخورد های متفاوت تغییر رژیم آبخور در زمان حرکت می باشد. مشخصات مرکز بویانسی (شناوری)، حجم جابجایی شناور، طول سطح آبخور و ممان اینرسی سطح آبخور بر اساس سه حالت **full, standard, normal** در جدول (۳) ارائه شده است. ارائه این مشخصات به درک مشخصات حرکتی شناور و ویژگیهای ساختاری آن کمک می نماید. در شکل سه وضعیت توزیع نیروی وزن و موقعیت مرکز جرم نشان داده شده است.

### بررسی پایداری حرکتی در شناور **Outrider**

طراحی **Outrider** به گونه ای است، که مرکز لیفت آیرودینامیکی پشت مرکز ثقل واقع شود و در نتیجه هنگامی که نیروی لیفت از نیروی ثقل بیشتر می گردد، **Outrider** حول پروانه دوران می کند و پدیده **blow-over** اتفاق نمی افتد. لازم به ذکر است که یکی از پدیده هایی که در خصوص شناور تندرو مد نظر قرار می گیرد پدیده **Blow-over** می باشد و این هنگامی است که نیروهای لیفت آیرودینامیکی و پروانه با هم جمع می گردند، از نیروی وزن بیشتر می شوند و مرکز آیرودینامیکی نیز در جلوی مرکز ثقل قرار می گیرد و در این حالت در حالی که پروانه داخل آب قرار دارد شناور شروع به بالا آمدن می کند و پدیده چرخش حول پروانه صورت می گیرد که به آن پدیده **Blow-over** می گوئیم. حال اگر مقداری وزن بر روی اسکی قرار گیرد در این صورت **Outrider** تریم می گردد. در نهایت مهمترین مسئله پایداری هنگامی مطرح می گردد که **Outrider** به سمت هوا می رود. و این شکل و تکنولوژی خاص **Outrider** است که باعث می گردد نیروهای آیرودینامیکی شناور را به حالت پایدار در آورند. به طور کلی دو مشکل اساسی که شناورهای تندرو با آن روبرو هستند مشکل **Slamming** و **Stuffing** می باشد. پدیده **Slamming** زمانی است که مرکز لیفت آیرودینامیکی جلوتر از مرکز ثقل **Outrider** قرار گیرد و سینه شناور از آب بلند شود و با ضربه به آب برخورد کند حال آنکه با توجه به فرم آیرودینامیکی فویل بدنه **Outrider** مرکز



لیفت آیرودینامیکی معمولاً در عقب مرکز ثقل قرار می‌گیرد در نتیجه رخ دادن **Slamming** غیر منطقی است و از طرفی ضرباتی که از طرف امواج به اسکی وارد می‌شود می‌تواند سپس بلند شدن سر **Outrider** گردد که در اثر فنریت اسکی دمپ می‌گردد. اما مسئله **Stuffing** زمانی رخ می‌دهد که مرکز لیفت آیرودینامیکی قبل از مرکز ثقل قرار گیرد ولی پایداری و دماغه برآمده **Outrider** از این موضوع جلوگیری می‌کند شکل (۴) در واقع با وجود اینکه در **Outrider** مرکز لیفت آیرودینامیکی عقب‌تر از مرکز ثقل است پدیده **Stuffing** رخ نمی‌دهد. هنگامی که مرکز لیفت هیدرودینامیکی در عقب مرکز ثقل قرار گیرد و عقب شناور از آب بالا بیاید و با ضربه به سطح آب برخورد کند پدیده **Stuffing** رخ می‌دهد که در اثر این پدیده موجهای صوتی و ضربه‌ای قوی در بدنه شناور به وجود می‌آید و باعث آسیب دیدگی سازه و سیستم‌های شناور می‌گردد لازم به ذکر است که جهت جلوگیری از این قضیه بیشترین سهم را اسکی و شکل ایرفول بدنه دارند که هنگام حرکت **Outrider** نیروی لیفت قسمت جلو را به وجود می‌آورند و مانع از بالا آمدن بیش از حد پاشنه می‌گردند که از این نظر **Outrider** بی‌همتا است. یکی از ویژگی‌های بارز شناورهای تندرو توانایی پایداری آنها در **Roll** با زاویه زیاد می‌باشد. در صورتی که زاویه **Roll** از حد معینی فراتر رود می‌تواند منجر به **Capsize** شدن شناور گردد. زاویه **Roll** خطرناک هنگامی رخ می‌دهد که شناور هنگام دور زدن، زاویه **Yawing** بزرگی را به خود بگیرد. و در این لحظه با امواج برخورد نماید که باعث ایجاد ممان غلتشی عظیمی می‌گردد. که می‌تواند پایداری دینامیکی شناور را با تهدیدی جدی مواجه نماید اما کناره‌های شناور عموماً با امواج برخورد می‌نماید زیرا که کنار شناور برای کاهش **Roll** از حد معمول پایین‌تر می‌باشد، اما به طور کلی مسئله **Roll** مربوط به **Outrider** در سه زمینه خودنمایی می‌کند. ابتدا هنگامی که به کمک فرمان **Flap**‌ها را پایین‌تر از دنباله فویل بدنه قرار می‌دهیم که این عمل برای شروع دورزدن لازم است که به وسیله **Flap** می‌توان شناور را در حالت دور زدن نگه داشت در مرحله دوم هنگامی که سیستم‌های کمکی پس از **flap**‌ها به سمت عقب حرکت می‌کنند به طوری که سایدهای کناری به داخل آب فرو می‌روند و در نتیجه هنگامی که شناور **Outrider** در حال دورزدن می‌باشد این سایدها از لغزش شناور جلوگیری کرده و بنابراین زاویه **Rolling** شناور هنگام دور زدن کاهش می‌یابد. سوم اینکه یکی از ویژگی‌های مهم **Outrider** عدم لغزش آن است. که به واسطه زاویه پایین سایدها می‌باشد که کمک به نگهداری **Outrider** هنگام دور زدن می‌نماید، در مواقعی که یک موج از کنار به شناور برخورد نماید و باعث لیفت بیش از حد شناور گردد.

