# مطالعه عددی و تحلیل هیدرودینامیکی پروانه شارو

**حسن سیروسی[۱]، محمدرضا نگهداری[۲*]**

[۱] دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی دریا، دانشگاه علوم دریایی و دریانوردی چابهار، چابهار، hassansirousi@gmail.com
[۲] استادیار، گروه مهندسی دریا، دانشکده مهندسی دریا، دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار، چابهار، M.r.negahdari@gmail.com

**اطلاعات مقاله**

*تاریخچه مقاله:*
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۰۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۹/۱۴
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۰۹/۱۷

*کلمات کلیدی:*
پروانه شارو
تست آب آزاد
تراست و بازدهی
روش های عددی و تجربی
دینامیک سیالات محاسباتی

**چکیده**

پروانه‌ها به عنوان اصلی ترین پیش‌برنده های شناورها محسوب می‌شوند و از ابتدا تا کنون، مهندسان همواره در تلاش بوده‌اند تا عملکرد پروانه‌ها، از جمله تراست و بازدهی آن‌ها را افزایش دهند. با در نظر گرفتن اینکه پروانه‌های جدیدی به نام پروانه شارو[1] معرفی شده است، این تحقیق تلاشی برای طراحی، مدلسازی و تحلیل این نوع پروانه ها است. با توجه به اینکه که داده های زیادی از نحوه عملکرد این پروانه از جمله تراست و بازده آنها موجود نیست؛ لذا مقایسه لازم با پروانه های سری B و سری استاندارد پروانه های شناورهای تندرو، در شرایط قطر و گام یکسان انجام شده است تا اطمینان حاصل شود که هندسه پروانه مدلسازی شده، می تواند به عنوان پروانه شناور استفاده شود. برای این منظور با استفاده از نرم افزار سالیدورک مدلسازی لازم صورت گرفت و دو پروانه با پارامترهای هندسی متفاوت ولی با قطر و گام یکسان مدلسازی شده است. برای بررسی نحوه عملکرد پروانه ها، در نرم افزار شبیه سازی STAR CCM + تست آب آزاد گرفته شد و داده هایی نظیر تراست و گشتاور تولیدی توسط پروانه و بازده پروانه ها استخراج گردید و این کمیت ها نیز با سایر پروانه های ذکرشده، مقایسه گردید. نتیجه حاصل به این صورت شد که پروانه Sharrow 1 نسبت به دیگر پروانه ها دارای افزایش بازدهی ۳ تا ۲۷ درصدی و پروانه Sharrow 2، ۱/۵ تا ۲/۵ برابر تراست تولید می کند.

# Numerical study and hydrodynamic analysis of Sharrow propeller

**Hassan Sirousi[1], Dr. Mohammadreza Negahdari[2*]**

*1 Undergraduate student, Marine Engineering Department, Faculty of Marine Engineering, Chabahar University of Maritime and Marine Sciences, Chabahar, hassansirousi@gmail.com*
*2 Assistant Professor, Marine Engineering Department, Faculty of Marine Engineering, Chabahar University of Maritime and Marine Sciences, Chabahar, M.r.negahdari@gmail.com*

**ARTICLE INFO**

*Article History:*
Received: 23 Aug 2023
Accepted: 04 Dec 2024
Available online: 07 Dec 2024

*Keywords:*
Sharrow Propeller
Open Water Test
Thrust and Efficiency
Numerical methods
Experimental methods
CFD and EFD

**ABSTRACT**

Propellers are considered as the main propulsion of vessels and from the beginning until now, engineers have always been trying to increase the performance of propellers, including their thrust and efficiency. Since new propellers, Sharrow Propeller, have been introduced, this research attempts to design, model, and analyze this propeller type. Considering that there is no information available on the performance characteristics of these propellers, including thrust and efficiency, they should be compared with the propellers of the B-series and the standard series of high-speed vessels with the same diameter and pitch to make sure that the geometry of the modeled propeller can be used as a vessel propeller. For this purpose, modeling was done using SolidWorks software, and two propellers with different geometric parameters but with the same diameter and pitch were modeled. To check the performance of the propeller, an open water test was taken in the simulation software STAR CCM + and data such as the thrust and torque produced by the propeller and the efficiency of the propeller were extracted. These characteristics are compared with the other mentioned propellers. The result was that Sharrow propeller 1 has a 3 to 27% increase in efficiency compared to other propellers and Sharrow propeller 2 produces 1.5 to 2.5 times more thrust.

[1] Sharrow Propeller

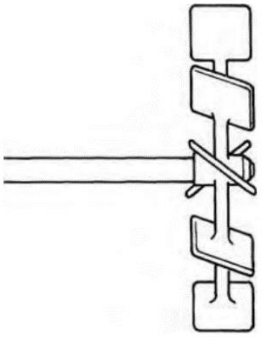
[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]
[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

**۱ - مقدمه**

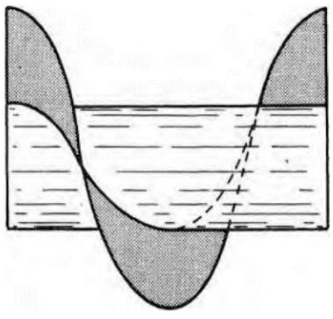
پروانه ها یکی از پرکاربرد ترین پیش برنده ها و عامل ایجاد حرکت شـــناور ها محســـوب می شـــوند [۱]. از زمان گذشـــته طراحان و مهندسان در حال تلاش برای طراحی بهترین نوع پروانه برای شناور هـا بوده انـد. اولین ایـده دهنـده پروانـه و طراح آن را می توان ارشـــمیدس و لئوناردو داوینچی نام برد، که بعدا مهندســـان طراحی پیش برنده شناور ها، آن ایده ها را گسترش دادند. لازم به ذکر است به طور کلی طراحی ســـیســـتم‌های دریایی به صـــورت عددی یا آزمایشگاهی انجام می‌گردد [۲, ۳].

سال ۱۷۵۲ میلادی، برنولی چرخ پروانه[2] را معرفی کرد که در شکل ۱ نشان داده شده است و برنده جایزه آکادمی علوم در پاریس شد. او محاسبه کرده بود که این پروانه توسط یک موتور بخار با حدودا ۲۰ تا ۲۵ اسب بخار، کشتی خاصی را تا حدود کمتر از ۲/۵ گره دریایی به حرکت در می آورد. همزمان با آن ریاضیدان فرانسوی به نام پائوتون[3] پروانه ای ارائه کرد که برگرفته از پیچ ارشمیدسی بود؛ شکل ۲، [۴].

دانشـــمندانی که برای طراحی پروانه و پیش برنده شـــناور در طول ز مان تلاش کرد ند، می توان به پروا نه جوزف برا ماه در ســـال ۱۷۸۵میلادی، پروانه های عکس گرد تو سط م سیو دولمن در سال ۱۸۲۴ میلادی و ... نام برد؛ و دیگر پروا نه ها که در طول ز مان توسط مهندسان طراحی شدند؛ [۴].



**شکل۱- پروانه برنولی [۴]**



**شکل۲- پروانه پیچ ارشمیدسی [۴]**

[2] propeller wheels
[3] Paucton

مهندسان و محققان همواره در تلاش برای افزایش عملکرد پروانه ها با استفاده از تغییرات پارامتر های هندسی پروانه ها هستند.

در ســـال ۲۰۱۹ رحیم مالمیر به مطالعه و بررســـی تاثیر تعداد پره های پروا نه و زاو یه انحراف پره پروا نه[4] بر عملکرد پروا نه پردا خت نتیجه گرفت که راندمان هیدرودینامیکی پروانه با زاویه انحراف برابر با ۰ درجه در مقایســـه با پروانه با زاویه انحراف برابر با ۵۲ درجه در ضریب پیشروی ۰/۸۸ حدود ۱۹/۴ درصد افزایش یافته است [۵].

جیانوی و همکاران در ســـال ۲۰۲۱ به بررســـی بر روی پروانه های لوپ شکل در صنعت آیرودینامیک پرداختند و برر سی های تجربی نشان داد که این پروانه ها به طور قابل توجهی سطوح فشار صدا را کاهش می دهند، به ویژه در نویز ، پاســخ های آکوســتیک را بهبود می بخشند [۶].

همچنین الیور و همکاران در سال ۲۰۲۳ تاثیر سطح گسترش یافته پروانه بر تراســـت پروانه برای یک قایق برقی را مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه حاصل شد که سطح گسترش یافته زیر ۰/۶ منا سب تر بوده و تراست بیشتری تولید میکند [۷].

در سال ۲۰۲۳ مسروپیان و همکاران به بررسی پروانه لوپ پرداختند و نتیجه حاصل شد که ضرایب تراست و گشتاور افزایش یافته است [۸]. سان و همکاران در سال ۲۰۲۳ به طراحی پروانه لوپ سه پره پرداختند و دریافتند که باعث کاهش ۱۵ دســـی بل در نویز در فرکانس عبور پره دســـت یافتند [۹]. حســـن و همکاران در ســـال ۲۰۲۴ به برر سی یک نوع پروانه لوپ پرداختند و نتیجه این شد که ضـــرایب هیدرودینامیکی نســـبت افزایش ۰/۲۷ تا ۱۲/۳۱ درصـــدی داشت [۱۰].

در مطالعه حاضـر پروانه شـارو به روش عددی CFD، مدلسـازی و تحلیل شده و عملکرد آن بررسی شده است. به دلیل اینکه اطلاعات م شخ صی از ضرایب عملکرد این پروانه موجود نی ست و تحقیقات گسترده ای انجام نشده است، این مطالعه گامی کوچک در دستیابی به دانش فنی این نوع پروانه ها است. همچنین برای مقایسه ضرایب عملکردی پروانه شارو مدلسازی شده، از دو پروانه، سری B و سری ا ستاندارد پروانه قایق ا ستفاده شده ا ست. لذا دو حالت برای پروانه شارو مدلسازی و تحلیل شده ا ست و برای اینکه مقایسه منا سبی صورت گیرد، همه پروانه ها دارای شرایط یکسان با قطر ۰/۳۸۲ متر و ۰/۴۶۶ متر و گام ۰/۴۳۱۸ متر می باشـــند و شـــبیه ســـازی در ضـــرایب پیشـــروی و ســـرعت پیشـــروی یکســـان و با ســـرعت دورانی ۳۰۰۰ دور بر دقیقه انجام شده است.

لازم به ذکر اســـت در تحلیل بعضـــی ســـیســـتم‌های دریایی به جای روش عددی CFD روش جریان پتانسـیل با زمان محاسـباتی کمتر نتایج قابل قبولی می‌دهد[۱۱-۱۳].

[4] Skew



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

## ۲ - معادلات اساسی حاکم

با توجه به نوع مسئله و نرم افزار شبیه سازی STAR CCM+ معادلات حاکم بر مسئله، معادلات پیوستگی و ممنتوم هستند، که با عنوان معادلات ناویر- استوکس شناخته می‌شوند. این معادلات، معادلات حاکم بر جریان سیال هستند که از قوانین اساسی بقای جرم و تکانه مشتق شده‌اند که طبق رابطه (۱) بیان می شود:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \qquad (۱)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial^2 x_j} + g_i$$

که در این رابطه u مولفه سرعت، P مولفه فشار، ν ویسکوزیته سینماتیکی و $g_i$ مولفه گرانش است.

