

## تحلیل و بررسی پایداری دینامیکی یک نمونه شناور تندروری نظامی تکی و تحت تعقیب (با استفاده از نرم افزار فلوتنت)

محمد رضا مقومی\*<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> عضو هیات علمی، دانشکده فنی مهندسی، موسسه آموزش عالی دانش پژوهان پیشرو، اصفهان، ایران.

\* moghumi@daneshpajooan.ac.ir

### چکیده

برای ایجاد پایداری در حرکت شناورها چند عامل مهم و اساسی باید در نظر گرفته شود مانند نقطه متاسنتری، مرکز ثقل، و مرکز شناوری که از غلتش ناگهانی جلوگیری به عمل آید. همچنین جریان های حاصل از حرکت شناور که پیرامون سطوح جانبی، جلو و عقب شناور به وجود می آید در تعادل حرکتی جسم شناور از اهمیت ویژه ای برخوردار است. همچنان با توجه به نیاز روز افزون صنایع نظامی دریایی به طراحی و ساخت شناورهای تندرور، لازم است به لحاظ مهندسی این گونه شناورها تحت بررسی قرار گرفته و در جهت بهینه سازی آنها گام برداشت.

در این مقاله، یک نمونه شناور تندروری نظامی که می تواند با حداکثر سرعت ۱۲۰ کیلومتر در ساعت حرکت نماید از نظر طراحی و دینامیکی، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان دهنده این است که نسبت ضرایب درگ و لیفت در دو نوع حرکت شناور تکی و تحت تعقیب مطلوب بوده و پایداری آن قابل استناد است.

**واژگان کلیدی:** شناور تندرور، پایداری دینامیکی، متاسنتری، جریان مغشوش.

**مقدمه**

امروزه برای طراحی و ساخت انواع شناورهای تندرو (بخصوص در صنایع نظامی دریایی) که قدرت مانور و سرعت و پایداری دینامیکی بالایی دارند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین جهت پژوهش‌گران زیادی در این زمینه فعالیت نموده، و هر کدام به نتایج گوناگونی دست پیدا کرده‌اند.

مقومی و همکاران وی [۱] در تحقیقی پیرامون "مقایسه تحلیل جریان‌های آرام و مغشوش سکان شناورها با پروفیل نوع IFS 61-TR 25 و NACA0020 (توسط نرم افزار فلونت) ضمن بررسی ضرایب لیفت، درگ و ممنتوم دو نوع پروفیل، به این نتیجه رسیدند که این نوع پروفیل نوع NACA0020 در سرعت‌های آرام نامناسب و در جریان‌های متلاطم مناسب است. میچو یونو و یوشیاکی توکادا [۲] در مقاله خود با عنوان اثرات سکان و اصلاح سرعت برای آزمایش مدل کشتی که به مقایسه دو روش جدید و قدیمی می‌پردازند که در آن نرخ گردش پروانه و فاکتور اصلاح اثر بخشی سکان را به شیوه جدید بنا کردند و می‌توانند مدل خود را به مقدار بسیار زیادی به مقدار واقعی خود نزدیک کنند که این روش نسبت به روش‌های قبلی خود بسیار دقیق‌تر است.

ویدمار و پرکوویچ [۳] در تحقیق خود به نام "بهینه‌سازی قایقرانی در خلاف جهت باد با به‌کارگیری دستگاه چرخاننده سکان" به این نتیجه رسیدند که استفاده از پیچش (خم) سکان می‌تواند زاویه انحراف وزاویه قایقرانی خلاف جهت باد را کاهش دهد و با افزایش سرعت شرایط خوبی را برای بادگیر ایجاد کند.

بن جیو و همکاران [۴] در پژوهشی تحت عنوان "شبیه‌سازی عددی ناپایدار کاویتاسیون جریان آشفته در اطراف سطوح شیب‌دار پروانه" فشار ایجاد شده در زمان تشکیل کاویتاسیون و فشار موجود در سطوح پروانه (ملخ) شناور دریایی مورد تحلیل قرار گرفت که نتایج آزمایشگاهی با تجربی یکسان می‌باشند.

جان واندام و همکاران او [۵] در مقاله‌ای با عنوان "مدل‌سازی یک شناور با استفاده از ذرات هموار هیدرودینامیک" به بررسی تاثیر آب، نیروهای هیدرودینامیکی، حرکات سیالات، و حرکت اشیاء در مطالعات موردی معمولی از ورود جسم و خروج آن از آب می‌پردازند. که بنا به اظهار آنان نتایج به‌دست آمده با مطالعات تجربی سازگار است.

منتظری و همکارانش [۶] به بررسی تاثیر کاهش نقش سکان شناورها برای جسم در حال حرکت پرداختند. در این تحقیق با فرض دادن یک جسم با دو درجه آزادی، مدل ریاضی با میرایی مرتبه دوم و پنجم برای معادلات سکان در امواج آب مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت و نتایج حاصله حاکی از آن بود که کنترل سکان شناور باعث افزایش ثبات آن می‌شود.

