تاثیر فرم بدنه بر عملکرد هیدرودینامیکی شناورهای بومی لنج

محمدرضا بابایی[۱]، محمدرضا نگهداری[۲*]، عطاءاله قره چائی[۲]، ابوذر ابراهیمی[۲]

[۱] فارغ التحصیل کارشناسی ارشد/مهندسی دریا، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار
[۲] عضو هیئت علمی دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار (m.r.negahdari@gmail.com)

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۹/۰۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۰۷
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۰۹

کلماتکلیدی:
شناور لنج
فرم بدنه
STAR CCM+
کاهش مصرف سوخت

چکیده

چندین هزار فروند شناور سنتی ایرانی از نوع لنج در خلیج‌فارس و دریای عمان تردد می‌کنندو نقش مهمی در معیشت مستقیم صدها هزار نفر در این پهنه ساحلی دارند. ساخت شناورهای سنتی بیشتر بر اساس تجربه بوده و بر خلاف شـــناورهای تجاری مدرن، در طراحی آنها از محاســـبات پیشـــرفته مهندســـی، مدل‌ســازی‌های پیچیده کامپیوتری و تســت‌های آزمایشــگاهی اســتفاده نمی‌شــود؛ بنابراین بهینه‌ســازی و کاهش سوخت مصرفی آنها حائز اهمیت بوده و اگر بتوان به‌گونه‌ای بازدهی این نوع شناورها را افزایش داد، قدمی بزرگ در راستای افزایش کارایی آنها است.

در این تحقیق با درنظرگرفتن فرم بدنه شناور نمونه و ارائه چند فرم بدنه اصلاح شده، با مدل‌سازی عددی در نرم‌افزار STAR CCM+، فرم بدنه بهینه با کم‌ترین مقاومت هیدرودینامیکی مشخص شد.

نتایج نشان می‌دهد مقاومت بدنه شناور با اصلاح فرم پاشنه حدود ۱۰ درصد کاهش یافته،که این مقدار با اصلاح فرم سینه به حدود ۲۰ درصد می‌رسد. بدین‌ترتیب با اصلاح فرم پاشنه مصرف سوخت ۱۳ درصد کاهش می یابد، و با اعمال اصلاح فرم سینه این مقدار به حدود ۳۰ درصد می‌رسد.

The effects of hullform on the hydrodynamic performance of dhows

Mohammadreza Babaei[1],Mohammadreza Negahdari[2*],Ataollah Gharechae[2], Abuzar Ebrahimi[2]

[1]Master of science in marine engineering; Chabahar Maritime University
[2]Faculty member of Chabahar Maritime University (m.r.negahdari@gmail.com)

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 24 Nov 2023
Accepted: 26 Apr 2024
Available online: 28 Apr 2024

Keywords:
dhow
Hull Form
STAR CCM+
Fuel Consumption Reduction

ABSTRACT

Several thousand traditional Iranian dhows navigate the Persian Gulf and Oman Sea and play an important role in the livelihood of hundreds of thousands of people in this coastal area. The construction of these traditional vessels is more based on experience and unlike modern commercial vessels, advanced engineering calculations, complex computer modeling, and laboratory tests are not used in their design; Therefore, optimizing and reducing their fuel consumption is important, and if it is possible to increase the efficiency of these types of vessels, it is a big step towards increasing their efficiency.

In this research, the optimal body form with the least hydrodynamic resistance was determined by considering the sample dhow body form and presenting several modified body forms, with numerical modeling in STAR CCM+ software.

The results show that the resistance of the vessel is reduced by 10% by modifying the aft body, and this value reaches 20% by modifying the shape of the bow. Thus, by modifying the vessel aft, fuel consumption is reduced by 13%, and by applying the modification of the vessel bow, this value reaches about 30%.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.61186/marineeng.20.42.46]

۱- مقدمه

صنایع دریایی در تمام دنیا و همچنین در ایران یکی از صنایع حیاتی و با اشتغال‌زایی بالا است. در جنوب و شمال کشور ایران، اشتغال بسیاری از مردم وابسته به دریا و صنایع جانبی آن است. انواع مختلفی از شناورها به لحاظ اندازه و کاربری در این مناطق فعالیت می‌کنند که نقش ویژه‌ای در اقتصاد دریا محور ایفا می‌کنند. اندازه این شناورها از شناورهای صیادی کوچک با تناژ کمتر از ۳ تن (طول حدود ۶ متر) تا نفتکش‌هایULCC با تناژ حداقل ۳۰۰ هزار تن (طول بیش از ۳۰۰ متر) متغیر است. یکی از پرکاربردترین شناورهای مورداستفاده در دریاهای جنوب ایران و به خصوص منطقه در یایی مکران، لنج ها هستند. لنج ها جزو شناورهای بومی اندازه متوسط تقسیم‌بندی می‌شوند و می‌توانند به فعالیت صیادی یا تجاری (حمل‌ونقل بار بین بنادر داخلی و کشورهای همسایه) بپردازند. طبق آمارهای سازمان بنادر و دریانوردی، بیش از ۱۰ هزار فروند لنج در کل کشور فعالیت می‌کنند که اغلب آنها دارای تناژ بین ۲۰ تا ۴۰۰ تن هستند.