### بررسی نتایج تست حرکتی شناور در سد درود زن

تست‌های حرکتی شناور *outrider* در سد درود زن انجام گرفت. موقعیت محل تست در حدود ۱۰۳۸ متر بالاتر از سطح دریا بوده و به لحاظ شرایط جوی دارای رطوبت نسبی پایین می‌باشد. تست‌های مرحله اول این شناور در تابستان سال ۸۳ صورت گرفته است. در مراحل اولیه تست پس از استقرار شناور در محوطه تست وضعیت آن در حالت استاتیک و دینامیک مورد ارزیابی قرار گرفت. برابر نتایج تست شناور به لحاظ پایداری دارای وضعیت بسیار مطلوبی بوده و حرکت‌های جانبی آن به نسبت شناورهای تک بدنه به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است شکل (۵). از آنجایی که شناور **Outrider** به پهناهای شناورهای **WIG** نیست و از طرفی **Tip Plate**‌های آن به خوبی شکل داده شده‌اند. اگر با هم فرمان را بگردانیم **Outrider** سریعتر دور می‌زند که در این حالت باید **Tip Plate**‌ها به خوبی در آب فرو روند تا دورزدن در سرعت‌های بالا با اطمینان کامل صورت پذیرد که در واقع همین ایمنی بالا، **Outrider** را در موقعیت بالاتری نسبت به قایق‌های مسابقه‌ای و کاتامارانها قرار می‌دهد و همچنین