آپوستولوس در مقاله‌ای [۷] با عنوان "بهینه‌سازی طراحی کشتی" رویکرد جامع به طراحی کشتی را مورد بررسی قرار می‌دهد. و نتیجه می‌گیرد که باید رویکرد چندگانه‌ای را در طراحی انتخاب کرد که بتواند منجر به طرح بهبود یافته و نوآورانه‌ای با افزایش ظرفیت حمل بار و افزایش ایمنی و کاهش انرژی و در نهایت بهبود حفاظت از محیط زیست شود.

یوسوکه تاهازا و همکاران وی [۸] در پژوهشی پیرامون "روش بهینه‌سازی چند هدفه به کمک CFD جهت طراحی کشتی" سه جزء روش‌های طراحی براساس دینامیک سیالات محاسباتی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. همچنین در پژوهش خود دو نوع الگوریتم بهینه‌سازی مانند الگوریتم بهینه‌سازی غیرخطی و الگوریتم ژنتیک تحت بررسی قرار گرفت که جهت بهینه‌سازی عملکرد هیدرودینامیکی، الگوریتم ژنتیک مناسب‌تر اعلام گردید. آلن براون و جان سالکدو [۹] در تحقیق دیگری تحت عنوان "بهینه‌سازی چندهدفه کشتی‌های نیروی دریایی" بارویکرد سیستماتیک به مفهوم طراحی کشتی‌های نیروی دریایی، براساس اثربخشی ماموریت و چرخه عمر یک نرم‌افزار طراحی کشتی‌های جنگی ارائه نمودند.

**۱- روش تحقیق**

در این مقاله، ابتدا با معرفی روابط مهندسی حاکم بر جریان هیدرودینامیکی شناورهای دریایی به شرح و بررسی یک نمونه شناور تندروی جنگی پرداختیم. سپس با استفاده از نرم افزار فلونت (Fluent 16.00 & Gambit 2.4.6)، ابتدا برای

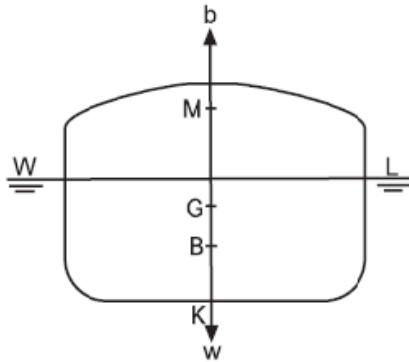
حرکت یک شناور به تنهایی و بار دیگر برای زمان تعقیب شناور توسط دشمن، جریان های لایه مرزی و دیگر عوامل مهم دینامیک سیالاتی را مورد تحلیل و بررسی قرار دادیم.

## ۲- روابط مهندسی

در اجسام شناور چنانچه نقطه متاسنتر  $M$ ، بالاتراز مرکز ثقل قرار گیرد، یعنی فاصله  $GM$  (ارتفاع متاسنتریک) مثبت باشد، جسم پایدار است و برعکس، چنانچه نقطه متاسنتر  $M$ ، پایین تر از مرکز ثقل  $G$ ، قرار بگیرد، یعنی فاصله  $GM$ ، منفی باشد، جسم ناپایدار خواهد بود. در مکانیزم طراحی شده با توجه به این موضوع ابتدا باید  $GM$  محاسبه شود. به همین جهت رابطه (۱) تعیین کننده ارتفاع متاسنتریک می باشد. همچنین  $BM$  بیان کننده فاصله مرکز شناوری از مرکز ثقل جسم شناور است. شکل (۱) نقاط متاسنتر، ثقل و مرکز شناوری را نشان می دهد.

$$GM = BM - BG = \frac{I}{\Delta} - BG \quad (1)$$

که در این رابطه،  $I$  ممان اینرسی سطح مقطع جسم شناور در محل تماس سطح آزاد آب، حول محور افقی است که چرخش، حول آن انجام می شود و  $\Delta$  حجم سیال جابجا شده توسط جسم است.

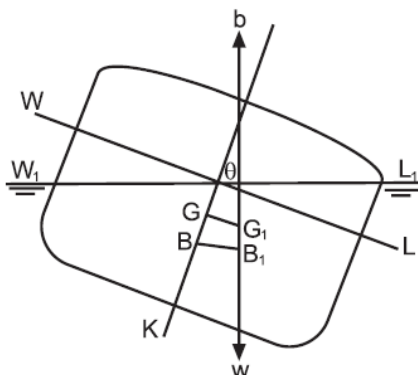


شکل (۱) نقاط متاسنتر و مرکز ثقل و مرکز شناوری

چنانچه زاویه بین خطوط اثر نیروی شناوری قبل و بعد از چرخش مطابق شکل (۲) برابر  $\theta$  باشد، مقدار گشتاور مورد نیاز برای چرخش جسم به اندازه  $\theta$  از رابطه (۲) به دست می آید.

$$M = W \cdot GM \cdot \sin\theta \quad (2)$$

که در آن  $M$ ، گشتاور مورد نیاز برای چرخش جسم شناور و  $W$ ، وزن جسم است. همچنین اگر گشتاور اعمالی وارد بر جسم شناور برداشته شود، شناور حول محور چرخش شروع به نوسان می کند. شکل (۲) دوران حاصل از گشتاور ایجاد شده بر روی شناور می باشد. در این شکل تاثیر گشتاور در جابجایی نقاط مرکز ثقل، شناوری و متاسنتر و زاویه غلتش به وجود آمده متاثر از گشتاور، مشاهده می شود.