همچنین معادلات استفاده شده برای استخراج ضرایب عملکرد پروانه و راندمان تولیدی توسط پروانه بصورت روابط ۲ تا ۵ قابل بیان می باشد:

ضریب تراست $(K_t)$ :

$$K_t = \frac{T}{\rho n^2 D^4} \qquad (۲)$$

ضریب گشتاور $(K_q)$ :

$$K_q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5} \qquad (۳)$$

بازده آب باز پروانه $(c_{o.})$ :

$$\eta_O = \frac{K_t}{K_q} \cdot \frac{J}{2\pi} \qquad (۴)$$

که در رابطه فوق ضریب پیشروی $(J)$ بصورت زیر بیان می گردد:

$$J = \frac{V_A}{nD} \qquad (۵)$$

که در آن ρ چگالی سیال برحسب کیلوگرم بر مترکعب، D قطر پروانه برحسب متر، n سرعت دورانی پروانه برحسب دور بر ثانیه، $V_A$سرعت پیشروی برحسب متر بر ثانیه، T تراست تولیدی پروانه برحسب نیوتون، Q گشتاور پروانه برحسب نیوتون_متر، J ضریب پیشروی، $K_t$ ضریب تراست، $K_q$ ضریب گشتاور و $\eta_O$ بازده آب آزاد پروانه است.

روابط ذکر شده (۲)، (۳)، (۴) و (۵) در نرم افزار شبیه سازی STAR CCM + مورد استفاده قرار گرفته شده و نتایج حاصل از آن به صورت اعداد و نمودار استخراج شده است. که در بخش نتایج برای دو قطر به صورت جداگانه آورده شده است.

## ۳ - مشخصات هندسه پروانه ها

در این بخش دو هندسه متفاوت از پروانه شارو با استفاده از نرم افزار سالیدورک مدلسازی شده است. این دو هندسه دارای قطر و گام برابر اما پارامتر های هندسی متفاوت هستند.

از آنجا که نتایج مشخصی از این نوع پروانه در خصوص تراست، گشتاور، بازده و ... ارائه نشده است؛ به منظور بررسی عملکرد پروانه های شارو مدل سازی شده، از دو هندسه پروانه سری B و سری استاندارد پروانه شناور های تندرو استفاده شده است. شایان ذکر است که همه هندسه ها دارای قطر و گام برابر هستند [۱۴]. همچنین هندسه پروانه ها در دو قطر مدل سازی شده اند.

**جدول۱- مشخصات هندسه پروانه ها**

| پارامتر | نماد | اندازه | واحد |
|---|---|---|---|
| **قطر ۱** | $D_1$ | ۰/۳۸۲ | متر |
| **قطر ۲** | $D_2$ | ۰/۴۶۶ | متر |
| **گام** | P | ۰/۴۳۱۸ | متر |
| **تعداد پره ها** | Z | ۳ | - |

نتایج یکی از سایت های که این نوع پروانه را برروی قایق تست کرده است [۱۵]، فقط پارامترهای قطر و گام پروانه ذکر شده است، که در آن قطر پروانه ۱۵/۰۴ اینچ که برابر ۰/۳۸۲ متر و گام پروانه ۱۷ اینچ بوده است.

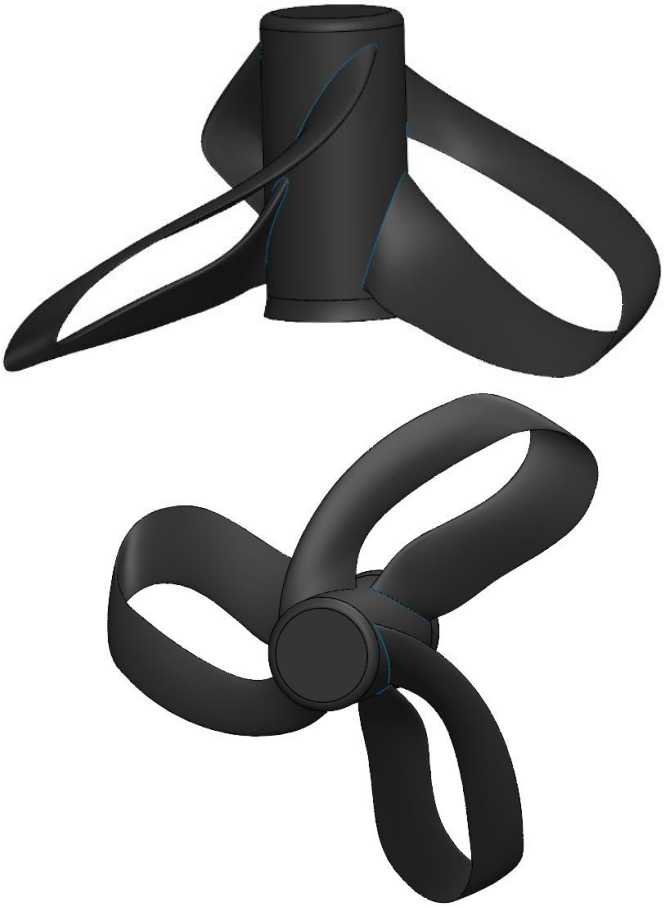
در تستی که از این پروانه گرفته شده است، غالباً در دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه انجام شده است و قایق با سرعت حدوداً ۲۷/۵ مایل بر ساعت حرکت می کند. که این سرعت تقریباً برابر ۱۱/۵ متر بر ثانیه است. به همین دلیل در مدل سازی حاضر شبیه سازی ها در دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه انجام شده اند.

برای مقایسه عملکرد های پروانه های انتخابی، پارامتر ها در ضریب پیشروی ۰/۶ بررسی شده است که طبق رابطه (۵) با داشتن قطر و ضریب پیشروی و دور، سرعت پیشروی قابل محاسبه خواهد بود؛ که تقریباً برابر ۱۱/۵ متر بر ثانیه است که دقیقا برابر همان سرعت شناور می باشد که از اثر ضریب ویک صرف نظر شده است.

شکل ۴ هندسه پروانه سری استاندارد B می باشد که به اختصار نام هندسه B-Series گذاشته شده است. این هندسه از مرجع پروانه های سری B [۱۶] برگرفته شده است؛ و تمام ملاحظات نظیر قطر، گام، نسبت سطح گسترده و... رعایت شده است. ضمناً همه پروانه ها ۳ پره انتخاب شده اند تا بتوان مقایسه مطلوب تری بین هندسه ها که دارای پارامترهای هندسی مشابه هستند، صورت گیرد.

[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

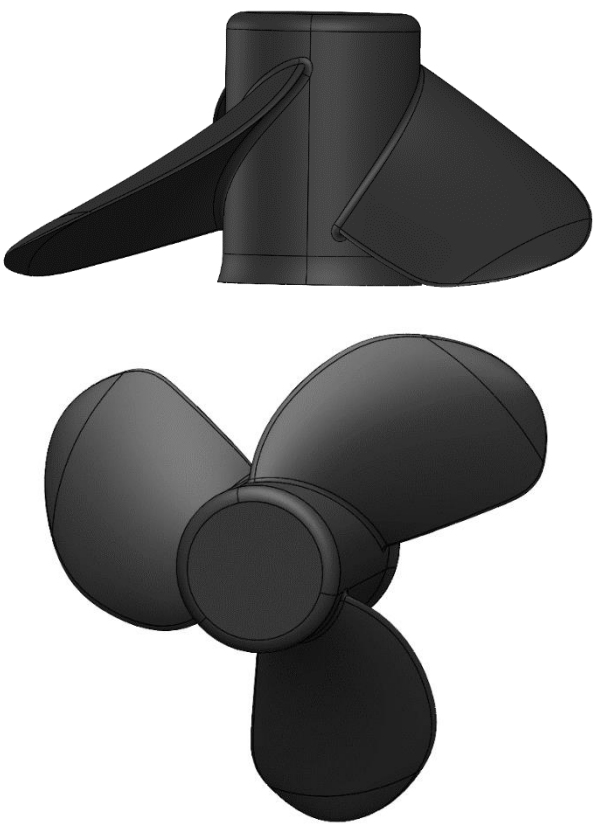
[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]



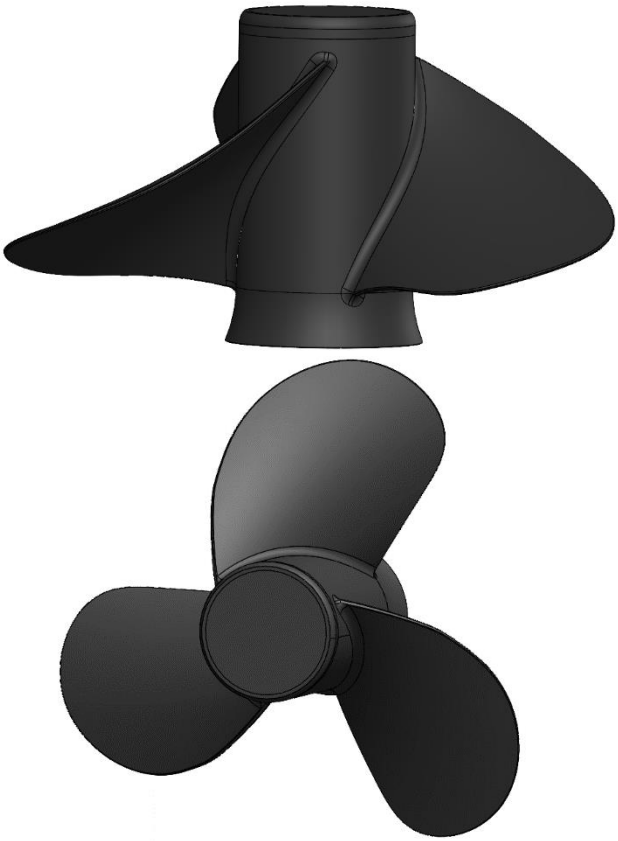
شکل۳- هندسه پروانه Sharrow 1



شکل۵- هندسه پروانه Sharrow 2



شکل۴- هندسه پروانه B-Series



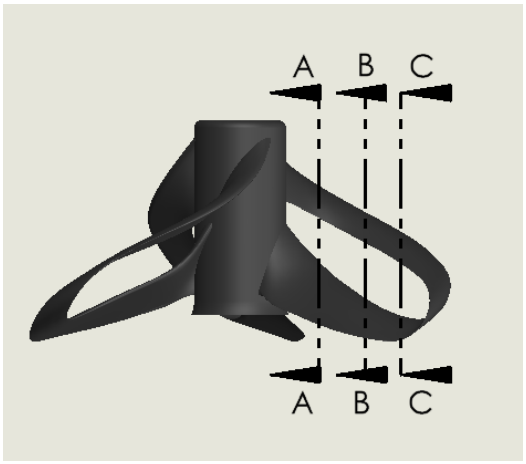
شکل۶- هندسه پروانه Standard



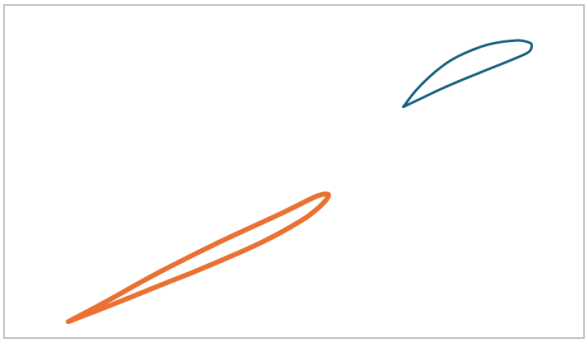
[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