سطوح کنترل آیرودینامیکی توانایی حفظ شناور در مسیر را مهیا می‌نمایند و از طرفی **TipPlate** ها به اندازه کافی در عقب نصب شده‌اند که این موضوع توانایی بالایی را به شناور برای حفظ پایداری هنگام هدایت فراهم می‌نماید. شناور **Outrider** بر خلاف شناورهای با بدنه کشیده و تونل مانند هنگام دورزدن احتیاجی به فرو بردن شناور در آب و یا هدایت بارهای مایع در مخازن به سمت جلو جهت ایجاد تریم ندارد و در نهایت شناور **Outrider** خیلی سریع دور می‌زند. شناور **Outrider** به هنگام حرکت فقط به اندازه‌ای که تأثیر امواج کاهش یابد و صدا تغییر نماید بلند می‌شود. سیستم کنترل شناور **Outrider** به وسیله سکان آبی است زیرا هنگامی که باد مخالف می‌وزد سکان اداره شناور را بهبود می‌بخشد که این عمل با تنظیم دقیق موقعیت آیرودینامیکی و هیدروینامیکی مرکز فشار سکان نسبت به مرکز ثقل شناور صورت می‌گیرد از طرفی به خاطر سادگی سیستم و وزن کم و قیمت پایین می‌توان برای مانوردهی از سکان آبی استفاده نمود. در واقع در سرعت‌های بالا بدون سکان آبی احتیاج به دور نگهدارنده چرخان که در جهت خلاف یکدیگر حرکت کنند دارد تا در مواقعی که به سکان احتیاجی نیست آن را به جهتی بگرداند که مزاحم نباشد. پدیده **hump** بدین صورت است که وقتی که شناور با آب در تماس است به تدریج که سرعت افزایش می‌یابد عدد رینولدز افزایش یافته و از آنجا نیروی درگ افزایش می‌یابد و از طرفی به تدریج که سرعت افزایش می‌یابد نیروی **lift** وارد بر فویلها نیز افزایش می‌یابد و پس از غلبه این نیرو بر نیروی وزن شناور شروع به **off Take** می‌نماید (شکل ۶) [۵]. توجه به این نکته لازم است که وقتی شناور ساکن است نیروی عمودی غالب بر وزن نیروی شناوری است و وقتی شناور شروع به حرکت کند با افزایش نیروی لیفت به تدریج از حجم غوطه‌وری کاسته می‌شود و در نتیجه نیروی شناوری نیز کاهش می‌یابد بنابراین هر چه شناور بیشتر از آب خارج شود در این صورت در گام بعدی به نیروی **lift** بیشتری برای بلند کردن **Outrider** نیاز است و بنابراین تا حداکثر ارتفاع معینی شناور از آب بلند می‌شود که این موضوع با انتخاب نوع فویل بدنه قابل کنترل است. واقع یکی از مزایای شناور **Outrider** نسبت به **WIG** مسئله عبور از **hump** می‌باشد که در شناورهای **WIG** احتیاج به سه برابر قدرت برای عبور از **hump** و پرواز نسبت به شناور **Outrider** می‌باشد.

سرعت **hump** برای شناور **Outrider** تقریباً برابر با  $35\text{km/h}$  می‌باشد که در این نقطه پایین‌ترین راندمان سرعت وجود دارد و باید هر چه سریعتر از این مرحله عبور نماید. شکل (۷) نشان دهنده نتایج بدست آمده از سه نوبت تست شناور می‌باشد. همانگونه که ملاحظه می‌گردد کلیه نتایج تست‌های موردی به لحاظ عددی شبیه یکدیگر می‌باشند.

## نتیجه‌گیری

شناور **Outrider** با توجه به شکل خاص و چیدمانی ویژه‌ای که دارد یکی از پرسرعت‌ترین شناورهای اثر سطحی است که با استفاده از اسکی و فرم آیرودینامیک بدنه و پروفیل بال در طرفین در مدت زمان اندکی می‌تواند به سرعت ماکزیمم برسد و با توجه به وضعیت ساید‌های کناری شناور دارای راندمان حرکتی مناسب می‌باشد. این شناور از جمله طرح‌های ترکیبی و پیشرفته اثر سطحی است که می‌توان در راستای افزایش دانش طراحی شناورها ی دریایی پر سرعت مورد استفاده قرار گیرد. ساختار کلی این شناور به گونه‌ای است که با قرار دادن اسکی در جلوی شناور باعث کاهش ضربات موج و حرکت یکنواخت شناور می‌گردد از این شناور می‌توان برای مصارف خاص در آب‌های کم عمق استفاده نمود. این شناور به علت استفاده از سیستم رانش آبی و فرم بدنه آیرودینامیک یکی از بهینه‌ترین طرح‌های دریایی است و نمونه‌های پیشرفته تر آن مجهز به سیستم‌های رانش جت دریایی می‌باشند. اولین نمونه



تحقیقاتی این شناور در پژوهشکده دریایی مطابق با ویژگیهای ساختاری طراحی گردیده است. تستهای حرکتی شناور *outrider* برای اولین بار در سد درود زن انجام گرفت. تست های مرحله اول این شناور در تابستان سال ۸۳ انجام پذیرفت و در مراحل اولیه تست وضعیت آن در حالت استاتیک و دینامیک مورد ارزیابی قرار گرفت. برابر نتایج تست شناور به لحاظ پایداری دارای وضعیت بسیار مطلوبی بوده و حرکت های جانبی آن به نسبت شناورهای تک بدنه به میزان قابل ملاحظه ای کاهش یافته است. از نتایج طراحی این شناور می توان در خصوص توسعه دانش شناورهای پرسرعت از نوع foil-catamaran و یا چند بدنه استفاده نمود.