شکل (۲) تاثیر زاویه  $\theta$  در زمان غلتش بر نقاط متاسنتر و مرکز ثقل و مرکز شناوری

برای محاسبه زمان تناوب T یک دور کامل از نوسان جسم شناور، می توان از رابطه (۳) استفاده کرد.

$$T = \sqrt{\frac{K^2}{g.Gm}} 2\pi \quad (3)$$

بر اساس رابطه (۳)، K، شعاع ژیراسیون حول محور چرخش است که از رابطه (۴) خواهیم داشت:

$$K = \sqrt{\frac{gI}{W}} \quad (4)$$

با توجه به اینکه سرعت شناور تندروی مورد بررسی حدود ۱۲۰ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شده است، بنابراین نیروی رانش (تراست) از رابطه (۵) قابل دستیابی است.

$$Dr = 4 \int Cf . \left( \frac{1}{2} \rho u_0^2 \right) L.d Z \quad (5)$$

در این رابطه، Cf، ضریب اصطکاک،  $\rho$  جرم مخصوص آب،  $u_0$  سرعت جسم شناور، L طول سطح تماس با آب می باشد. معمولاً توزیع نیروهای برشی و فشاری بر مقطع بالشتک های شناور ایجاد می شود. نیروی رانش مانند نیروی اصطکاک، نیروی مطلوب نیست و معمولاً سعی بر این است که مقدار آن حداقل شود. برای مثال، با کم کردن مقدار آن می توان در مصرف سوخت (در کشتی ها، هواپیما، خودرو، زیردریایی، و خودروهای دوزیست و غیره صرفه جویی کرد و یا به ایمنی اجسام در معرض حرکت سیال کمک کرد.

بنابراین می توان Cf ضریب اصطکاک را از رابطه زیر محاسبه نمود. و با توجه به اینکه جریان آشفتگی می باشد لذا از رابطه (۶) داریم

$$Cf = \frac{0.0720}{Re^{0.2}} \quad (6)$$

همچنین عدد رینولدز را برای شناور تندروی تحت بررسی، از رابطه (۷) می توان به دست آورد.

$$Re = \frac{UL}{\nu} \quad (7)$$

لازم به ذکر است که  $U_0$ ، سرعت جسم تا ۱۲۰ کیلومتر در ساعت و  $L$ ، طول جسم شناور است که ۴٫۵ متر، در نظر گرفته شده و همچنین ۷ لزجت سینماتیکی آب است که برای دریا در دمای 30 درجه سانتیگراد معادل  $0.798 * 10^{-6}$  متر مربع بر ثانیه در نظر گرفته شده است. روابط (۱) تا (۸) از مرجع [۱۰] استخراج شده است. همچنین جدول (۱) مشخصات شناور تندروی تحت بررسی را نشان می دهد.

جدول (۱) مشخصات شناور تندرو

عرض شناور	طول شناور	وزن کل	وزن خالص	نوع موتور	حداکثر توان
۲۰۰ سانتی متر	۴۵۰ سانتی متر	۱۵۰۰ کیلوگرم	۸۵۰ کیلوگرم	چهار سیلندر چهار زمانه	۸۵۰ اسب بخار

از طرف دیگر، برای محاسبه پایداری یک شناور، باید مقدار نیروی شناوری (بویانسی) در دسترس باشد. نیروی شناوری در واقع برآیند اختلاف فشار وارد بر سطوح افقی فوقانی و تحتانی جسم شناور و یا برآیند اختلاف فشاری است که در راستای عمودی بر جسم وارد می شود. در محاسبه مرکز شناوری جسم به صورت معمول میزان سطح آبخور جسم شناور مد نظر قرار گرفته و نصف این مقدار، خط عبوری از محور تقارن جسم است که مرکز شناوری در نظر گرفته می شود. نیروی شناوری از رابطه (۹) قابل محاسبه است.

$$F_B = \rho * g * \Delta \quad (9)$$

در رابطه (۹)  $\Delta$  وزن آب جابجا شده است که معادل وزن شناور در نظر گرفته شده است. فاصله نقطه شناوری از متاسنتر بر اساس رابطه (۱۰) می باشد. در این رابطه،  $I$  ممان دوم سطح آبخور در نظر گرفته می شود.

$$B_M = \frac{I}{\nabla} \quad (10)$$

در شناورها زاویه غلتش عرضی از اهمیت زیادی برخوردار است چون که محسوس بوده و در پایداری شناورهای تندرو موثر است، اما برای زاویه غلتشی طولی به جهت کم بودن آن قابل چشم پوشی است. همچنین تغییرات مرکز شناوری نسبت به نقطه متاسنتر، تابعی از تغییرات مرکز شناوری است و نقطه متاسنتری به صورت هم زمان است.