## ۳-۱- مقطع هندسه پروانه های شارو



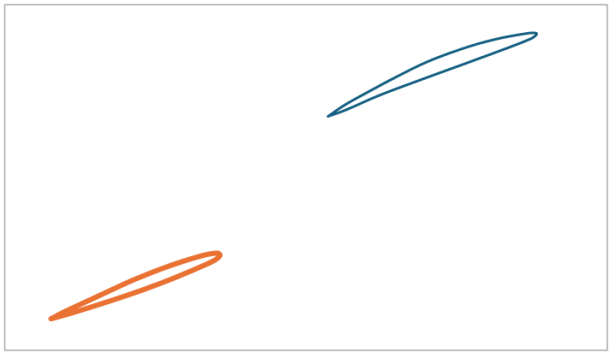

شکل۷- برش هایی از پره پروانه Sharrow 1



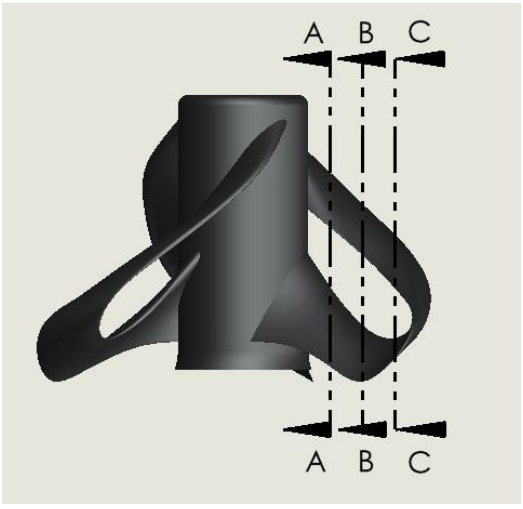
شکل۸- پروانه Sharrow 1 مقطع A-A در ۰/۴ R



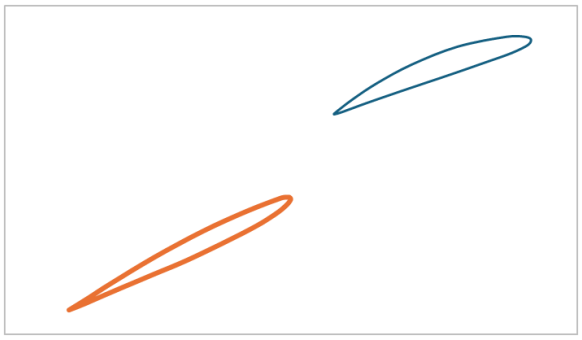
شکل۹- پروانه Sharrow 1 مقطع B-B در ۰/۵۵ R



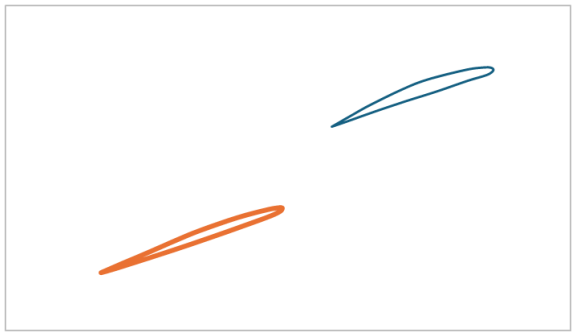
شکل۱۰- پروانه Sharrow 1 مقطع C-C در ۰/۷ R



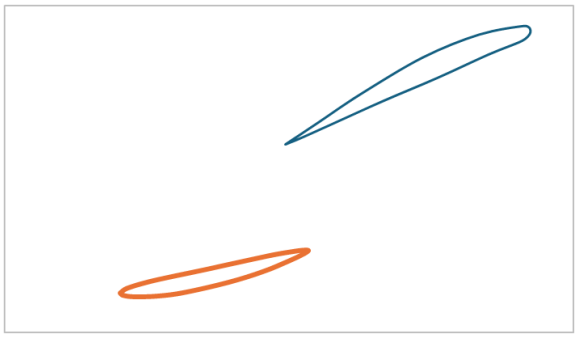

شکل۱۱- برش هایی از پره پروانه Sharrow 2



شکل۱۲- پروانه Sharrow 2 مقطع A-A در ۰/۴ R



شکل۱۳- پروانه Sharrow 2 مقطع B-B در ۰/۵۵ R



شکل۱۴- پروانه Sharrow 2 مقطع C-C در ۰/۷ R

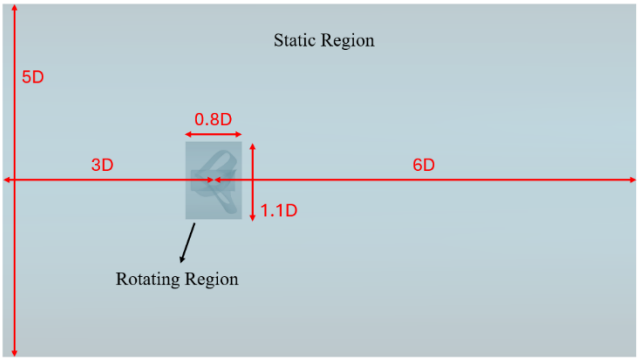
## ۴- دامنه محاسباتی و شرایط مرزی

[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

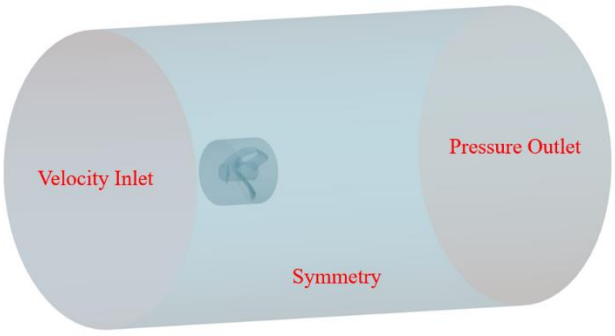
[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

به منظور شبیه سازی عددی جریان اطراف پروانه ابتدا باید دامنه محاسباتی مناسب انتخاب شود. در این شبیه سازی از روش قاب مرجع متحرک[5] استفاده شده است که درستی و کارآمد بودن این روش مورد بررسی قرار گرفته است [۱۷]و [۱۸] . در این روش دامنه محاسباتی از دو بخش استاتیک و متحرک تشکیل شده است؛ به گونه ای که پروانه بصورت ثابت قرار دارد و دامنه بصورت متحرک در اطراف پروانه و به صورت چرخشی حرکت می کند و سیال اطراف هندسه پروانه را به حرکت در می آورد. این قسمت به شکل استوانه اطراف پروانه قرار می گیرد و با دامنه استاتیک در ارتباط است تا اطلاعات را به دامنه استاتیک و برعکس انتقال دهد.

ابعاد دامنه محاسباتی باید به گونه ای انتخاب شود تا ضمن ارضا کردن مرز بی نهایت و عدم تداخل با میدان ویک پروانه، باعث بزرگ شدن دامنه و افزایش تعداد شبکه و در نتیجه سبب افزایش هزینه محاسباتی نشود. در شکل ۱۶ سیال آب از مرز Velocity Inlet یا مرز ورودی وارد مخزن شده، استوانه Rotating Region سیال را اطراف پروانه می چرخاند و خروجی سیال از مرز Pressure Outlet است. مرز Symmetry یا مرز تقارن به این دلیل انتخاب شده است تا مرز بی نهایت را اطراف پروانه شبیه سازی کند.




**شکل۱۵- نمایی از دامنه محاسباتی و ابعاد آن**



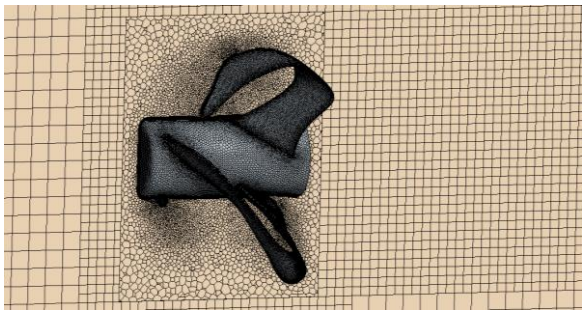

**شکل۱۶- شرایط مرزی دامنه**

[5] Moving Reference Frame (MRF)

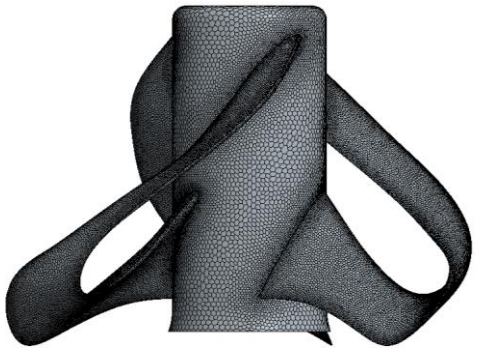
## ۵- شبکه بندی دامنه محاسباتی

برای به دست آوردن یک مش سطحی با کیفیت بالا از مش Surface remesher استفاده شد [۱۹].

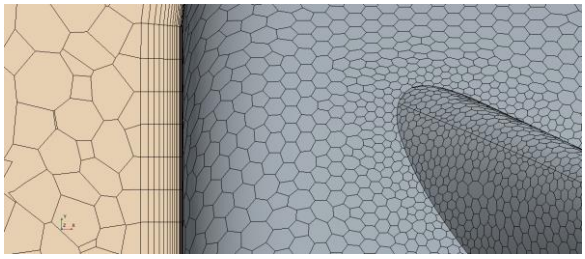
با توجه به نوع مسئله، پیچیدگی هندسه پروانه و کاهش هزینه محاسباتی از دو نوع شبکه استفاده کردیم. به صورتی که منطقه متحرک[6] که شامل پروانه و منطقه متحرک هست، از شبکه چند وجهی[7] و منطقه ثابت[8] از شبکه مربعی[9] به دلیل کاهش تعداد شبکه و کاهش هزینه محاسبات، استفاده شده است.



**شکل۱۷- نمایی از شبکه بندی اطراف پروانه**



**شکل۱۸- شبکه بندی سطوح پروانه**



**شکل۱۹- نمایی از شبکه بندی لایه مرزی**

منطقه متحرک درون منطقه ثابت قرار دارد پس منطقه متحرک نیز از نوع مربعی نیز باید شبکه بندی می شد ولی با ایجاد ارتباط بین دو منطقه، همانطور که پیداست منطقه متحرک فقط به صورت چندوجهی شبکه بندی شده است؛ که این امر موجب کاهش تعداد شبکه ها و کاهش هزینه محاسباتی می شود.

[6] Rotating Region
[7] Polyhedral
[8] Static Region
[9] Trimmer

## ۶- مدل آشفتگی و گام زمانی



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

با توجه به اینکه اثر نوع مدل آشفتگی بر دقت محاسبه ضریب عملکرد پروانه بررسی شده است؛ لذا مقایسه نتایج حاصل شده با نتایج تجربی، نشان می دهد که مدل K-ω SST نسبت به سایر مدل های آشفتگی دقیق تر است [۲۰]. که در این شبیه سازی نیز از این نوع مدل آشفتگی استفاده شده است.همچنین برای حل این مسئله از حلگر ناپایدار ضمنی[10] استفاده شده است.