جدول (۱): محاسبات وزنی و مرکز ثقل در حالت *Standard*

	NAME	X (mm)	Z (mm)	w(kg)	wX	wZ
۱	MAIN STRUCTURE	۴۸۴,۸۴	۶۴۸,۴۸	۱۲۰	۵۸۱۸۰,۸	۷۷۸۱۷,۶
۲	ENGINE	-۱۹۷۶,۸۱	۵۴۲,۸۷	۱۸۰	-۳۵۵۸۲۶	۹۷۷۱۶,۶
۳	ENGINE FONDATION	-۱۹۵۳,۲۲	۴۷۱,۸	۸	-۱۵۶۲۵,۸	۳۷۷۴,۴
۴	FUEL TANK	۳۲۶,۵۹	۷۳۶,۸۷	۲	۶۵۳,۱۸	۱۴۷۳,۷۴
۵	*FUEL	۳۱۶,۹۱	۶۴۸,۲۶	۰	۰	۰
۶	BOW SKI	۲۵۹۰,۰۵	۲۵۸,۱۲	۱۰	۲۵۹۰۰,۵	۲۵۸۱,۲
۷	FIN	-۱۹۹۴,۲۷	۱۰۱۴,۸۱	۶	-۱۱۹۶۵,۶	۶۰۸۸,۸۶
۸	AIR RUDDER	-۲۲۷۶,۳۳	۱۰۲۳,۵	۴	-۹۱۰۵,۳۲	۴۰۹۴
۹	WATER RUDDER	-۲۲۲۹,۶	-۳۴۹,۲۸	۱,۵	-۳۳۴۴,۴	-۵۲۳,۹۲
۱۰	NAVIGATION	۱۹۸۷,۶۵	۹۴۴,۹۵	۵	۹۹۳۸,۲۵	۴۷۲۴,۷۵
۱۱	*PAYLOAD	۱۱۶۰,۵۵	۶۲۰,۸۲	۰	۰	۰
۱۲	CONTROL SYSTEM	۱۳۵۰,۵۴	۵۱۹,۶۶	۱۸	۲۴۳۰۹,۷۲	۹۳۵۳,۸۸
۱۳	ELECTRICAL SYSTEM	۲۰۹۷,۱۸	۸۷۰,۳۶	۵	۱۰۴۸۵,۹	۴۳۵۱,۸
۱۴	BATTERY	۲۴۷۵,۹۳	۶۹۸,۷۹	۳	۷۴۲۷,۷۹	۲۰۹۶,۳۷
۱۵	POWER TRANSMITION	-۲۲۴۱,۷	۱۷۷,۱۴	۲۰	-۴۴۸۳۴	۳۵۴۲,۸
۱۶	WATER PROPELLER	-۲۰۱۹,۱۷	-۳۵۸,۶	۲,۵	-۵۰۴۷,۹۳	-۸۹۶,۵
۱۷	ELEVATOR	-۲۱۱۴,۹۷	۱۳۹۵,۵۵	۴	-۸۴۵۹,۸۸	۵۵۸۲,۲
۱۸	HYDROLIC SYSTEM	۲۳۳۳,۷۶	۵۲۱,۲۴	۱۲	۲۸۰۰۵,۱۲	۶۲۵۴,۸۸
۱۹	STABILAZER	-۲۳۲۸,۹۷	۱۵۵۴,۰۲	۴,۵	-۱۰۴۸۰,۴	۶۹۹۳,۰۹
۲۰	PAINTING	۳,۵۵	۶۹۳,۰۴	۳	۱۰,۶۵	۲۰۷۹,۱۲
۲۱	PANEL	۱۹۷۹,۱	۸۸۵,۵۲	۱۰	۱۹۷۹۱	۸۸۵۵,۲
۲۲	COVER	-۶۳۶,۴۹	۸۶۳,۷۵	۵	-۳۱۸۲,۴۵	۴۳۱۸,۷۵
۲۳	SEATS	۱۰۶۲,۳۵	۵۹۸,۰۶	۱۲	۱۲۷۴۸,۲	۷۱۷۶,۷۲
۲۴	FUEL PUMP	-۳۳۸,۵۲	۶۴۹,۱۷	۰,۵	-۱۶۹,۲۶	۳۲۴,۵۸۵
۲۵	BILGE PUMP	۱۹۵۶,۸۲	۴۸۵,۳۱	۲	۳۹۱۳,۶۴	۹۷۰,۶۲
۲۶	WING	۳۵۳,۱۵	۴۸۷,۱۱	۲۰	۷۰۶۳	۹۷۴۲,۲
۲۷	SHOCK ABSORVER	۲۳۴۵,۴۱	۳۴۳,۴۶	۲	۴۶۹۰,۸۲	۶۸۶,۹۲
۲۸	SIDE SKI	۴۳۲,۷۷	۱۶۸,۵۲	۳۰	۱۲۹۸۳,۱	۵۰۵۵,۶