اما برای بررسی تاثیر سرعت شناور و ابعاد آن بر تعادل دینامیکی لازم است ضرایب لیفت، درگ، و ممنتوم محاسبه و مورد بررسی واقع شوند. به همین منظور، ضریب لیفت موثر در جریان سیال بر تیغه سکان را می توان از رابطه (۱۱) محاسبه کرد.

$$C_l = \frac{L}{1/2 \rho \cdot A_r \cdot U^2} \quad (11)$$

در رابطه ۱۱،  $C_l$  ضریب لیفت،  $\rho$  چگالی آب دریا،  $A_r$  سطح شناور،  $U$  سرعت شناور و  $L$  طول شناور می باشند. اما علاوه بر ضریب لیفت، عامل دیگری که در طراحی سکان مؤثر است، ضریب دراگ می باشد که از رابطه (۱۲) قابل محاسبه است.

$$C_d = \frac{D}{1/2\rho \cdot A_p \cdot U^2} \quad (12)$$

در رابطه ۱۲،  $C_d$  ضریب درگ و ضریب گشتاور  $C_Q$  می باشند. همچنین ضریب گشتاور از رابطه ۱۳ قابل دستیابی است.

$$C_Q = \frac{QR}{\frac{1}{2}\rho \cdot U^2 \cdot A_R \cdot Cm} \quad (13)$$

در رابطه ۱۳،  $C_m$  ضریب ممنتوم است که از رابطه ۱۴ محاسبه می شود.

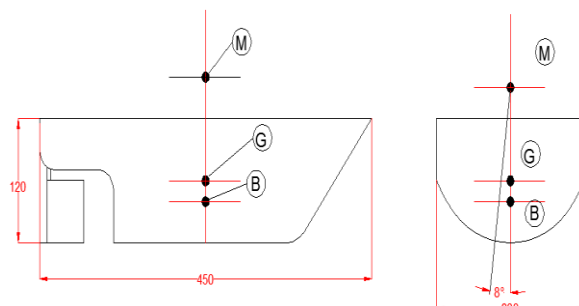
$$C_m = \frac{A_R}{b} \quad (14)$$

در روابط یاد شده،  $\rho$  چگالی، سرعت شناور (یا همان سکان)  $U$ ، سطح سکان  $A_R$ ، ضریب لیفت  $C_L$ ، ضریب درگ  $C_d$ ، می باشند.

#### ۴. تحلیل و بررسی

همان گونه که در بیان روابط (۱) و (۲) و محاسبه نقاط متاسنتریک و مرکز ثقل و مرکز شناوری توضیح داده شد جهت پایداری عرضی شناورها باید مرکز متاسنتریک بالاتر از نقطه ثقل واقع شود، از طرفی با توجه به محاسبات صورت گرفته و مشاهده شکل (۴) مشاهده می شود، مرکز متاسنتریک بالاتر از مرکز ثقل شناور قرار گرفته که همین عامل باعث پایداری حرکت در آب مانند زمان گردش به راست یا چپ و جلوگیری از غلتیدن و انحراف ناگهانی آن می شود. با توجه به این که شناور تحت بررسی با فرض نظامی بودن و حامل ۴ سرنشین و دارای ادوات نظامی نظیر تیربار و موشک انداز سبک می باشد، بنابراین نقطه متاسنتریک در شکل (۴) (GM) حدود ۱۰۰ سانتی متر از مرکز ثقل شناور بالاتر بوده و مرکز شناوری نیز ۲۰ سانتی متر پایین تر از مرکز ثقل واقع گردیده که این امر نشان دهنده مناسب بودن شرایط برای زاویه غلتش و پایداری عرضی می باشد.

شکل (۴) نقطه G، مرکز ثقل جسم شناور، B، مرکز شناوری، M، مرکز متاسنتریک را نشان می دهد



شکل ۴ - نقاط مرکز ثقل، مرکز شناوری، و مرکز متاسنتریک

همان گونه که در شکل (۴) دیده می شود، نمای جانبی و روبروی شناور تندرو مراکز مهم پایداری را به تصویر کشیده اند. در سمت راست ممکن است در اثر باد شدید شناور به سمت چپ و یا راست غلتش داشته باشد. به همین جهت باید مرکز غلتش را در نقطه متاسنتریک در نظر بگیریم.

پس از غلتیدن شناور، قسمت زیرآبی شناور تغییر می کند، یا به عبارتی شکل حجم آب جابجا شده تغییر می کند به صورتی که مرکز شناوری تحت زاویه غلتش تغییر می یابد. با فرض این که هیچ جسمی بر روی شناور جابجا نشود، مرکز ثقل در نقطه G بدون تغییر باقی می ماند. همچنین وزن و نیروی شناوری نیز بدون تغییر و در حال تعادل اند.

نکته دیگر آن است که نقطه متاسنتریک به صورت معمول باید بین ۰٫۵ تا ۳ متر باشد که هم در زمان غلتش (Rolling) پایداری مناسبی داشته باشد و هم بیش از این مقدار نباشد تا فرمان پذیری شناور دچار مشکل نشود. در شناور تندروی تحت بررسی شده مرکز متاسنتریک حدود ۱۰۰ سانتی متر بالاتر از مرکز ثقل واقع شده که بسیار مطلوب می باشد.