باتوجه به اینکه مصرف سوخت، بیش از نیمی از کل هزینه‌های عملیاتی یک کشتی را به خود اختصاص می‌دهد، مسئله کاهش مصرف سوخت همواره در کانون توجه بوده است و مالکان وکاربران کشتی‌ها درجهت کسب حداکثر بازده از سوخت‌مصرفی شناورهای خود تلاش می‌کنند.از سوی دیگر، باتوجه به تعداد بسیار زیاد شناورهای لنج در حوضه خلیج فارس و دریای عمان، مقوله مصرف سوخت وآلودگی ناشی از آن بسیار حائز اهمیت و قابل مطالعه است. در ادامه به برخی از پژوهش‌های اخیر در راستای کاهش مصرف سوخت کشتی‌هامی‌پردازیم:

عمریاکوب و همکارانش در سال ۲۰۰۴ به بررسی کاهش مقاومت شناورهای پلنیینگ با اضافه کردن یک باله پاشنه بر روی بدنه پرداختند[1].

توکلی و سیف در سال ۱۳۸۴مهمترین فاکتور در مصرف سوخت را مقاومت شناور بیان نمودند. آنان در تحقیقات خود استفاده از پوشش‌های جدید،کاهش وزن، بهبود فرم بدنه، ترزیق حباب هوا، استفاده از سیستم‌های پیش‌برنده جدید، بهبود عملکرد سیستم رانش، و دقت در نگهداری و بهرهبرداری شناور را از عوامل مهم در کاهش مصرف سوخت اعلام نمودند [2].

احمدزاده و موسوی در سال۱۳۹۵با روش دینامیک سیالات محاسباتی به بررسی اثر خزه‌های دریایی(فولینگ) بر روی مقاومت شناورها پرداختند. مدل‌سازی‌ها در درجه‌های مختلف نشان داد که وجود یک لایه بسیار نازک از لجن و گل لای بر بدنه شناورموجب افزایش ۴/۵۸ درصدی نیروی درگ می‌شود[3]. همچنین با استفاده از پوشش‌های نوین ضد خزه نیروی درگ ناشی از فولینگ‌ها تا ۳۷ درصد کاهش می‌یابد.

سیف و همکاران در سال۱۳۹۶بر روی بهینه سازی تریم شناور در آبخور طراحی به منظور کاهش مصرف سوخت مطالعه نمودند[4]. در این راستا مقاومت بدنه یک شناور کانتینربر مدل، تحت عنوان KCS، در آبخور طراحی محاسبه شد. این تحلیل به صورت حل عددی در نرم‌افزار+STAR CCM، برای تریم‌های ۰/۱ -تا ۱ /۰ + انجام شد. سپس نتایج به بدنه شناور اصلی تعمیم داده شد و با مدل‌سازی سیستم رانش در تریم‌های مختلف، میزان مصرف سوخت شناور محاسبه شد. با توجه به نتایج مدل‌سازی و شبیه سازی بدنه شناور، بهینه سازی تریم شناور منجر به کاهش ۱/۰۲ درصدی مصرف سوخت شد.

رضا درستکار و همکاران درسال ۱۴۰۱ از یک لنج فایبرگلاس مدلی با طول ۹۵ سانتی‌متر ساخته و درحوضچه کشش آزمایشگاه ملی دریایی شهدای خلیج‌فارس[1]مورد آزمایش قرار دادند[5]. ابعاد شناور مورد مطالعه در شکل ۱ و خلاصه نتایج تست کشش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱:خلاصه‌نتایج‌آزمایش‌مدل‌شناورلنج[5]

سرعت(m/s)	مقاومت(N)
۰,۵	۰,۲۶۳
۰,۸	۰,۸۰۵
۱,۱	۲,۴۷۷
۱,۵	۱۵,۶۲

۲- معادلات اساسی حاکم

خصوصیات جریان از قبیل سرعت‌ها، فشار و دیگر متغیرها را می‌توان از طریق معادلات حاکم بر جریان سیال به دست آورد. چالش مهم، چگونگی حل این معادلات است. برای هندسه‌ها و میدان های جریان و یا جریان های مغشوش حل تحلیلی این معادلات امکان پذیر نیست. بنابراین، حل عددی این معادلات بهترین گزینه پیش‌رو است. محققان در مسائل جریان های مغشوش سعی بر آن دارند تا با تکنیک‌های موجود، معادلات حاکم بر جریان، را به شکل مناسب و قابل‌حل تبدیل نموده، سپس با استفاده از امکانات موجود، معادلات حاصل را حل، و نتایج موردنیاز را بدست آورند. هر چه طبیعت جریان در روش حل بهتر مدل شود، نتایج دقیق‌تر خواهد بود.[6,7,8]

معادله پیوستگی، معادلات مومنتوم (معادلات ناویراستوکس) و معادله انرژی، معادلات حاکم بر حرکت سیال هستند.

[1]National IranainMarine Laboratory (NIMALA)

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.61186/marineeng.20.42.46]

با توجه به این که جریان مورد بررسی در این پژوهش جریان آشفته است، این معادلات را می‌توان به فرم زیر نوشت:

معادله پیوستگی:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i)=0 \quad (۱)$$

معادله مومنتوم:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i)+\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\mu\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right) - \rho\overline{\acute{u}_i \acute{u}_j}\right) \quad (۲)$$

معادله انرژی:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho(h+0.5{u_i}^2)\right)+\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\rho u_j(h+0.5{u_i}^2)\right) = \frac{\partial p}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x_j}(u_i\tau_{ij}-\rho\overline{\acute{u}_i \acute{u}_j}) \quad (۳)$$