جدول (۲): مشخصات حجم جابه جایی و مرکز بویانسی در آبخوره های مختلف

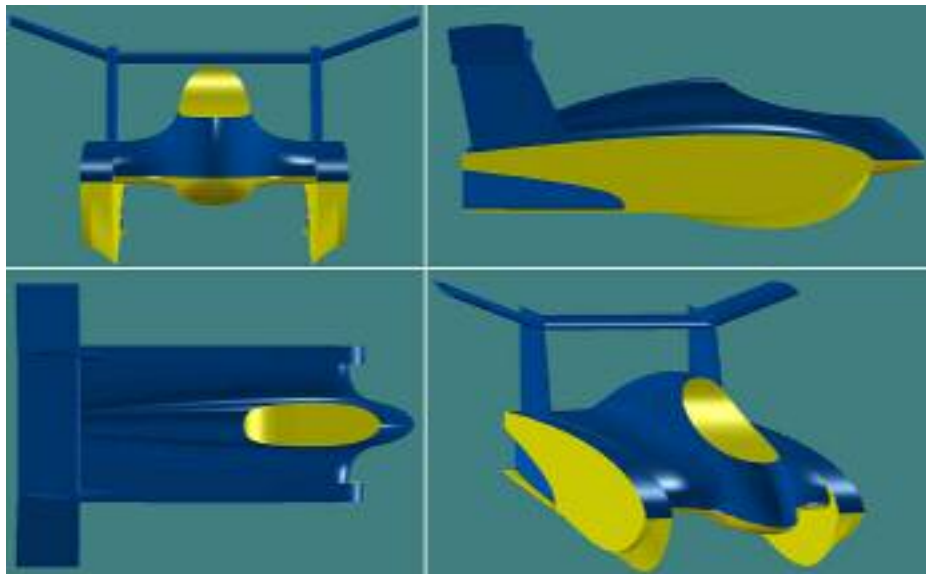
ارتفاع آبخور (cm)	حجم جا به جایی (m <sup>۳</sup> )	مختصات افقی بویانسی (m)	مختصات عمودی بویانسی (m)	طول سطح آبخور (m)	ممان اینرسی سطح آبخور (m <sup>۴</sup> )
۴	۰,۰۱۱۸۷۹۸	۳,۶۷۸۶۴۵	-۰,۳۸۸۳۳	۱,۱۸۸	۰,۰۶۹۸۶۲
۸	۰,۰۴۷۵۱۹۱	۳,۳۰۲۲۴۸	-۰,۳۶۱۶۷	۲,۳۷۶	۰,۵۵۸۸۹۲
۱۲	۰,۱۰۶۹۱۷۹	۲,۹۲۵۸۵۲	-۰,۳۳۵	۳,۵۶۳۹	۱,۸۸۶۱۰۲
۱۶	۰,۱۸۷۱۷۹۸	۲,۵۹۱۸۹۴	-۰,۳۰۹۰۶	۴,۱۷۲۶	۳,۰۲۶۹۷۶