از سوی دیگر، پروانه تحت تاثیر سرعت جریان اطراف بدنه است که این توزیع سرعت با حالت یکنواخت آب ساکن متفاوت است. تفاوت فوق ناشی از تشکیل لایه مرزی در مجاورت بدنه شناور و به وجود آمدن سرعت‌های دورانی ناشی از امواج است. تاثیر توزیع سرعت معمولا با ضریب ویک نمایش داده می شود که بر اساس رابطه (۱۰) به دست می آید.

$$W = \frac{V - V_A}{V} \quad (10)$$

در رابطه (۱۰)،  $V_A$  سرعت جریان آب در محل پروانه (هنگامی که پروانه وجود ندارد) و  $V$  سرعت روبه جلو جسم شناور تحت بررسی می باشد. همچنین  $W$ ، ضریب ویک می باشد و معمولا بین 0.05 تا 0.5 است. [۱۱].  
حال برای بررسی دقیق تر جریان های هیدرودینامیکی به وجود آمده در اطراف شناورهای تندروی جنگی، شرایط دوگانه ای را در نظر می گیریم. به این معنا که یک بار فرض بر این است که:  
الف) شناور تندرو به تنهایی در حال حرکت است و می خواهیم بدانیم جریان مغشوش به وجود آمده در اطراف شناور چه وضعیتی را ایجاد می کنند؟

ب) در صورتی که شناور مورد نظر توسط دشمن تعقیب شود و سرعت حرکت هردو شناور تقریبا " یکسان باشد چه اتفاقی برای بدنه های شناور رخ خواهد داد و شکل جریان های هیدرودینامیکی چگونه است؟  
برای هردو فرض در نظر گرفته شده ابتدا ورودی های مسئله را بر اساس جدول (۱) مد نظر قرار داده ایم.  
سپس نظر به این که جریان متاثر از سرعت شناور و آب دریاست، جریان مغشوش در نظر گرفته شد. بر این اساس برای تحلیل روابط جاکم از نرم افزار فلونت (Fluent 16.00 & Gambit 2.4.6) برای شبیه سازی و تحلیل مسئله استفاده گردید.  
نتایج حاصله بر اساس جدول (۲) و (۳) به صورت نمودارهای شکل (۵) تا (۹) قابل تحلیل می باشند.

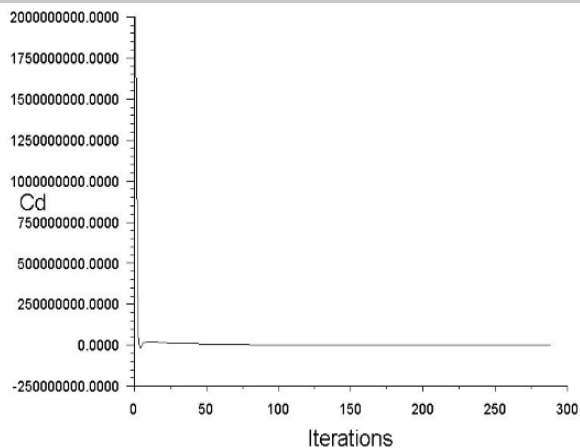
جدول (۲) نتایج حاصله از حرکت شناور دوتایی (به صورت تعقیب شونده)

$Cd=2.48*10^5$	$CL=8.39*10^5$
$Continuity= 4.54*10^{-4}$	X- Velocity = $3.55*10^{-4}$
y-velocity = $3.98*10^{-4}$	

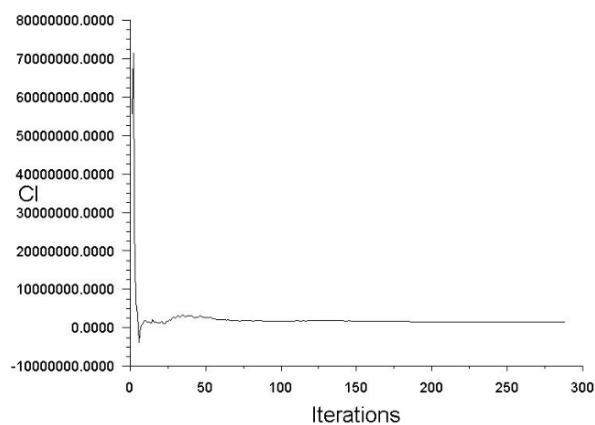
جدول (۳) نتایج حاصله از حرکت شناور تندرو تکی

$Cd=8.96*10^5$	$CL=1.46*10^6$
$Continuity= 7.86*10^{-4}$	X- Velocity = $5.85*10^{-4}$
y-velocity = $7.042*10^{-4}$	$Cm= 7.93*10^6$

شکل های (۵)، (۶)، و (۷) به ترتیب ضرایب درگ، لیفت و ممنتوم را در اطراف شناور تندرو در حالتی به تنهایی و با سرعتی معادل ۱۲ کیلومتر در ساعت در حرکت است را نشان می دهند.