که در آن تانسور تنش τ_{ij} و رابطه آنتالپی h به فرم زیر بیان می‌شود:

$$\tau_{ij}=\mu\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j}+\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)-\frac{2}{3}\mu\frac{\partial u_i}{\partial x_i}\delta_{ij} \quad (۴)$$

$$h=c_p T \quad (۵)$$

معادلات فوق به‌صورت کوپل معادلات دیفرانسیل با مشتقات جزئی شامل ۵ معادله و ۶ مجهول T, u, w, p, v, ρ است. [9,10]

معادلات RANS، معادلات متوسط زمانی برای حرکت جریان سیال هستند که برای توصیف جریان‌های آشفته استفاده می‌شوند. این معادلات تقریبی از حل‌های متوسط زمانی معادلات ناویرا ستوکس را بر اساس خواص جریان آشفته، ارائه می‌دهند. تغییرات مومنتوم اجزای سیال با توجه به ناپایداری و جابه‌جایی در جریان متوسط را می‌توان در سمت چپ این معادله دید که به‌وسیله نیروهای جسمی، تنش‌های آیزونتروپیک مربوط به میدان فشار، تنش‌های لزجی و تنش‌های ظاهری مربوط به‌سرعت نوسانی (که به تنش رینولدز معروف‌اند) متوازن می‌شوند.[11,12] این عبارت تنش رینولدز غیرخطی، نیاز به مدل‌سازی اضافی به‌منظور نزدیکی به معادله RANS برای حل آن دارد و مدل‌های آشفتگی مختلفی را ایجاد می‌کنند.

۳ –هندسه مساله

شناور مورد مطالعه یک لنج صیادی فایبرگلاس است که در یک کارگاه لنج‌سازی در جزیره قشم ساخته شده است. در جدول ۲ و نیز شکل ۱ و ۲ مشخصات شناور آورده شده است.

جدول ۲:اطلاعات شناور

طول	۲۱/۱ متر
عرض	۷/۱ متر
ارتفاع	۳/۳ متر
آبخور	۲/۲ متر
سرعت طراحی	۵/۱۴ m/s(10 Kn)

۴– فرم‌های ارائه شده

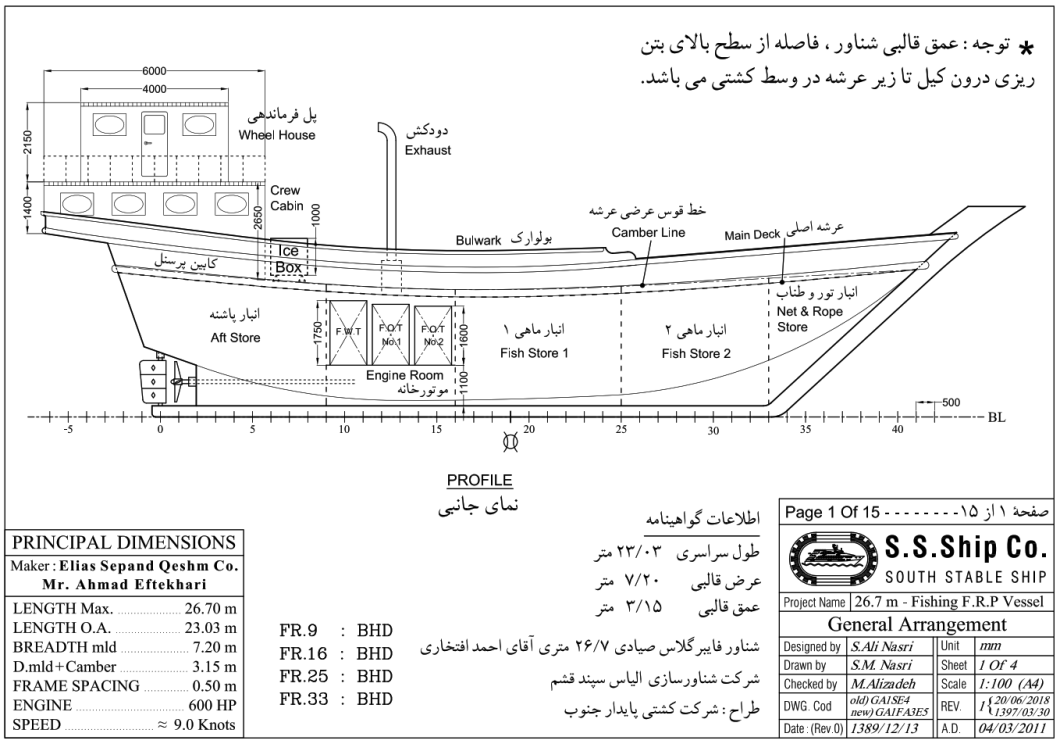
طراحی فرم بدنه برای شناورها از اهمیت بسزایی برخوردار است به‌گونه‌ای که فرایند طراحی تأثیر زیادی بر روی وزن شناور، مشخصات هیدرودینامیکی آن و در نهایت هزینه ساخت و میزان بار قابل‌حمل آن دارد.

طراحی خطوط بدنه برای انواع شناور یکی از چالش‌های اصلی برای طراحان کشتی است. بر اساس دانش هیدرودینامیک، نتایج آزمایش‌های حوضچه کشش و در برخی موارد حس شهودی، طراحان می‌توانند خطوط بدنه را بهبود بخشند. ولی، این فرآیند پرهزینه و اغلب زمان‌بر است. همچنین در انتها، به داده‌هایاعتبارسنجی از آزمایش‌های دریایی نیاز دارد. با معرفی روش هایCFD ارزیابی تعداد زیادی فرم بدنه با هزینه کمتر امکان‌پذیر شده است و نسل‌های جدیدکشتی‌ها را می‌توانسریع‌تر و با دقت بیشتر توسعه داد.