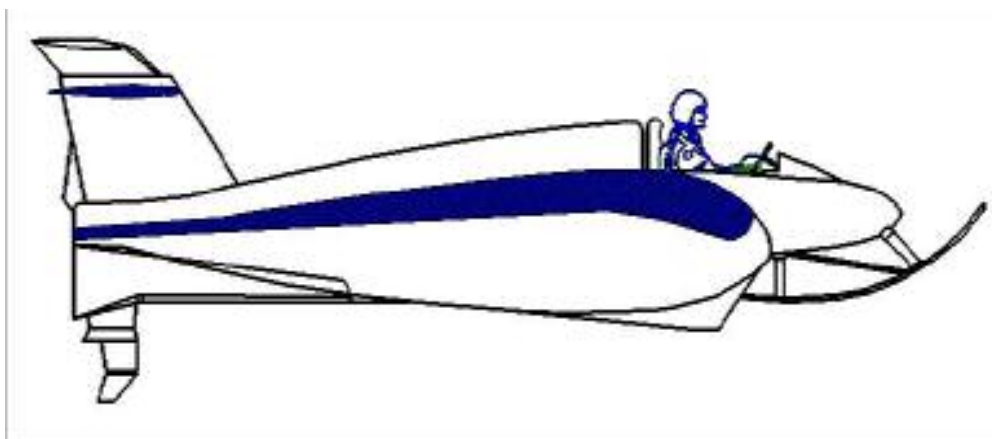


۲۰	۰,۲۷۰۹۲۶۱	۲,۴۳۷۸۸۶	-۰,۲۸۶۱۶	۴,۲۰۲	۳,۰۹۱۴۱۲
۲۴	۰,۳۵۵۲۶۰۲	۲,۳۵۹۶۶۱	-۰,۲۶۴۵۱	۴,۲۳۱۴	۳,۱۵۶۷۵۶
۲۸	۰,۴۴۰۱۸۲۲	۲,۳۱۴۰۱۵	-۰,۲۴۳۳۸	۴,۲۶۰۸	۳,۲۲۳۰۱۴
۳۲	۰,۵۲۵۶۹۲۱	۲,۲۸۵۳۴۴	-۰,۲۲۲۴۹	۴,۲۹۰۲	۳,۲۹۰۱۹۳
۳۶	۰,۶۱۱۷۸۹۸	۲,۲۶۶۶۴۲	-۰,۲۰۱۷۳	۴,۳۱۹۶	۳,۳۵۸۲۹۹
۴۰	۰,۶۹۸۴۷۵۴	۲,۲۵۴۲۹۴	-۰,۱۸۱۰۴	۴,۳۴۹	۳,۴۲۷۳۳۸
۴۱,۵	۰,۷۳۱۱۳۴۱	۲,۲۵۰۸۵۲	-۰,۱۷۳۲۹	۴,۳۶	۳,۴۵۳۴۱۱

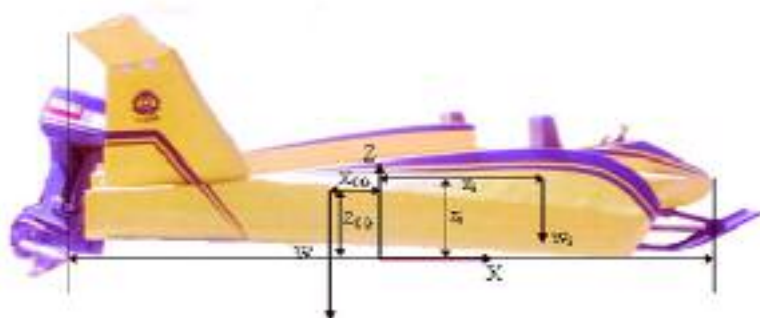
جدول (۳): مشخصات حجم جابه‌جایی و مرکز بویانسی در حالت *Standard, Normal, Full*

حجم جابه‌جایی ( $m^3$ )	مختصات افقی بویانسی ( $m$ )	مختصات عمودی بویانسی ( $m$ )	طول سطح آب‌خور ( $m$ )	ممان اینرسی سطح آب‌خور ( $m^4$ )	ارتفاع آب‌خور ( $cm$ )
۰,۴۷۸۰۴۸۸	۲,۳۰۱۳۱۸	-۰,۲۳۴۱۳	۴,۲۷۳۸۱۹	۳,۲۵۲۷۶۳	۲۹,۷۷۱
۰,۵۶۰۹۷۵۶	۲,۲۷۷۶۸	-۰,۲۱۳۹۹	۴,۳۰۲۲۴۸	۳,۳۱۸۱۰۳	۳۳,۶۳۹
۰,۶۴۳۹۰۲۴	۲,۲۶۲۰۶۸	-۰,۱۹۴۰۷	۴,۳۳۰۴۹۱	۳,۳۸۳۸۷۵	۳۷,۴۸۱