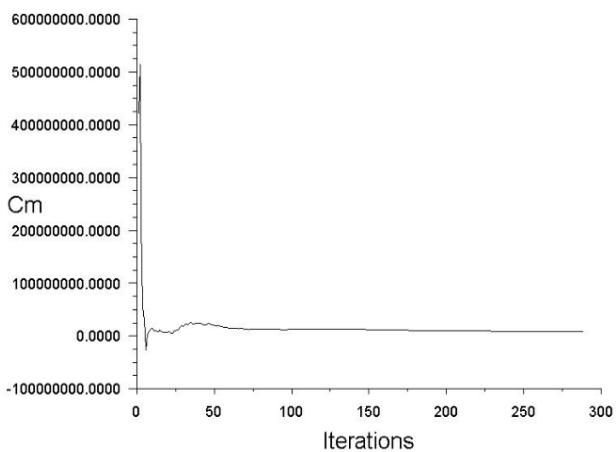


شکل (۵). نمودار ضریب درگ تحت تاثیر حرکت شناور تکی



شکل (۶) ضریب لیفت حرکت شناور تندرو

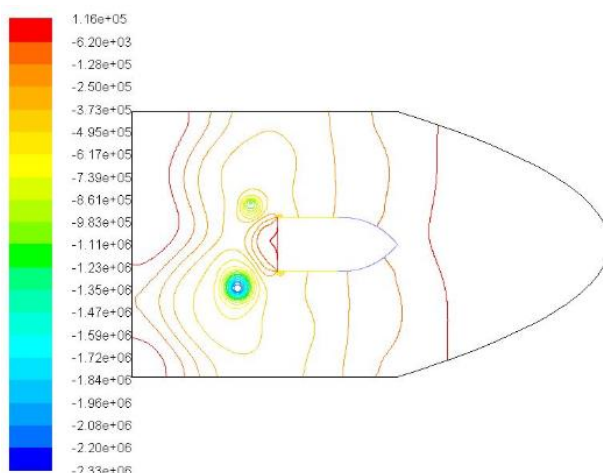
ضریب ممنتوم شناور تندروی تکی با سرعتی معادل ۱۲ کیلومتر در ساعت به صورت شکل (۷) می باشد.



شکل (۷) نمودار ضریب ممنتوم شناور تکی

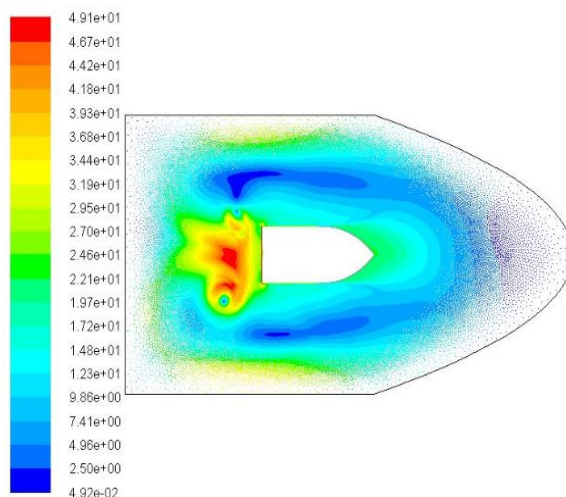


همچنین کانتور خطوط فشار استاتیکی ایجاد شده در حرکت شناور تندروی مورد بررسی به صورت شکل (۸) به دست آمد. با دقت در تصویر به دست آمده، مشاهده می شود که هیچ گونه فشار بحرانی در قسمت انحنای جلوی شناور و حتی سطوح جانبی آن ایجاد نمی شود.



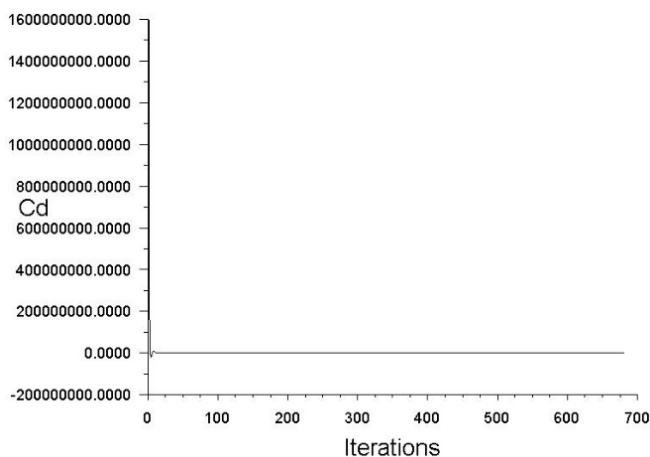
شکل (۸) کانتور فشار استاتیکی ایجاد شده بر بدنه شناور

همان گونه که در شکل (۹) مشاهده می گردد، اثرات بردار سرعت حرکت شناور در قسمت جلوی شناور مطلوب و در سطوح کناری عادی است اما در پشت شناور حالت بحرانی است که در ایجاد نیروی درگ و کاهش نیروی رانش تاثیر نامطلوبی به دنبال خواهد داشت. بنابراین بهتر است انحنای متناسب با جریان سیال در گوشه های پشت شناور ایجاد شود تا نیروی درگ به حداقل ممکن کاهش یابد. در هر صورت با توجه به سرعت بالای حرکت شناور راحتی سرنشینان و فرمان پذیری مناسب از مزایای این نوع شناور ارزیابی می شود.