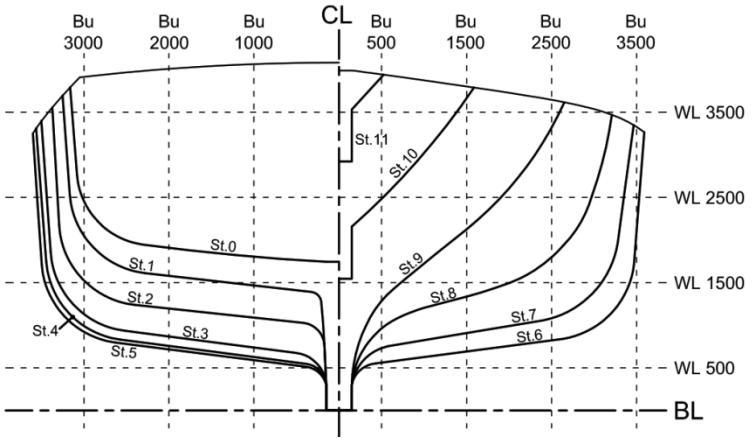
در این پژوهش با توجه به مبانی علم هیدرودینامیک و نبود داده‌های تجربی تست مدل برای انواع فرم‌های پاشنه، با الهام‌گرفتن از فرم پاشنه چند نمونه شناور مانند یدک‌کش و گونه‌های دیگر شناورهای باری تعدادی فرم پاشنه پیشنهاد شده است.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.61186/marineeng.20.42.46]



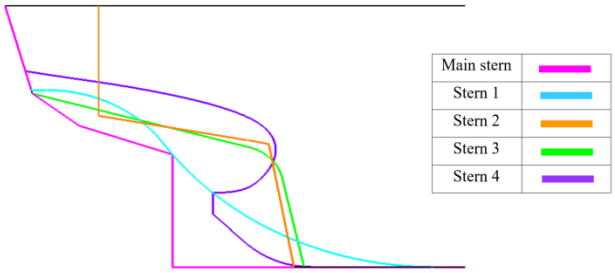
شکل۱: نقشه جانمایی عمومی شناورمورد مطالعه



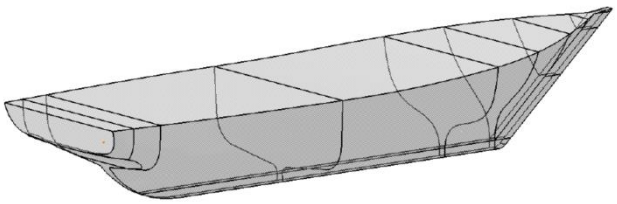
شکل۱: خطوط بدنه شناور

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-26]

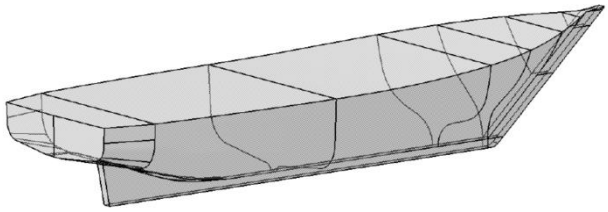
[DOI: 10.61186/marineeng.20.42.46]



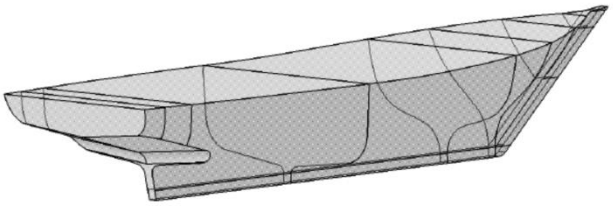
شکل۲: پاشنه‌های پیشنهادی



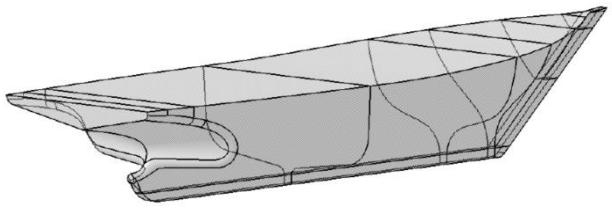
استرن ۱



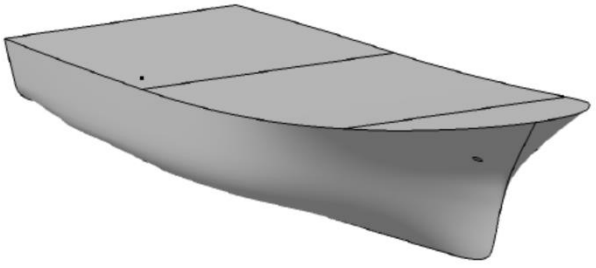
استرن ۲



استرن ۳



استرن ۴



سینه بافرم موج‌شکن

شکل۴: شکل سه‌بعدی فرم‌های پیشنهادی

جدول ۳: حجم جابه‌جایی استرن‌های پیشنهادی

	حجم جابه‌جایی (∇) m^3	مساحت سطح خیس (S) m^2	درصد تفاوت حجم جابه‌جایی با شناور اصلی
شناوراصلی	۱۳۱,۳۱۲	۱۶۱,۵۷۱	
استرن ۱	۱۲۹,۳۶۸	۱۵۹,۱۵۲	-٪۱,۵۵۶
استرن ۲	۱۳۱,۶۵	۱۶۴,۲۲۶	+٪۰,۲۵۷
استرن ۳	۱۲۶,۷۰۹	۱۵۷,۷۹۲	-٪۳,۵۲
استرن ۴	۱۲۱,۵۲۲	۱۴۸,۵۶	-٪۷,۴۳
موج شکن	۱۴۳,۱۶۸	۱۵۹,۱۵۳	+٪۹,۰۲