شکل (۱): مدلسازی سه بعدی از شناور *outrider*



شکل (۲) شماتیک کلی شناور Outrider و وضعیت Cross Structure



شکل (۳): تعیین مرکز جرم شناور در امتداد محورهای سه گانه



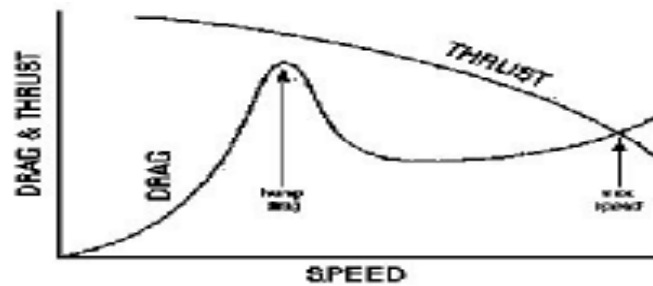
شکل (۴): شناور outrider در حال حرکت در حالت ماکزیمم سرعت (طرح امریکایی)



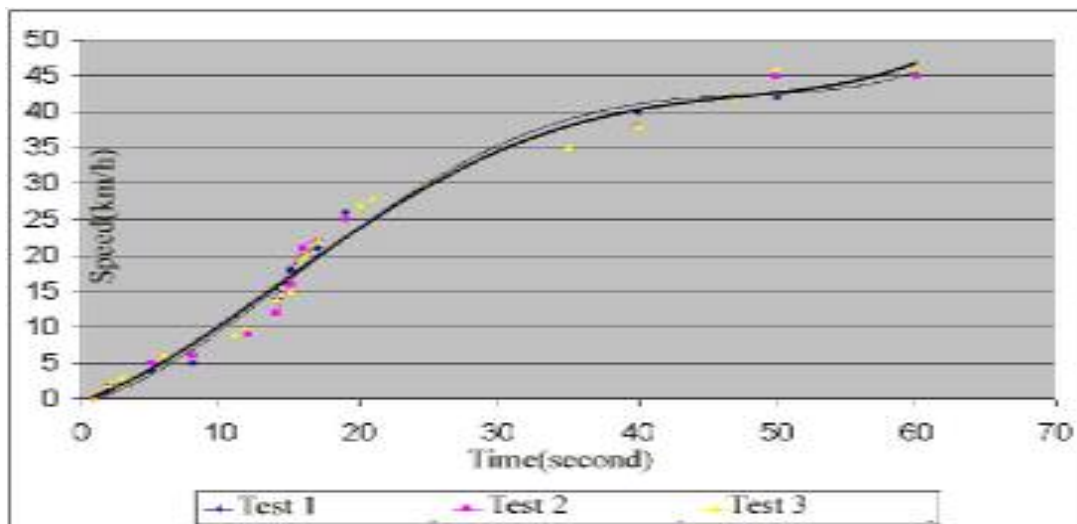




شکل (۵): شناور *Outrider* در زمان انجام تست



شکل (۶): نمودار درگ و تراست و وضعیت *Hump Speed* در شناورهای دریایی



شکل (۷): نمودار نتایج بدست آمده از سرعت شناور *Outrider* در ۶۰ ثانیه اولیه

مراجع:

- [ ۱ ] A.SHARKWING/FLYINGBOAT/KLEM/Outrider /Florida/Usa/۲۰۰۲
- [ ۲ ] The Trimaran Concept and Trimaran Roll Damping/ University College London  
Tom Grafton/ Marine Research Group
- [ ۳ ] AMPHIBIOUS ASSAULT SHIPS FOR THE ۲۱ CENTURY  
ROBERT BEBERMEYER, USN / KONSTANTINOS GALANIS, HN / SHELLY  
PRICE/ USN ۳۰ MAY ۲۰۰۲



[۴] B. A. Ackers, T. J. Michael, O. W. Tredennick, H. C. Landen, E. R. Miller III, J. P. Sadowsky, J. B. Hadler. An Investigation of the Resistance Characteristics of Powered /Trimaran Side-Hull Configurations. SNAME Transactions Vol. ۱۰۵, pages ۳۴۹-۳۶۱, ۱۹۹۷

[۵] J. Zhang. Design and Hydrodynamic Performance of Trimaran Displacement Ships. Doctor of Philosophy thesis, Department of Mechanical Engineering, University College London, London, England, ۱۹۹۷