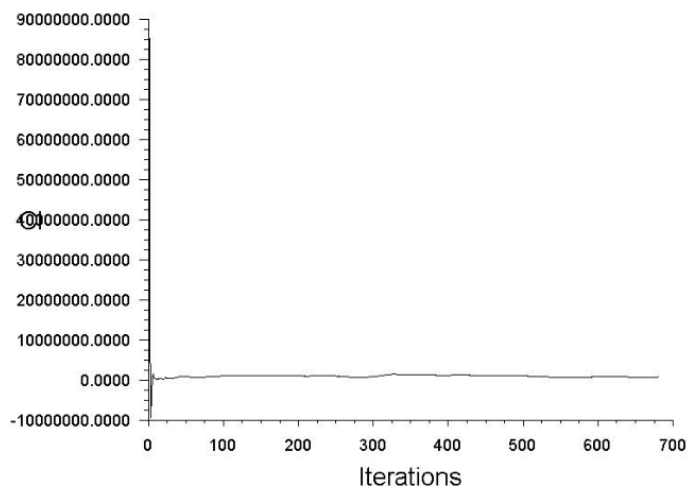


شکل (۹) بردار سرعت حرکت شناور (متر بر ثانیه)

اما در نمودارهای نشان داده شده در شکل های (۱۰) تا (۱۳) وضعیتی از حرکت شناورهای جنگی شبیه سازی گردید که در آن فرض بر این است که شناور خودی تحت تعقیب دشمن قرار گرفته و سرعت هردو هم یکسان است. نمودار شکل های (۱۰) و (۱۱) نشان دهنده ضریب درگ و لیفت ایجاد شده بر روی هردو شناور است.

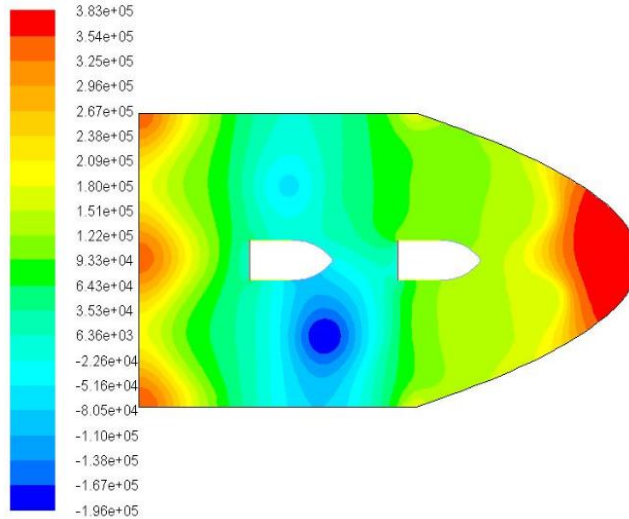


شکل (۱۰). نمودار ضریب درگ تحت تاثیر حرکت شناور تکی

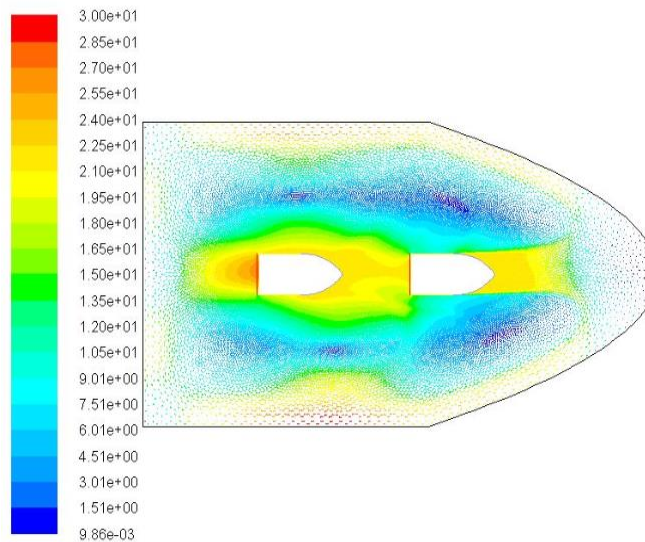


شکل (۱۱) ضریب لیفت حرکت شناور تندرو

اما در شکل های (۱۲) و (۱۳) کانتور فشار و بردار سرعت شناورها مشاهده می شوند. در شکل (۱۳) بردار سرعت شناور اولی (خودی) تاثیر زیادی بر شناور تعقیب کننده داشته به صورتی که سطوح جلویی و کناری شناور دشمن تحت تاثیر حرکت اولی قرار گرفته است. البته باید این نکته را ذکر کرد که فاصله دو شناور ۴ متر فرض شده است و اگر این فاصله کاهش یابد به سادگی شناور اولی می تواند در مانور حرکتی تعادل شناور دشمن را بر هم زده و فشار استاتیکی وارده را به صورت چشمگیری افزایش دهد.