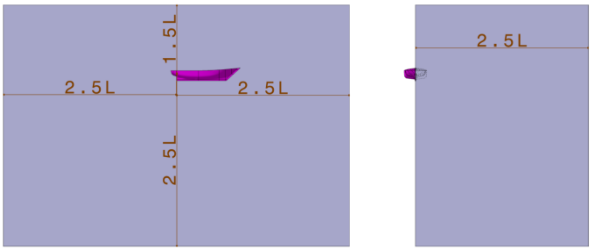
۵- شبیه سازی عددی

در میان شـــیوه های عددی قابل دســـترس در CFD روش حجم کنترل به صـرفه اسـت. در این روش محدوده محاسـباتی به حجم کنترل های کوچک تقسیم شده که اصطلاحاً به آنها سلول گویند و معادلات RANS به صورت مجزا برای هر یک از آنها حل می‌شود.

۵-۱- دامنه محاسباتی و شرایط مرزی

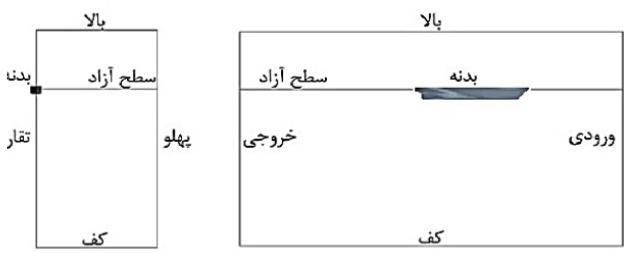
محدوده محاســـباتی باید به گونه ای انتخاب شـــود تا از جریان برگشتی در مرز خروجی، واگرا شدن موج در مرز دیواره‌ها و اثرات آب کم عمق در مرز پایینی جلوگیری کند، همچنین باعث افزایش بیهوده تعداد شبکه نگردد.

ابعاد دامنه محا سباتی (حو ضچه ک شش) باتوجه‌به ابعاد شناور، بر اساس استانداردها و توصیه‌هایITTC در نظر گرفته شده است.



شکل۳: ابعاد دامنه محاسباتی

برای شبیه‌سازی نیاز است تا مرزهای دامنه محاسباتی مشخص و شـــرایط اولیه بر روی آنها اعمال گردد. شـــکل ۶ مرزهای دامنه محاســباتی را نشـان می‌دهد. همچنین نوع این مرزها در جدول ۴ آورده شده است.



شکل۶: مرزهای دامنه محاسباتی

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.61186/marineeng.20.42.46]

جدول ۴: شرایط اولیه حاکم بر مرزها

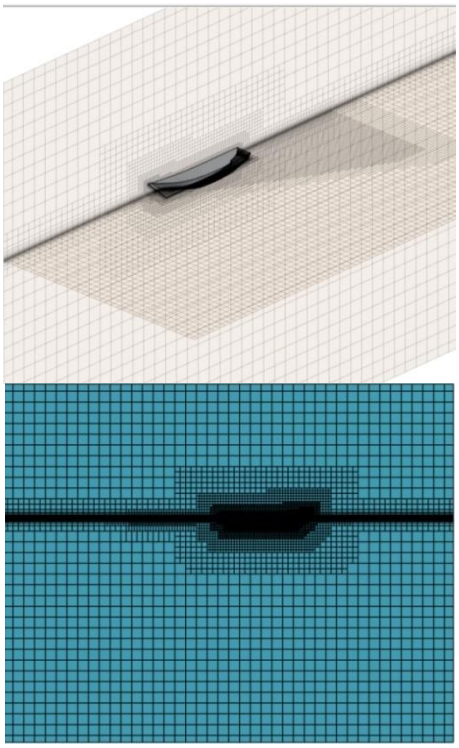
نام مرز	شرایط مرزی
بالا	سرعت ورودی
کف	سرعت ورودی
ورودی	سرعت ورودی
خروجی	فشار خروجی
پهلو	سرعت ورودی
تقارن	صفحه تقارن

۲-۵- مدل سازی فیزیکی

در این شبیه سازی از جریان توربولانس ناپایدار[1] و مدل آشفتکی متداول کی اپسیلن در اطراف بدنه شناور، همچنین از مدل دوفازی اویلر جهت شبیه سازی جریان دوفازی آب و هوا استفاده شده است. به منظور شبیه سازی سطح آزاد نیز از روش کسر حجمی سیال در حالت موج صاف استفاده شده است.