برای انتخاب گام زمانی طبق دستورالعمل ITTC 2014 [۲۱] باید حداقل در هر یک دور چرخش پروانه، ۱۸۰ گام زمانی داشته باشد. که به معنی این است که هر ۲ درجه چرخش پروانه باید یک گام زمانی باشد. رابطه (۶) در خصوص محاسبات گام زمانی مورد استفاده خواهد بود:

$$\Delta t = \frac{2}{360n} \qquad (۶)$$

که در رابطه (۶) متغیر n سرعت چرخشی پروانه برحسب دور بر ثانیه می باشد.

با توجه به اینکه کلیه شبیه سازی ها در دور ثابت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه یا ۵۰ دور بر ثانیه انجام شده است؛ پس طبق رابطه (۶) گام زمانی[11] شبیه سازی ها تقریباً برابر ۰/۰۰۰۱ خواهد بود.

## ۷- صحت سنجی روش عددی در مقایسه با روش تجربی

از آنجایی که یک شبیه سازی عددی می تواند شامل تعدادی خطا باشد ، ارزیابی دقیق نتایج با انجام تأیید و اعتبارسنجی مناسب، ضروری است [۲۲].

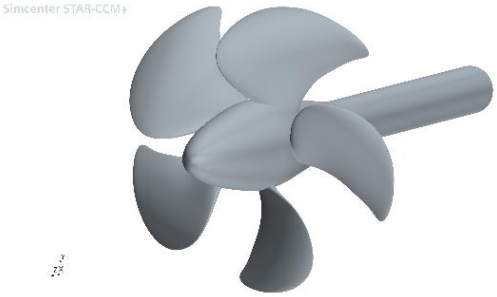
به منظور اعتبار سنجی نتایج حاصل از شبیه سازی، در این مطالعه پروانه VP1304 (PPTC) که نتایج تجربی آن موجود است، شبیه سازی شده و با داده های تجربی مقایسه شده است. این نتایج توسط SVA[12] که در کار گاه تست عملکرد پروانه که در سمپوزیوم[13] بین‌المللی پروانه‌های دریایی در هامبورگ و در ژوئن ۲۰۱۱ برگزار شد، ارائه شده‌اند؛ [۲۳]. شکل ۲۰ هندسه پروانه برگرفته شده از [۱۹] دارای قطر ۰/۲۵ متر است.

**جدول۲- شرایط تست شده در آزمایش تجربی و روش عددی**

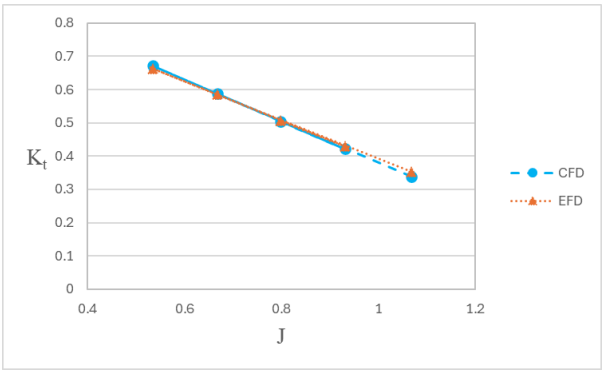
| تست | $V_A$ متر بر ثانیه | n دور بر ثانیه | J |
|---|---|---|---|
| ۱ | ۲ | ۱۴/۹۸۲ | ۰/۵۳۴۰ |
| ۲ | ۲/۵ | ۱۴/۹۸۱ | ۰/۶۶۷۵ |
| ۳ | ۳ | ۱۵/۰۲۶ | ۰/۷۹۸۶ |
| ۴ | ۳/۵ | ۱۵/۰۲۳ | ۰/۹۳۱۹ |
| ۵ | ۴ | ۱۴/۹۷۸ | ۱/۰۶۸۲ |

[10] Implicit unsteady
[11] Time step
[12] Shipbuilding Research Center
[13] Symposium

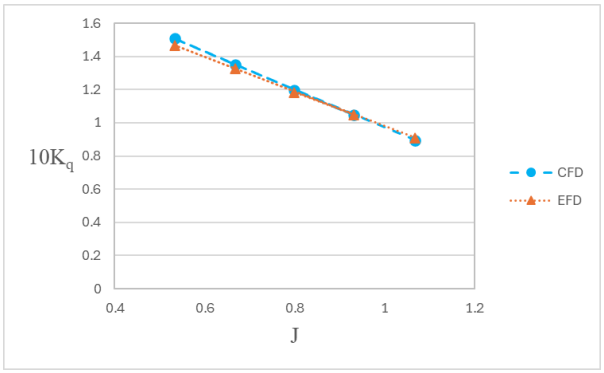
شکل های ۲۱ و ۲۲ که مربوط به مقایسه نتایج حاصل از شبیه سازی در نرم افزار STAR CCM + و نتایج تجربی می باشد، نشان دهنده این است که نتایج استخراج شده به روش عددی[14] با تقریب قابل قبول برابر با روش تجربی[15] است لذا شبیه سازی انجام شده صحیح و قابل اعتماد است.




**شکل۲۰- هندسه پروانه PPTC**

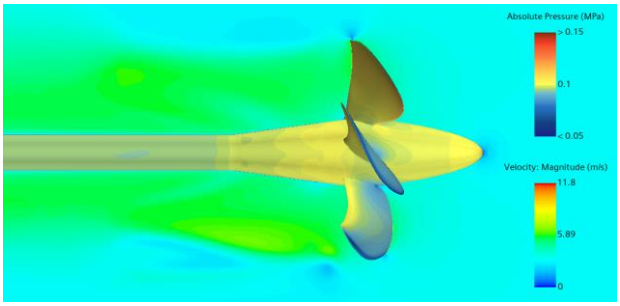



**شکل۲۱- مقایسه نتایج ضرایب تراست**




**شکل۲۲- مقایسه نتایج ضرایب گشتاور**

منظور از CFD داده های عددی استخراج شده از نرم افزار و EFD داده های استخراج شده از تست تجربی.




**شکل۲۳- سرعت جریان اطراف پروانه و توزیع فشار روی سطوح پروانه**

[14] Numerical methods
[15] Experimental methods

[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]
[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

## ۸- بررسی نتایج

### ۸-۱- بررسی و مقایسه عملکرد پروانه ها در قطر ۰/۳۸۲ متر

در این بررسی همانطور که پیش تر نیز اشاره شد همه پروانه ها دارای گام یکسان هستند. همچنین کلیه شبیه سازی ها در دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه و ضریب پیشروی صفر تا ۱/۲ انجام شده است.

### ۸-۱-۱- بررسی و مقایسه تراست و گشتاور پروانه ها قطر ۰/۳۸۲ متر

در جداول ۳، ۴، ۵ و ۶، داده های تراست و گشتاور ۴ پروانه در ضریب پیشروی های مختلف استخراج شد. از شکل ۲۴ مشخص است که پروانه Sharrow 2 در تمامی حالات نسبت به دیگر پروانه ها دارای بیشترین تراست می باشد. قابل ذکر است که تمامی این پروانه ها دارای قطر و گام برابر هستند، اما با این وجود پروانه Sharrow 2 دارای اختلاف تراست بسیار زیادی می باشد و پروانه Sharrow 1 نسبت به پروانه B-Series در ضرایب پیشروی مختلف، تراست بیشتری دارد. همچنین مشخص است که تراست پروانه Sharrow 2 با پروانه Standard در ضرایب پیشروی ۰/۴ به بعد و تراست پروانه Sharrow 1 با B-Series در ضرایب پیشروی ۰/۲ به بعد، دچار فاصله می شود که به این معناست که این دو پروانه در سرعت پیشروی های بالاتر نسبت به این دو پروانه کارآمد تر هستند و تراست بیشتری تولید می نمایند. پروانه Sharrow 2 می تواند در ضریب پیشروی های بالاتر نیز تراست تولید کند و کارآمد باشد، در صورتی که پروانه B-Series فقط تا ضریب پیشروی ۰/۸ تراست تولید می کند.

**جدول۳- تراست و گشتاور پروانه B-Series قطر ۰/۳۸۲ متر**

| J | T | واحد | Q | واحد |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۱۹/۶۷۵ | کیلو نیوتون | ۰/۹۹۹ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۲ | ۱۶/۰۸۸ | کیلو نیوتون | ۰/۸۷۳ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۴ | ۱۲/۱۳۷ | کیلو نیوتون | ۰/۷۲۵ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۶ | ۸/۵۸۹ | کیلو نیوتون | ۰/۵۷۳ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۸ | ۴/۶۳۸ | کیلو نیوتون | ۰/۳۹۵ | کیلو نیوتون - متر |

**جدول۴- تراست و گشتاور پروانه Standard قطر ۰/۳۸۲ متر**

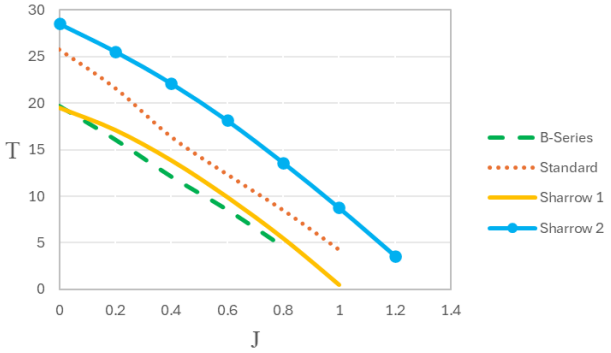
| J | T | واحد | Q | واحد |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۲۵/۷۸۵ | کیلو نیوتون | ۱/۶۴۴ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۲ | ۲۱/۶۲۹ | کیلو نیوتون | ۱/۴۵۴ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۴ | ۱۶/۳۸۴ | کیلو نیوتون | ۱/۲۲۹ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۶ | ۱۲/۳۴۳ | کیلو نیوتون | ۱/۰۰۹ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۸ | ۸/۴۸۴ | کیلو نیوتون | ۰/۷۹۶ | کیلو نیوتون - متر |
| ۱ | ۴/۲۲۷ | کیلو نیوتون | ۰/۵۶۵ | کیلو نیوتون - متر |

**جدول۵- تراست و گشتاور پروانه Sharrow 1 قطر ۰/۳۸۲ متر**

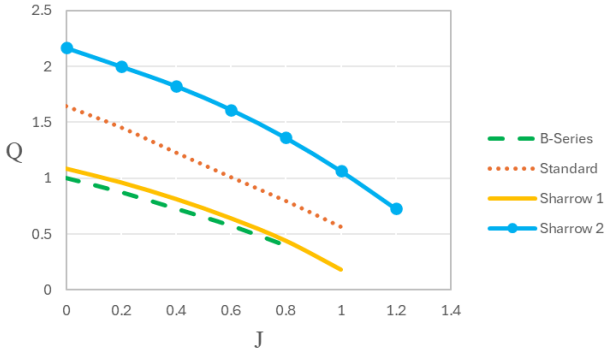
| J | T | واحد | Q | واحد |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۱۹/۴۸۹ | کیلو نیوتون | ۱/۰۸۳ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۲ | ۱۷/۱۰۰ | کیلو نیوتون | ۰/۹۶۰ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۴ | ۱۳/۸۴۷ | کیلو نیوتون | ۰/۸۱۲ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۶ | ۹/۹۰۳ | کیلو نیوتون | ۰/۶۴۰ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۸ | ۵/۴۸۴ | کیلو نیوتون | ۰/۴۳۹ | کیلو نیوتون - متر |
| ۱ | ۰/۴۸۷ | کیلو نیوتون | ۰/۱۸۲ | کیلو نیوتون - متر |