شکل (۱۲) کانتور فشار استاتیکی ایجاد شده بر بدنه شناورها



شکل (۱۳) اثر بردار سرعت حرکت شناورها (متر بر ثانیه)

## ۵. نتیجه گیری

در این مقاله، به بررسی دینامیک حرکت شناورهای تندروی نظامی پرداختیم. ابتدا روابط حاکم بر مهندسی شناورهای دریایی و مشخصه های طراحی و پایداری را بررسی نموده و سپس، به شبیه سازی شناورتندرو اقدام نمودیم. در محاسبات انجام شده ابتدا نقاط مرکز ثقل و شناوری را به دست آورده و سپس نقطه متاسنتر را محاسبه نمودیم. بر اساس محاسبات صورت گرفته، نقطه متاسنتر شناور حدود ۱۰۰ سانت بالاتر از مرکز ثقل به ست آمد که نشان دهنده عدم غلتش شناور در هنگام کج شدن به راست و چپ و پایداری شناور می باشد. همچنین، برای تحلیل شرایط حرکتی شناور، و اثرات امواج دریا بر بدنه

شناورهای تحت بررسی، ضرایب درگ، ممنتوم و لیفت و همچنین کانتور خطوط فشار و بردار سرعت را به صورت نمودار شبیه سازی شده از نرم افزار فلونت استخراج کردیم.

براساس شبیه سازی انجام شده، ضریب درگ و ضریب لیفت در حرکت شناور تکی به ترتیب  $1.06 \times 10^{-6}$  و  $8.96 \times 10^{-5}$  است و از طرفی براساس محاسبات معمول اگر نسبت ضریب لیفت به درگ بیش از ۱ باشد نتایج حاصله مطلوب است، بنابراین اصل نتایج به دست آمده، این نسبت ۱,۶۲ می باشد. و در بررسی حرکت دو شناور نیز با توجه به ضرایب درگ و لیفت که به ترتیب  $2.48 \times 10^{-5}$  و  $8.39 \times 10^{-5}$  به دست آمده، نسبت این دو ضریب ۳,۳۸ است که نشان دهنده صحت نتایج حاصله می باشد.

#### ۶- فهرست علائم

M	گشتاور
W	وزن
I	ممان سطح
T	زمان تناوب
K	شعاع ژیراسیون
g	شتاب جاذبه
C <sub>f</sub>	ضریب اصطکاک
U <sub>0</sub>	سرعت شناور
L	طول سطح تماس با آب
Re	عدد رینولدز
C <sub>L</sub>	ضریب لیفت
A <sub>r</sub>	سطح شناور
C <sub>d</sub>	ضریب درگ
C <sub>Q</sub>	ضریب گشتاور
$\theta$	زاویه غلتشی
$\nabla$	حجم جابجایی
$\rho$	جرم مخصوص
$\alpha$	زاویه استال
$\nu$	لزجت سینماتیکی

#### ۷- مراجع

[1] مقومی. م، قجاوند. ف، حیدرزاده. ف، (۱۳۹۴) "مقایسه تحلیل جریان های آرام و مغشوش سکان شناورها با پروفیل نوع IFS 61-TR 25 و NACA0020 (توسط نرم افزار فلونت)", سومین مهندسی برق، مکانیک و مکاترونیک کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در مهندسی برق، مکانیک و مکاترونیک، دانشگاه مالک اشتر.

[۲] Michio Ueno, Yoshiaki Tsukada, (2015), "Rudder effectiveness and speed correction for scale model ship testing" National Maritime Research Institute, 6-38-1 Shinkawa, Mitaka, Tokyo 181-0004, Japan.

[۳] P. Vidmar, M. Perkovič, (2013), "Optimization of upwind sailing applying a canting rudder device" University of Ljubljana, Faculty of Maritime Studies and Transport, Potpomorščakov 4, 6320 Portorož, Slovenia.

[۴] Bin Ji, Xianwu Luo, Xin Wang, Xiaoxing Peng, Yulin Wu and Hongyuan Xu, (2011), "Unsteady Numerical Simulation of Cavitating Turbulent Flow Around a Highly Skewed Model Marine Propeller", China Ship Scientific Research Center, Wuxi 214082, China. *Fluids Eng* 133(1).

[۵] Vandamme, J., Zou, Q., and Reeve, D. (2011). "Modeling Floating Object Entry and Exit Using Smoothed Particle Hydrodynamics." *J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng.*, pp 213-224.

[۶] Montazeri, N., Mousavizadegan, S. H., and Bakhtiarinejad, F. (2010), "The Effectiveness of Moving Masses in Reducing the Roll Motion of Floating Vessels," International Mechanical Engineering Congress and Exposition, pp 101-107.

[۷] Apostolos Papanikolaou, (2010) "Computer-Aided Design", Volume 42, Issue 11, Pages 1028-1044.

[8] Yusuke Tahara, Satoshi Tohyama, Tokihiro Katsui, (2006) "CFD-based multi-objective optimization method for ship design" International Journal for Numerical Methods in Fluids, Pages 499-527.

[۹] Alan Brown, Juan Salcedo, (2008), "Multiple-Objective Optimization in Naval Ship Design" American Society of Naval Engineers, Volume 115, Issue 4, pages 49-62.

[۱۰] چمنی، م، دهقانی، ا، بیرامی، م، قلی پور، ا، (۱۳۹۱)، "مکانیک سیالات"، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ دوم، صفحه ۹۱-۹۲.

[۸] سیف، م، سیف م س، (۱۳۷۳) "اصول طراحی کشتی"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صفحه ۷۹-۸۰.