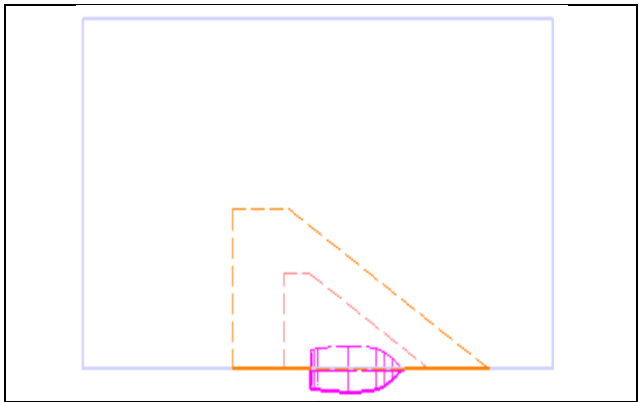
۳-۵- شبکه بندی

شبکه‌بندی به منظور تبدیل دامنه محاسباتی به زیر دامنه‌های کوچک‌تر برای حل معادلات مومنتوم، آشفتگی، انرژی و در انتها به‌دست‌آورد. نتایج برای تمامی سطوح مدل شبیه‌سازی‌شده استفاده می شود. شبکه‌بندی مهم‌ترین بخش یک شبیه سازی در حیطه دینامیک سیالات محاسباتی است که عدم آشنایی و تسلط کافی موجب خطا و شبیه‌سازی نادرست می‌شود. به‌طورکلی آنالیز مقاومت در نرم‌افزار استار سی‌سی‌ام با استفاده از شبکه‌بندی حجمی تریم بر روی سطح خیس بدنه صورت می‌گیرد. استفاده از این نوع شبکه‌بندی به معنی توزیع غیریکنواخت سطح در دامنه محاسباتی است.



شکل۷: شبکه‌بندی دامنه محاسباتی

باتوجه به دوفازی بودن مسئله و اهمیت امواج ایجاد شده در محدوده اطراف شناور و بهبود ناحیه سطح آزاد[3] همچنین جهت بهبود وضوح ویژگی‌های جریان (مانند جریان جدایی و دنباله کلوین[4]، شبکه‌بندی در این نواحی باید به اندازه کافی ریز باشد، بدین منظور می‌توان از اصلاحات حجمی[5] (مطابق با شکل ۸) بر روی شبکه استفاده نمود.



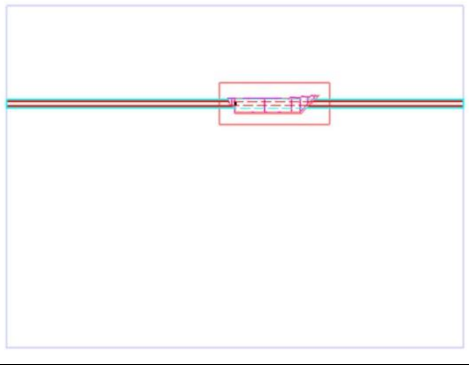
نواحی کلوین

[1] Volume of Fluid
[3] Free Surface
[4] Kelvin Wake
[5] Volumetric Refinement

[1] unsteady turbulent

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.61186/marineeng.20.42.46]



نواحی سطح آزاد و نزدیک بدنه

شکل۸: اصلاحات حجمی دامنه محاسباتی

۵-۳-۱ تنظیمات حل، استقلال از گام زمانی

در این بخش با هدف بررسی کاهش گام زمانی بر روی نتایج حاصل از شبیه‌سازی، شبیه‌سازی را با دو گام زمانی متفاوت انجام و نتایج حاصل را با یکدیگر مقایسه می‌نماییم.

با مشاهده نتایج موجود در جدول ۵ ملاحظه می‌شود که بعد از آزمون و خطای دوم تغییر چشمگیری در نتیجه شبیه‌سازی مشاهده نمی شود، بنابراین گام زمانی مرحله ۱ برای شبیه سازی مدل مناسب است.

جدول۵: اطلاعات مربوط به استقلال شبکه

	مرحله	گام زمانی(s)	مقاومت (N)
☑	۱	۰,۰۱	۲,۳۸۶۶۰۰۰
	۲	۰,۰۰۵	۲,۳۸۴۶۳۲۸

۵-۳-۲- استقلال شبکه

جهت صحت سنجی شبیه‌سازی شناور مدل، با تغییر ابعاد و اندازه شبکه‌ها در بخش اندازه مبناِ[1]فزارمی‌توان به حجم شبکه بهینه دست‌یافت. این تغییرات، تا زمانی که با افزایش اندازه شبکه در مجهولات شبیه‌سازی تغییر چندانی ایجاد نشود، ادامه پیدا می‌کند و سایر شبیه‌سازی‌ها با همین میزان شبکه صورت می‌گیرد.

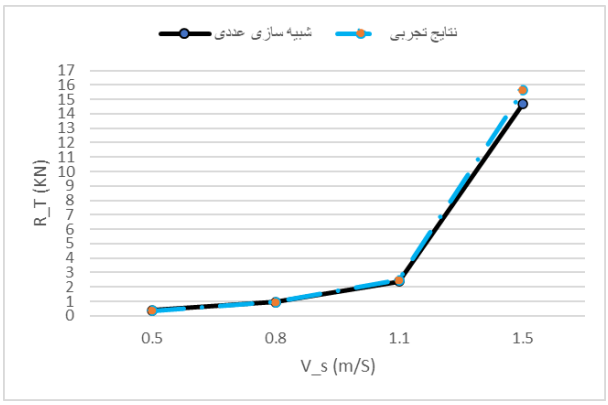
همان‌طورکه در جدول ۶ مشاهده می‌شود، بعد از آزمون خطای سوم تغییر چشمگیری در نتایج مشاهده نمی‌شود. بنابراین به عنوان شبکه بندی بهینه از آن استفاده شده و سایر شبیه سازی‌ها براساس این تنظیمات انجام می‌شود.