**جدول۶- تراست و گشتاور پروانه Sharrow 2 قطر ۰/۳۸۲ متر**

| J | T | واحد | Q | واحد |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۲۸/۵۵۰ | کیلو نیوتون | ۲/۱۶۵ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۲ | ۲۵/۵۷۰ | کیلو نیوتون | ۱/۹۹۹ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۴ | ۲۲/۱۳۹ | کیلو نیوتون | ۱/۸۲۴ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۶ | ۱۸/۱۶۰ | کیلو نیوتون | ۱/۶۱۳ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۸ | ۱۳/۶۲۹ | کیلو نیوتون | ۱/۳۶۱ | کیلو نیوتون - متر |
| ۱ | ۸/۷۷۲ | کیلو نیوتون | ۱/۰۶۵ | کیلو نیوتون - متر |
| ۱/۲ | ۳/۶۱۶ | کیلو نیوتون | ۰/۷۲۸ | کیلو نیوتون - متر |




**شکل ۲۴- مقایسه تراست پروانه ها قطر ۰/۳۸۲ متر**




**شکل ۲۵- مقایسه گشتاور پروانه ها قطر ۰/۳۸۲ متر**

همچنین از شکل ۲۵ نیز مشخص است که پروانه B-Series و Sharrow 1 نسبت به دو پروانه دیگر گشتاور کمتری دارند. لازم به ذکر است که اختلاف گشتاور این دو پروانه نیز ناچیز می باشد.



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

### ۸-۱-۲- بررسی و مقایسه ضرایب تراست و گشتاور و بازدهی پروانه ها قطر ۰/۳۸۲ متر

در جدول های ۷، ۸، ۹ و ۱۰ داده های خروجی مربوط به ضرایب تراست و گشتاور و بازدهی پروانه ها استخراج شده است. مطابق با شکل ۲۸ که نمودار مقایسه بازدهی آب آزاد پروانه ها است، بازده پروانه Sharrow 1 از ضریب پیشروی ۰ تا ۰/۸ دارای بیشترین مقدار است. این موضوع قابل توجه است که این پروانه حتی از پروانه B-Series که در میان پروانه های موجود در بازار دارای بیشترین بازدهی هست نیز بازدهی بیشتری دارد؛ در صورتی که از پروانه B-Series نیز تراست بیشتری نیز تولید میکند. از ضریب پیشروی ۰/۸ به بعد پروانه Sharrow 2 دارای بیشترین کارایی و بهترین بازدهی را دارد، که به این معنی است که در سرعت های بالاتر نیز این پروانه کارآمد تر از دیگر پروانه ها است.

**جدول۷- ضرایب تراست و گشتاور و بازدهی پروانه B-Series قطر ۰/۳۸۲ متر**

| $\eta_O$ | $10K_q$ | $K_t$ | J |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰/۴۹۲ | ۰/۳۷۰ | ۰ |
| ۰/۲۲۴ | ۰/۴۳۰ | ۰/۳۰۳ | ۰/۲ |
| ۰/۴۰۷ | ۰/۳۵۷ | ۰/۲۲۹ | ۰/۴ |
| ۰/۵۴۷ | ۰/۲۸۳ | ۰/۱۶۲ | ۰/۶ |
| ۰/۵۷۱ | ۰/۱۹۵ | ۰/۰۸۷ | ۰/۸ |

**جدول۸- ضرایب تراست و گشتاور و بازدهی پروانه Standard قطر ۰/۳۸۲ متر**

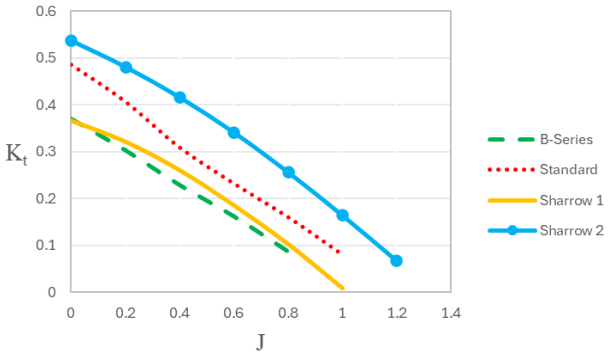
| $\eta_O$ | $10K_q$ | $K_t$ | J |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰/۸۱۱ | ۰/۴۸۶ | ۰ |
| ۰/۱۸۱ | ۰/۷۱۷ | ۰/۴۰۷ | ۰/۲ |
| ۰/۳۲۴ | ۰/۶۰۶ | ۰/۳۰۹ | ۰/۴ |
| ۰/۴۴۶ | ۰/۴۹۸ | ۰/۲۳۲ | ۰/۶ |
| ۰/۵۱۸ | ۰/۳۹۳ | ۰/۱۶۰ | ۰/۸ |
| ۰/۴۵۵ | ۰/۲۷۹ | ۰/۰۸۰ | ۱ |

**جدول۹- ضرایب تراست و گشتاور و بازدهی پروانه Sharrow 1 قطر ۰/۳۸۲ متر**

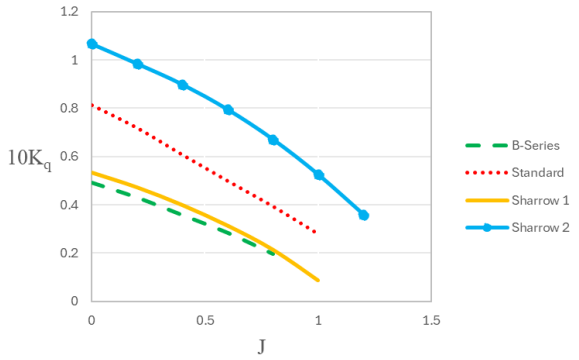
| $\eta_O$ | $10K_q$ | $K_t$ | J |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰/۵۳۴ | ۰/۳۶۷ | ۰ |
| ۰/۲۱۷ | ۰/۴۷۳ | ۰/۳۲۲ | ۰/۲ |
| ۰/۴۱۵ | ۰/۴۰۰ | ۰/۲۶۱ | ۰/۴ |
| ۰/۵۶۵ | ۰/۳۱۵ | ۰/۱۸۶ | ۰/۶ |
| ۰/۶۰۹ | ۰/۲۱۶ | ۰/۱۰۳ | ۰/۸ |
| ۰/۱۶۳ | ۰/۰۸۹ | ۰/۰۰۹ | ۱ |

**جدول۱۰- ضرایب تراست و گشتاور و بازدهی پروانه Sharrow 2 قطر ۰/۳۸۲ متر**

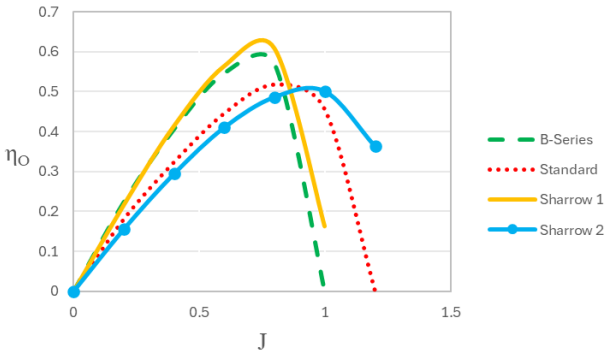
| $\eta_O$ | $10K_q$ | $K_t$ | J |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۱/۰۶۷ | ۰/۵۳۸ | ۰ |
| ۰/۱۵۶ | ۰/۹۸۵ | ۰/۴۸۲ | ۰/۲ |
| ۰/۲۹۵ | ۰/۸۹۹ | ۰/۴۱۷ | ۰/۴ |
| ۰/۴۱۱ | ۰/۷۹۵ | ۰/۳۴۲ | ۰/۶ |
| ۰/۴۸۷ | ۰/۶۷۱ | ۰/۲۵۷ | ۰/۸ |
| ۰/۵۰۱ | ۰/۵۲۵ | ۰/۱۶۵ | ۱ |
| ۰/۳۶۳ | ۰/۳۵۹ | ۰/۰۶۸ | ۱/۲ |




**شکل ۲۶- مقایسه ضرایب تراست پروانه ها قطر ۰/۳۸۲ متر**




**شکل ۲۷- مقایسه ضرایب گشتاور پروانه ها قطر ۰/۳۸۲ متر**




**شکل ۲۸- مقایسه بازدهی آب آزاد پروانه ها قطر ۰/۳۸۲ متر**

[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

### ۸-۲- بررسی و مقایسه عملکرد پروانه ها در قطر ۰/۴۶۶ متر

در این بخش عملکرد پروانه ها را در قطر ۰/۴۶۶ متر با همان گام قبل یعنی ۰/۴۳۱۸ مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین کلیه شبیه سازی ها در دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه انجام شده است.

#### ۸-۲-۱- بررسی و مقایسه تراست و گشتاور پروانه ها قطر ۰/۴۶۶ متر

در جداول ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴، داده های تراست و گشتاور ۴ پروانه در ضریب پیشروی های متفاوت استخراج شده است. در شکل ۲۹ نیز نشان داده شده، پروانه Sharrow 2 در کلیه حالات نسبت به همه پروانه ها بیشترین تراست را دارد و پروانه Sharrow 1 نسبت به پروانه B-Series در تمامی ضرایب پیشروی تراست بیشتری دارد. با افزایش سرعت جریان، اختلاف تراست بین پروانه Sharrow 2 با دیگر پروانه ها و به خصوص پروانه Standard که دارای نتایج نزدیک به آن است، نرخ رشد تراست افزایش پیدا می کند. همچنین در پروانه Sharrow 1 و پروانه B-Series که تراست آنها نزدیک به هم هست؛ با افزایش سرعت پیشروی یا سرعت جریان نسبت اختلاف تراست بین این دو پروانه زیاد می شود.

قابل توجه هست که پروانه ها حتی در قطر بزرگتر یعنی قطر ۰/۴۶۶ متر دارای نمودار تراست و گشتاور تقریباً مشابه هستند. این به این معناست که با افزایش قطر، تراست و گشتاور همه پروانه ها بیشتر شده است ولی در کل بطور تقریبی نسبت اختلاف تراست و گشتاور پروانه ها برقرار است. از شکل ۳۰ نیز همانند شکل ۲۵ نشان داده شده که پروانه B-Series و Sharrow 1 نسبت به دو پروانه دیگر گشتاور کمتری دارند.