جدول ۶: شرایط اولیه حاکم بر مرزها

	مرحله	تعداد سلول	تعداد صفحه	تعداد نقاط	مقاومت (نیوتن)
	۱	۱,۰۵۳,۰۷۸	۳,۱۴۲,۷۲۲	۱,۱۰۹,۵۴۴	۲۵,۴۴۹,۶۷
	۲	۱,۲۳۷,۱۱۷	۳,۴۹۶,۴۴۰	۱,۲۹۵,۶۶۰	۲۴,۸۵۵,۷۸
☑	۳	۱,۹۲۷۲۶۷	۵,۷۳۸,۳۱۱	۱,۹۸۷,۴۶۰	۲۴,۷۸۴,۳۷
	۴	۳,۲۱۲,۸۴۱	۹,۵۷۱,۳۲۰	۳,۲۹۵,۹۶۶	۲۴,۷۰۶,۱۵
	۵	۴,۴۹۸,۴۱۴	۱۳,۴۰۴,۳۲۸	۴,۶۰۴,۴۷۱	۲۴,۶۲۷,۹۳

۶- اعتبار سنجی

برای اطمینان از صحت شبیه‌سازی نتایج حاصل از آن با داده‌های آزمایشگاهی موجود (مرجع [5]) مقایسه و در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. همانطور که نتایج نشان می‌دهد، بیشترین اختلاف بین نتایج حل عددی و تست تجربی مدل حدود ۶٪ است که دقت قابل‌قبول نتایج شبیه‌سازی را نشان می‌دهد.



شکل۴: مقایسه نتایج تحلیل عددی و تجربی شناور مدل

۷- نتایج شبیه سازی

باتو جه به اهمیت سرعت طراحی، و همچنین کاهش حجم محاسبات، به شبیه‌سازی مقاومت هیدرودینامیکی فرم‌های پیشنهادی در سرعت طراحی (5.14 m/s)می‌پردازیم. نتایج موید آن است که تغییر فرم بدنه بر روی مقاومت فشاری بیشتر از مقاومت اصطکاکی تأثیرمی‌گذارد.

همانطور که نتایج ارائه شده در شکل ۹ نشان می‌دهد، مقاومت اصطکاکی پاشنه ۲ به دلیل افزایش سطح خیس حدود ۰,۶۵٪ افزایش داشته، اما مقاومت فشاری آن حدود ۱۳,۳۵٪ کاهش داشته که در مجموع موجب کاهش مقاومت کل شناور در حدود ۱۰,۳٪ نسبت به شناوراصلی شده است.

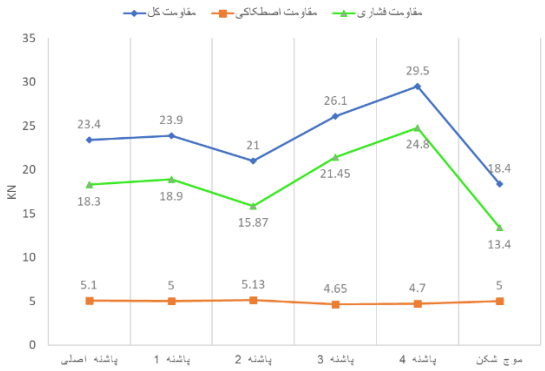
همچنین مشاهده می‌شود که افزودن فرم موج‌شکن، باعث تغییرات جزئی در مقاومت اصطکاکی شناور شده، اما مقاومت فشاری شناور را دچار تغییرات زیادی می‌کند که در مجموع باعث کاهش ۲۱,۵٪

[1] Base Size

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.61186/marineeng.20.42.46]

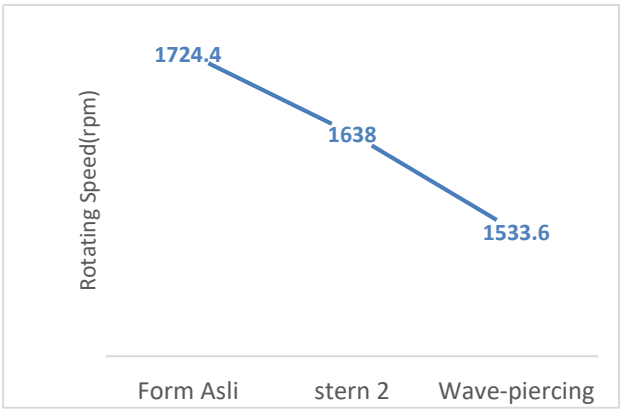
مقاومت کل نسبت به مقاومت کل شناور اصلی می‌شود (شکل ۱۰ ملاحظه شود).



شکل۱۰: مقاومت فرم‌های مختلف

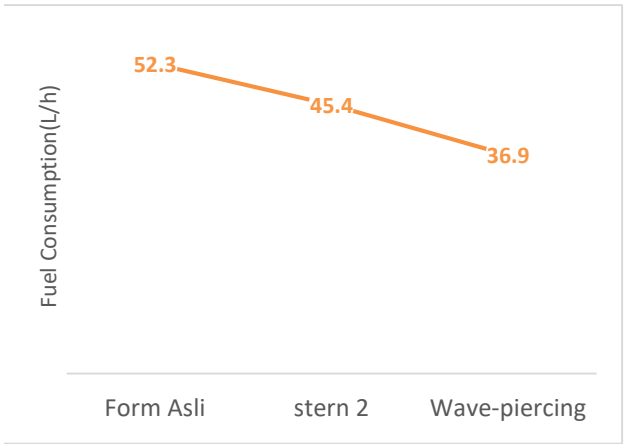
۸- مصرف سوخت

کاهش مقاومت در فرم‌های پیشنهادی، سبب کاهش دور موتور و در نتیجه کاهش مصرف سوخت می‌گردید؛ و با توجه به منحنی مصرف سوخت موتور شناور می‌توان مصرف سوخت شناور را به دست آورد. شکل ۱۱ سرعت دور موتور برای رسیدن به توان مورد نیاز در هر کدام از فرم‌های بدنه پیشنهادی را نشان می‌دهد.



شکل۱۱: سرعت دورانی فرم‌های بهینه

نتایج شکل ۱۱ نشان می‌دهدکه فرم بدنه در مصرف سوخت شناور بسیار تاثیر گذار است، به گونه‌ای که با اصلاح فرم پاشنه حدود ۱۳ درصد و با اصلاح فرم سینه حدود ۳۰ درصد مصرف سوخت نسبت به شناور اصلی کاهش یافته است.



شکل۵: مصرف سوخت فرم‌های بهینه

۹- نتیجه گیری

فرم بدنه شناور یکی از مهمترین پارامترهایی ا ست که می‌تواند بر روی مقاومت هیدرودینامیکی آن تاثیر بگذارد. با توجه به اینکه سهم مقاومت فشاری بسیار بیشتر از مقاومت اصطکاکی است لذا ا صلاح فرم بدنه در جهت کاهش مقاومت ف شاری ب سیار ضروری است.

در این پژوهش با درنظرگرفتن فرم بد نه یک لنج صیادی فایبرگلاس به عنوان شناور نمونه و ارائه چند فرم بدنه اصلاح شده، با مدل‌سازی عددی در نرم‌افزار STAR CCM+، فرم بدنه بهینه با کم‌ترین مقاومت هیدرودینامیکی مشخص شد. نتایج نشان می‌دهد مقاومت بدنه شناور با ا صلاح فرم پا شنه حدود ۱۰ در صد کاهش یافته،که این مقدار با اصلاح فرم سینه به حدود ۲۰ درصد می‌ر سد. بدین‌ترتیب با ا صلاح فرم پا شنه م صرف سوخت شناور حدود ۱۳درصد کاهش می‌یابد که برای شناور فوق معادل حدود ۷ لیتر در ساعت است و با در نظر گرفتن ۱۸ ساعت کاری در شبانه‌روز، حدود ۱۲۶ لیتر مصرف سوخت روزانه شناور کاهش می‌یابد و در طول یک ماه برابر با ۳۷۸۰ لیتر است. که با توجه به قیمت جهانی سوخت، این مقدار کاهش مصرف سوخت دارای ارزش اقتصادی بالایی است.

۱۰- مراجع

1-Yaakob, O., Shamsuddin, S., & King, K. K. (2004). Stern Flap for Resistance Reduction of Planning Hull Craft, Journal Technology, Vol. 41(A) Dis, pp. 43-52.

2-Tavakli, M., Saif, M. (1384). Methods of reducing fuel consumption in vessels. The 7th National Conference of Marine Industries of Iran.(In Persian) /https://civilica.com/doc/7177

3- Ahmadzadeh Talatepe, M., Mousavi, M. (2015). Numerical simulation of sea moss attached to the hull of vessels and application of practical and modern methods in order to reduce the drag force caused by them. Marine Engineering, 12(23): 81-92 (In Persian)

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.61186/marineeng.20.42.46]

4- Saif Mohammad, S., Kazemipour Esfarjani, A., Zulfiqaransab, F. (2016). Reducing floating fuel consumption by optimizing trim. The ۱۹th National Marine Industry Conference. (In Persian)
5-- Dorastkar, Reza. Ebrahimi, Abuzar. Experimental investigation of added resistance and barge floating movements in regular waves (1401). Chabahar University of Maritime and Marine Sciences, Master's Thesis. (In Persian)
6-Rhee, S. H., Kawamura, T., & Li, H, (2005). Propeller cavitation study using an unstructured grid based navier-stoker solver, https://doi.org/10.1115/1.1989370.
7- Taheri, R., & Mazaheri, K. (2012). Blade Shape Optimization of Marine Propeller via *Genetic Algorithm for Efficiency Improvement.* Paper presented at the Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air, https://doi.org/10.1115/GT2012-68183.
8-Vessaz, C., Tournier, C., Münch, C., & Avellan, F. (2013). Design optimization of a 2D blade by means of milling tool path. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 6(3), 157-166, https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2013.05.002.
9-Wang, J., Zhao, W., & Wan, D. (2019). Simulations of Self-Propelled Fully Appended Ship Model at Different Speeds. International Journal of Computational Methods, 16(05), 1840015 .
10-Watanabe, T., Kawamura, T., Takekoshi, Y., Maeda, M., & Rhee, S. H. (2003). Simulation of steady and unsteady cavitation on a marine propeller using a RANS CFD code. Paper presented at theProceedings of The Fifth International Symposium on Cavitation (Cav.
11-Zhang, F., Chen, S., & Khalid, M. (2002). Optimizations of airfoil and wing using genetic algorithm. Paper presented at the 23rd Congress of International Council of the Aeronautical Sciences, Toronto, Canada.
12-Razaghian, A., Ebrahimi, A., Zahedi, F., Javanmardi, M., & Seif, M. (2021) Investigating the effect of geometric parameters on hydrodynamic and hydro-acoustic performances of submerged propellers. *Applied Ocean Research, 114*, 102773, https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.102773.

[Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-26]

[DOI: 10.61186/marineeng.20.42.46]