**جدول۱۱- تراست و گشتاور پروانه B-Series قطر ۰/۴۶۶ متر**

| J | T | واحد | Q | واحد |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۴۳/۹۸۷ | کیلو نیوتون | ۲/۶۹۶ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۲ | ۳۶/۲۱۲ | کیلو نیوتون | ۲/۳۶۰ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۴ | ۲۶/۸۱۲ | کیلو نیوتون | ۱/۹۵۲ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۶ | ۱۸/۹۴۶ | کیلو نیوتون | ۱/۵۴۴ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۸ | ۱۰/۱۳۷ | کیلو نیوتون | ۱/۰۶۲ | کیلو نیوتون - متر |

**جدول۱۲- تراست و گشتاور پروانه Standard قطر ۰/۴۶۶ متر**

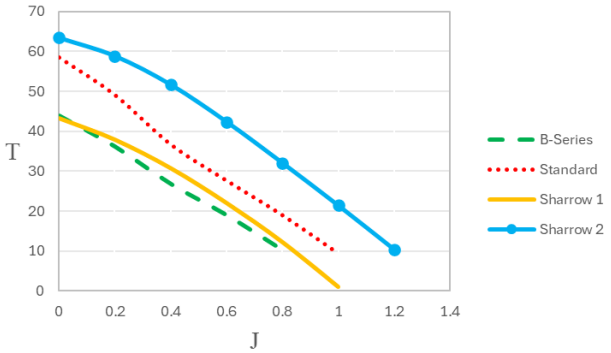
| J | T | واحد | Q | واحد |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۵۸/۴۳۱ | کیلو نیوتون | ۴/۴۶۶ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۲ | ۴۹/۰۴۲ | کیلو نیوتون | ۳/۹۳۶ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۴ | ۳۶/۷۰۳ | کیلو نیوتون | ۳/۳۲۰ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۶ | ۲۷/۶۷۴ | کیلو نیوتون | ۲/۷۲۷ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۸ | ۱۹/۰۳۲ | کیلو نیوتون | ۲/۱۴۳ | کیلو نیوتون - متر |
| ۱ | ۹/۴۷۵ | کیلو نیوتون | ۱/۵۲۲ | کیلو نیوتون - متر |

**جدول۱۳- تراست و گشتاور پروانه Sharrow 1 قطر ۰/۴۶۶ متر**

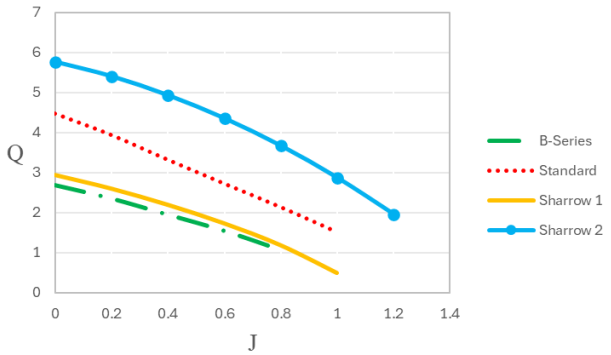
| J | T | واحد | Q | واحد |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۴۳/۲۰۳ | کیلو نیوتون | ۲/۹۵۰ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۲ | ۳۷/۸۴۳ | کیلو نیوتون | ۲/۶۰۹ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۴ | ۳۰/۷۰۹ | کیلو نیوتون | ۲/۲۰۵ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۶ | ۲۲/۰۲۱ | کیلو نیوتون | ۱/۷۴۱ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۸ | ۱۲/۲۴۷ | کیلو نیوتون | ۱/۱۹۵ | کیلو نیوتون - متر |
| ۱ | ۱/۰۶۲ | کیلو نیوتون | ۰/۵۰۱ | کیلو نیوتون - متر |

**جدول۱۴- تراست و گشتاور پروانه Sharrow 2 قطر ۰/۴۶۶ متر**

| J | T | واحد | Q | واحد |
|---|---|---|---|---|
| ۰ | ۶۳/۴۳۵ | کیلو نیوتون | ۵/۷۶۱ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۲ | ۵۸/۸۶۸ | کیلو نیوتون | ۵/۴۰۱ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۴ | ۵۱/۶۹۸ | کیلو نیوتون | ۴/۹۲۷ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۶ | ۴۲/۳۸۱ | کیلو نیوتون | ۴/۳۵۱ | کیلو نیوتون - متر |
| ۰/۸ | ۳۲/۰۸۳ | کیلو نیوتون | ۳/۶۶۶ | کیلو نیوتون - متر |
| ۱ | ۲۱/۴۲۱ | کیلو نیوتون | ۲/۸۶۷ | کیلو نیوتون - متر |
| ۱/۲ | ۱۰/۳۹۹ | کیلو نیوتون | ۱/۹۵۵ | کیلو نیوتون - متر |




**شکل ۲۹- مقایسه تراست پروانه ها قطر ۰/۴۶۶ متر**




**شکل ۳۰- مقایسه گشتاور پروانه ها قطر ۰/۴۶۶ متر**



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

### ۸-۲-۲- بررسی و مقایسه ضرایب تراست و گشتاور و بازدهی پروانه ها قطر ۰/۴۶۶ متر

در جدول های ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ ضرایب تراست و گشتاور و بازدهی مربوط به پروانه ها در قطر ۰/۴۶۶ متر است. قابل توجه هست که مقادیر در دو قطر تقریباً باهم برابر است. همچنین از شکل ۳۳ که نمودار مقایسه بازدهی آب آزاد پروانه ها است مشخص است که بازده پروانه Sharrow 1 از ضریب پیشروی ۰ تا ۰/۸ بیشترین مقدار است و از ۰/۸ به بعد پروانه Sharrow 2 کارایی و بهترین بازدهی را دارد. قابل توجه است که پروانه های Sharrow 1 و مخصوصا Sharrow 2 در سرعت های پیشروی بالاتر حداکثر بازدهی آنها قرار دارد که به این معنی است که می توانند در سرعت های بالاتر کاراتر و بهتر عمل کنند. که این خود یک مزیت برای شناور های مثل شناور های تندرو محسوب می شود.

**جدول۱۵- ضرایب تراست و گشتاور و بازدهی پروانه B-Series قطر ۰/۴۶۶ متر**

| $\eta_O$ | $10K_q$ | $K_t$ | J |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰/۴۹۲ | ۰/۳۷۴ | ۰ |
| ۰/۲۲۸ | ۰/۴۳۱ | ۰/۳۰۸ | ۰/۲ |
| ۰/۴۰۸ | ۰/۳۵۶ | ۰/۲۲۸ | ۰/۴ |
| ۰/۵۴۶ | ۰/۲۸۲ | ۰/۱۶۱ | ۰/۶ |
| ۰/۵۶۷ | ۰/۱۹۴ | ۰/۰۸۶ | ۰/۸ |

**جدول۱۶- ضرایب تراست و گشتاور و بازدهی پروانه Standard قطر ۰/۴۶۶ متر**

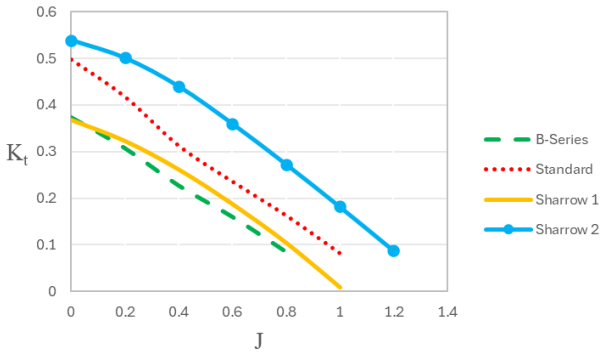
| $\eta_O$ | $10K_q$ | $K_t$ | J |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰/۸۱۵ | ۰/۴۹۷ | ۰ |
| ۰/۱۸۵ | ۰/۷۱۸ | ۰/۴۱۷ | ۰/۲ |
| ۰/۳۲۸ | ۰/۶۰۶ | ۰/۳۱۲ | ۰/۴ |
| ۰/۴۵۲ | ۰/۴۹۸ | ۰/۲۳۵ | ۰/۶ |
| ۰/۵۲۷ | ۰/۳۹۱ | ۰/۱۶۲ | ۰/۸ |
| ۰/۴۶۲ | ۰/۲۷۸ | ۰/۰۸۱ | ۱ |

**جدول۱۷- ضرایب تراست و گشتاور و بازدهی پروانه Sharrow 1 قطر ۰/۴۶۶ متر**

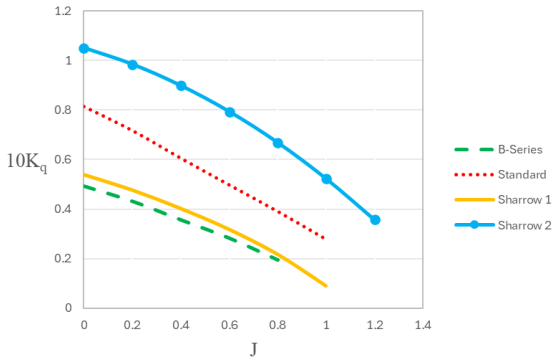
| $\eta_O$ | $10K_q$ | $K_t$ | J |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۰/۵۳۸ | ۰/۳۶۷ | ۰ |
| ۰/۲۱۵ | ۰/۴۷۶ | ۰/۳۲۲ | ۰/۲ |
| ۰/۴۱۳ | ۰/۴۰۲ | ۰/۲۶۱ | ۰/۴ |
| ۰/۵۶۳ | ۰/۳۱۸ | ۰/۱۸۷ | ۰/۶ |
| ۰/۶۰۸ | ۰/۲۱۸ | ۰/۱۰۴ | ۰/۸ |
| ۰/۱۵۷ | ۰/۰۹۱ | ۰/۰۰۹ | ۱ |

**جدول۱۸- ضرایب تراست و گشتاور پروانه و بازدهی Sharrow 2 قطر ۰/۴۶۶ متر**

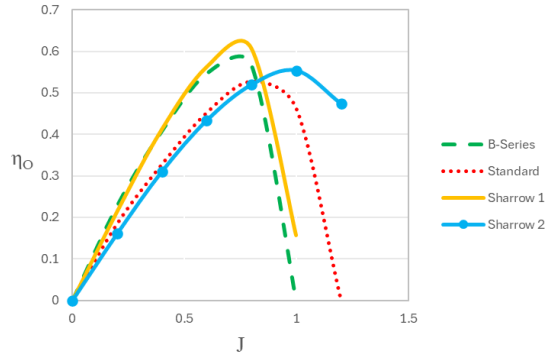
| $\eta_O$ | $10K_q$ | $K_t$ | J |
|---|---|---|---|
| ۰ | ۱/۰۵۱ | ۰/۵۳۹ | ۰ |
| ۰/۱۶۱ | ۰/۹۸۵ | ۰/۵۰۱ | ۰/۲ |
| ۰/۳۱۱ | ۰/۸۹۹ | ۰/۴۴۰ | ۰/۴ |
| ۰/۴۳۴ | ۰/۷۹۴ | ۰/۳۶۰ | ۰/۶ |
| ۰/۵۲۰ | ۰/۶۶۹ | ۰/۲۷۳ | ۰/۸ |
| ۰/۵۵۴ | ۰/۵۲۳ | ۰/۱۸۲ | ۱ |
| ۰/۴۷۴ | ۰/۳۵۷ | ۰/۰۸۸ | ۱/۲ |




**شکل ۳۱- مقایسه ضریب تراست پروانه ها قطر ۰/۴۶۶ متر**




**شکل ۳۲- مقایسه ضریب گشتاور پروانه ها قطر ۰/۴۶۶ متر**




**شکل ۳۳- مقایسه بازدهی آب آزاد پروانه ها قطر ۰/۴۶۶ متر**

[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

## ۸-۳- بحث درباره نتایج

در این مطالعه کلیه داده های عملکردی ۴ پروانه در دو قطر متفاوت با ضرایب پیشروی متفاوت در دور و گام یکسان ارائه شد. از نتایج بدست آمده مشخص است که پروانه Sharrow 2 در تمامی حالات دارای تراست بهتر و پروانه Sharrow 1 در تمامی حالات دارای بازدهی بهتر است.

همانطور که ذکر شد با توجه به نتایج تجربی موجود [۱۵]، شناور مورد آزمایش دارای پروانه با قطری است که در این تحقیق نیز مورد بررسی ما بوده است و در سرعت پیشروی تقریباً ۲۷/۵ مایل بر ساعت یا ۱۱/۵ متر بر ثانیه شناور در حال حرکت بوده است. پروانه Sharrow 2 در قسمت تراست نسبت به بقیه پروانه ها دارای برتری بود، پس تراست این پروانه را با دیگر پروانه ها مقایسه شده است.

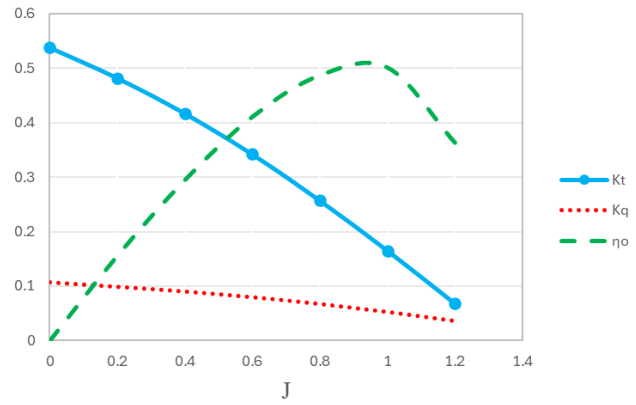
تراست پروانه ها، در ضریب پیشروی ۰/۶ مقایسه شده است. طبق جدول ۱۹ و ۲۰ مشخص است که پروانه Sharrow 2 در قطر ۰/۳۸۲ متر بین ۱/۵ تا ۲/۱ برابر و در قطر ۰/۴۶۶ متر بین ۱/۵۳ تا ۲/۲۴ برابر دیگر پروانه ها تراست تولید می کند. پس بدین معناست که پروانه Sharrow 2 بیشترین امتیاز را در خصوص تولید تراست دارا می باشد و به این معناست که می تواند باعث افزایش چشمگیر سرعت شناور شود. پس در این حالت می توان گفت پروانه Sharrow 2 نسبت به سایر پروانه ها برای اینکه شناور با سرعت بیشتری حرکت کند، مناسب تر است. پس در شناور هایی که نیاز به سرعت بالا دارند، مانند شناور های تندرو، پروانه Sharrow 2 می تواند انتخاب مطلوبی باشد. همچنین در این پروانه، هر چه سرعت افزایش می یابد، بازدهی بیشتر می شود.

**جدول۱۹- مقایسه درصد اختلاف تراست با Sharrow 2 قطر ۰/۳۸۲ متر**

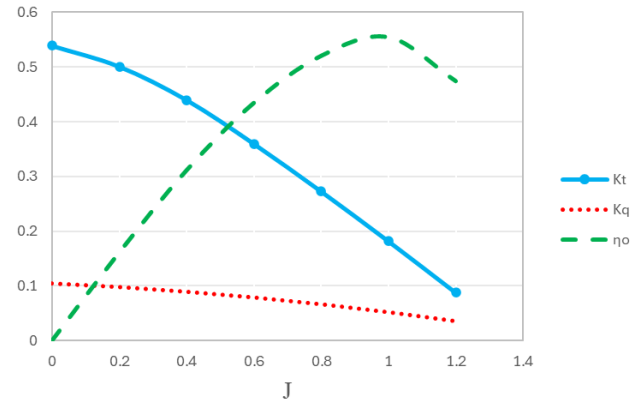
| پروانه | درصد اختلاف با Sharrow 2 |
|---|---|
| **B-Series** | ۱۱۱/۴۳ |
| **Standard** | ۴۷/۱۳ |
| **Sharrow 1** | ۸۳/۳۸ |

**جدول۲۰- مقایسه درصد اختلاف تراست با Sharrow 2 قطر ۰/۴۶۶ متر**

| پروانه | درصد اختلاف با Sharrow 2 |
|---|---|
| **B-Series** | ۱۲۳/۶۹ |
| **Standard** | ۵۵/۱۴ |
| **Sharrow 1** | ۹۲/۴۶ |




**شکل ۳۴- منحنی کارکرد پروانه Sharrow 2 قطر ۰/۳۸۲ متر**




**شکل ۳۵- منحنی کارکرد پروانه Sharrow 2 قطر ۰/۴۶۶ متر**

همانطور که از نتایج نیز مشخص است، پروانه Sharrow 1 در قسمت بازدهی دارای برتری نسبت به دیگر پروانه ها بوده است، لذا در ادامه بازدهی این پروانه نسبت به دیگر پروانه ها مقایسه شده است.

به همین صورت با مقایسه بازدهی ها را در ضریب پیشروی ۰/۶ ، با توجه به جدول های ۲۱ و ۲۲ می توان گفت که پروانه Sharrow 1 از نظر بازدهی میان دیگر پروانه ها، بهترین بازدهی را خواهد داشت؛ حتی نسبت به پروانه B-Series انتخابی که یک پروانه با بازدهی بالا است، بازدهی پروانه Sharrow 1 نسبت به آن مطلوب تر هست.

پس در مواقعی که در شناورهایی که بحث مصرف سوخت و بازدهی برای آن مهم تر است، مانند شناور های صیادی یا شناور های تفریحی، پروانه Sharrow 1 می تواند بهترین انتخاب باشد. زیرا قابل توجه است که پروانه Sharrow 1 دارای ۱۱/۷۸ درصد تراست بیشتر نسبت به پروانه B-Series نیز هست. این به این معنی است که هم دارای سرعت بالاتر و هم مصرف سوخت کمتری خواهد بود.



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

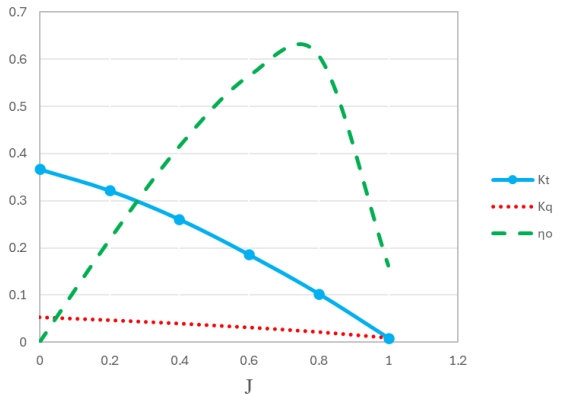
[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

**جدول۲۱- مقایسه اختلاف بازدهی با Sharrow 1 قطر ۰/۳۸۲ متر**

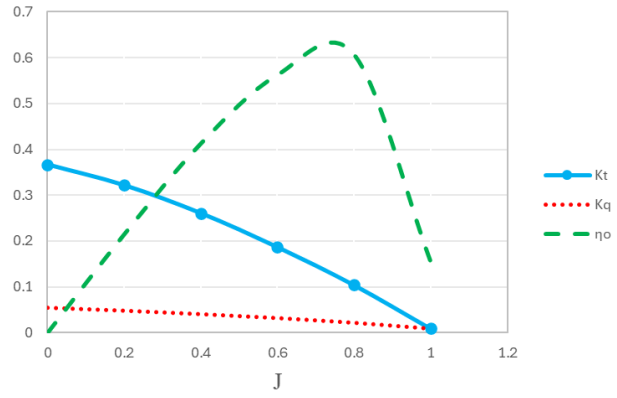
| پروانه | درصد اختلاف با Sharrow 1 |
|---|---|
| **B-Series** | ۳/۲۹ |
| **Standard** | ۲۶/۶۸ |
| **Sharrow 2** | ۳۷/۴۷ |

**جدول۲۲- مقایسه اختلاف بازدهی با Sharrow 1 قطر ۰/۴۶۶ متر**

| پروانه | درصد اختلاف با Sharrow 1 |
|---|---|
| **B-Series** | ۳/۱۱ |
| **Standard** | ۱۹/۷۲ |
| **Sharrow 2** | ۲۲/۹۱ |




**شکل ۳۶- منحنی کارکرد پروانه Sharrow 1 قطر ۰/۳۸۲ متر**

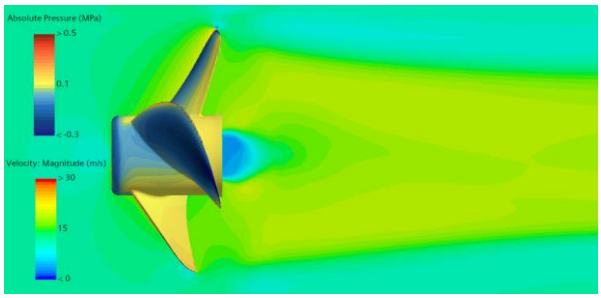



**شکل ۳۷- منحنی کارکرد پروانه Sharrow 1 قطر ۰/۴۶۶ متر**

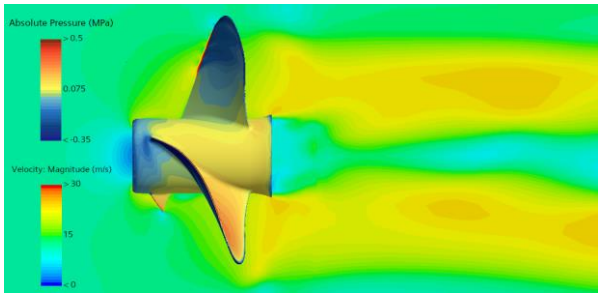
از مقایسه پروانه ها در دو قطر مشخص شد که ضرایب تراست، گشتاور و همچنین تا حدودی بازدهی، برای هر پروانه تقریباً باهم برابر است. طبق رابطه های (۵) و (۶) این پارامتر ها بر متغیر هایی ثابت تقسیم می شوند که، سبب این اتفاق می شوند. همچنین بین دو پروانه Sharrow ها، در یک قطر برابر، تفاوت عملکردی زیادی مشاهده می شد؛ پس اگر هدف افزایش و بهبود این عملکرد ها است، باید هندسه پروانه تغییر کند و تغییر قطر تاثیر کمتری بر ضرایب خواهد داشت.

پدیده که در اثر حرکت جسم درون سیال ایجاد می شود، توزیع فشار مثبت و منفی بر سطوح پشت و روی جسم می باشد. در واقع این توزیع فشار منشا اصلی ایجاد تراست در پروانه ها می باشد [۲۴].

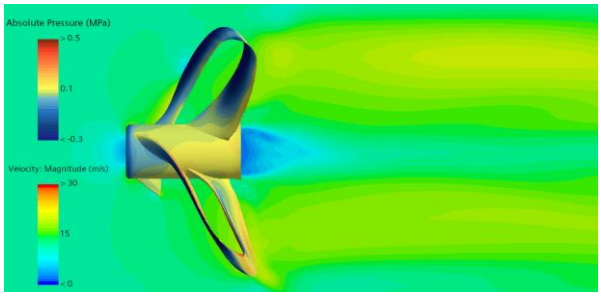
در ادامه بررسی، سرعت جریان را اطراف پروانه ها و توزیع فشار روی سطوح پروانه ها را در شکل های ۳۸، ۳۹، ۴۰ و ۴۱ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است پروانه Sharrow 2 سرعت بیشتری به سیال داده و اختلاف فشار دو طرف پره ها بیشتر است و به همین دلیل است که تراست بیشتری تولید می کند و مشخص است که سرعت خیلی بیشتری به شناور خواهد داد.



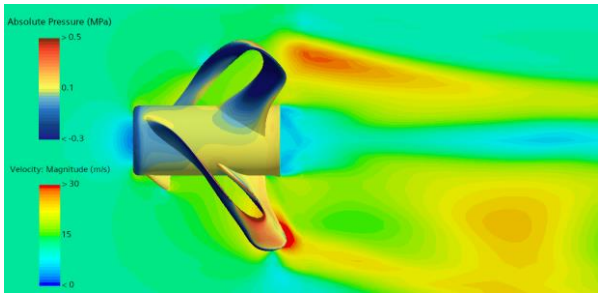

**شکل۳۸- سرعت جریان اطراف و توزیع فشار روی پروانه B-Series**




**شکل۳۹- سرعت جریان اطراف و توزیع فشار روی پروانه Standard**




**شکل۴۰- سرعت جریان اطراف و توزیع فشار روی پروانه Sharrow 1**




**شکل۴۱- سرعت جریان اطراف و توزیع فشار روی پروانه Sharrow 2**

[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

## ۹- نتیجه گیری

در این تحقیق ۲ هندسه از پروانه شارو با قطر و گام برابر با استفاده از نرم افزار سالیدورک مدل سازی شد. همچنین مقایسه لازم، با دو پروانه استاندارد دیگر با مشخصات نظیر قطر و گام یکسان، انجام شد. پروانه ها در قطر ۰/۳۸۲ متر و ۰/۴۶۶ متر و گام ۰/۴۳۱۸ متر مدل سازی شدند و شبیه سازی در دور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه انجام گردید و در ضریب پیشروی های مختلف، به خصوص در ضریب پیشروی ۰/۶ که طبق رابطه (۵)، سرعت پیشروی برابر تقریباً ۱۱/۵ متر بر ثانیه می شود، مقایسه شدند. شبیه سازی ۴ پروانه ذکر شده در نرم افزار STAR CCM + انجام شد که از کلیه پروانه های مورد بررسی، تست آب آزاد پروانه به روش MRF گرفته شد.

مقایسه ها برای این پروانه ها در دو قطر صورت گرفت تا تاثیر افزایش قطر را بر عملکرد پروانه مشاهده شود. نتایج حاصله نشان دهنده این موضوع می باشد که بجز در مواردی خاص، افزایش قطر تاثیر بسزایی در ضریب تراست، ضریب گشتاور و بازدهی پروانه ها نخواهد داشت. و فقط باعث افزایش تراست و گشتاور پروانه ها می شود. در نتیجه می توان نتیجه گرفت که برای بهبود عملکرد پروانه باید هندسه پروانه تغییر کند.

همچنین نتایج حاصل شده نشان دهنده این است که پروانه Sharrow 2 نسبت به سایر پروانه ها دارای تراست بسیار بیشتری است. این پروانه دارای برتری نسبی در خصوص تولید تراست است. نتیجه حاصل شد که تراست این پروانه بین ۱/۵ تا ۲/۵ برابر دیگر پروانه ها است. پس این پروانه برای شناور هایی که نیاز به سرعت بالا دارند کاربرد دارد. لذا این پروانه می تواند انتخاب مناسبی برای شناور های تندرو باشد. همچنین نتایج نشان می دهد که پروانه Sharrow 1 دارای بازدهی بسیار بیشتر نسبت به سایر پروانه ها است. این پروانه علاوه بر بازدهی بیشتر، دارای تراست بیشتر نسبت به پروانه B-Series بوده است. پس در شناور هایی که بازدهی و مصرف سوخت اهمیت بیشتری دارد، مانند شناور های صیادی و شناور های تفریحی این پروانه می تواند گزینه مناسبی باشد؛ زیرا هم دارای بازدهی بالاتر و هم دارای تراست بیشتر است که به معنی سرعت بیشتر درصورت نیاز، یا تراست بیشتر درنتیجه قابلیت بارگیری بیشتر است. پروانه های Sharrow Propeller دارای انواع متفاوتی هستند که نسبت به نوع شناور، اندازه و کاربری آنها طراحی می شوند. برای رسیدن به طرح مورد نیاز، تلاش و ممارست های بسیاری نیاز هست که انشاا... در آینده ای نه چندان دور به همت و تلاش محققان و مهندسان این مرز و بوم الزامات طراحی، ساخت و تولید این نوع پروانه ها به موفقیت خواهد رسید.

## ۱۰- تشکر وقدردانی

در ابتدا از خداوند متعال شاکرم که مرا در تمامی مراحل زندگی همراهی و یاری کرده است. همچنین از اساتید گرانقدر که در طول مدت تحصیل راهنمای من بوده‌اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

## ۱۱- مراجع

1- ZARE, M. H., OLOOMI, S. A. A., NEGAHI, A. and MIRJALILY, S. A. A.,(2019), *Investigating the Effect of Free Surface on Hydrodynamic Performance of Propeller*, Journal Of Marine Engineering 15(29), p. 181-187.
URL: http://marine-eng.ir/article-1-669-fa.html
http://dorl.net/dor/20.1001.1.17357608.1398.15.29.2.0

2- ABAZARI, A., BEHZAD, M. and THIAGARAJAN, K. P.,(2022), *Experimental assessment of hydrodynamic coefficients for a heave plate executing pitch oscillations*, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering 148(1), p. 04021038.
https://doi.org/10.1061/(ASCE)WW.1943-5460.000068

3- AZIMINIA, M., ABAZARI, A., BEHZAD, M. and HAYATDAVOODI, M.,(2022), *Stability analysis of parametric resonance in spar-buoy based on Floquet theory*, Ocean Engineering 266, p. 113090.
https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.113090

4- CARLTON, J.,(2018), *Marine propellers and propulsion*, Butterworth-Heinemann.
https://maritimeexpert.files.wordpress.com/2018/03/marine-propellers-and-propulsion-carlton.pdf

5- MALMIR, R.,(2019), *A CFD study on the correlation between the skew angle and blade number of hydrodynamic performance of a submarine propeller*, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering 41(8), p. 321.
https://doi.org/10.1007/s40430-019-1822-8

6- SUN, J., YONEZAWA, K., SHIMA, E. and LIU, H.,(2023), *Experimental investigations on aerodynamic and psychoacoustic characteristics of three-blade looprop propeller*, The Journal of the Acoustical Society of America 154(4_supplement), p. A144-A144.
https://doi.org/10.1121/10.0023064

7- LOVIBOND, O., ELBARGHTHI, A. F., DVORAK, V. and WEN, C.,(2023), *Numerical analysis of propellers for electric boats using computational fluid dynamics modelling*, Energy Conversion and Management: X 17, p. 100349.
https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2023.100349 .



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]

16- https://www.wageningen-b-series-propeller.com

17- TU, T. N.,(2019), *Numerical simulation of propeller open water characteristics using RANSE method*, Alexandria Engineering Journal 58(2), p. 531-537.
https://doi.org/10.1016/j. aej.2019.05.005.

18- SUBHAS, S., SAJI, V., RAMAKRISHNA, S. and DAS, H.,(2012), *CFD analysis of a propeller flow and cavitation*, International Journal of Computer Applications 55(16).
https://doi.org/10.5120/8841-3125.

19- SEIF, M. S.,(2023), *Numerical simulation of hull and propeller interaction in acceleration maneuver*, Journal Of Marine Engineering 19(38), p. 1-15.
http://marine-eng.ir/article-1-948-fa.html
https://doi.org/10.61186/marineeng.19.38.1

20- NAKISA, M., ABBASI, M. J. and AMINI, A. M.,(2010), in *Proceedings of The 7th International Conference on Marine Technology (MARTEC 2010)*.
https://www.academia.edu/25617114/Open_Water_Performance_of_a_Marine_Propeller_Model_Using_CFD

21- ITTC, (2014), *Recommended procedures and guidelines 7.5-03-02-03, practical guidelines for ship cfd applications;, In: 27th International Towing Tank Conference*.
https://www.ittc.info/media/8165/75-03-02-03.pdf

22- SEIF, M. S.,(2023), *Numerical investigation of stopping maneuver for two by reversing propeller at different speeds*, Journal Of Marine Engineering 19(38), p. 51-61.
URL: http://marine-eng.ir/article-1-997-fa.html
https://doi.org/10.61186/marineeng.19.38.51

23- HTTPS://WWW.SVA-POTSDAM.DE/WP-CONTENT/UPLOADS/2016/04/SVA_REPORT_3752.PDF.
https://www.sva-potsdam.de/en/pptc-smp11-workshop

24- EBRAHIMI, A., SEIF, M. S. and NOURI-BORUJERDI, A.,(2020), *Noise Calculation of Non-cavitating Marine Propellers by Solving FW-H Acoustic Equations*, Journal Of Marine Engineering 15(30), p. 13-22.
URL: http://marine-eng.ir/article-1-750-fa.html
https://doi.org/10.29252/marineeng.15.30.13

8- МЕСРОПЯН, А. В. and ШАБЕЛЬНИК, Ю. А.,(2023), *К вопросу об эффективности рабочего процесса петлевидных гребных винтов,* Омский научный вестник. Серия «Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение» 7(2), p. 15-21.
https://journals.omgtu.ru/index.php/onv_ariem/article/view/1349/
https://doi.org/10.25206/2588-0373-2023-7-2-15-21

9- SUN, J., YONEZAWA, K., SHIMA, E. and LIU, H.,(2021), *Experimental Investigations on Aerodynamic and Psychoacoustic Characteristics of Loop-Type Propeller*, in *Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology*. Springer, p. 89-101.
https://doi.org/10.1007/978-981-19-2689-1_7

10- HASSAN, H., ELSAKKA, M. and MOUSTAFA, M.,(2024), *On the Comparative Hydrodynamic Analysis of Conventional and Innovative Closed-Loop Marine Propellers*.
https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4814004/v1

11- ABAZARI, A. and AZIMINIA, M.,(2023), *Enhanced power extraction by splitting a single flap-type wave energy converter into a double configuration*, Renewable Energy Research and Applications 4(2), p. 243-249.
https://doi.org/10.22044/rera.2022.11846.1118

12- GHARECHAE, A., ABAZARI, A. and KETABDARI, M. J.,(2022), *A semi-analytical solution for energy harvesting via the elastic motion of the circular floater of aquaculture cages attached with piezoelectric*, Renewable Energy 196, p. 181-194.
https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.06.093

13- GHARECHAE, A., ABAZARI, A. and SOLEIMANI, K.,(2024), *Performance assessment of a combined circular aquaculture cage floater and point absorber wave energy converters*, Ocean Engineering 300, p. 117239.
https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.117239

14- BEYKANI, M., SHAFAGHAT, R., YOUSEFI, A. and YOUSEFIFARD, M.,(2022), *Experimental study of scale effect and immersion ratio on the performance characteristics of a surface piercing propeller*, Journal Of Marine Engineering 18(35), p. 129-140.
URL: http://marine-eng.ir/article-1-943-fa.html
http://dorl.net/dor/20.1001.1.17357608.1401.18.35.10.1

15- https://boattest.com/sharrow-mx3-propeller

[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-11-24 ]

[ DOI: 10.61186/marineeng.20.44.3 ]