

## سامانه فریب اژدر جهت حفظ شناورهای سطحی

حمید فروزان<sup>۱</sup>، عبدالله رضوانی آلیله<sup>۲</sup>، کریم اکبری وکیل آبادی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی معماری کشتی گرایش هیدرو دینامیک

<sup>۲</sup> کارشناس ارشد مهندسی مکانیک سیالات گرایش تبدیل انرژی

<sup>۳</sup> دانشجوی دکتری مهندسی دریا

دانشکده مهندسی کشتی دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره) نوشهر

### چکیده

امروزه سطح تهدید شناورها توسط اژدرهایی که رد اثر کشتی یا در اصطلاح ویک را تعقیب می کنند، به شکل فزاینده‌ای بالا رفته است. درمقابل با این تهدید می توان از سامانه‌هایی که به نوعی می توان آن را دستگاه تولید کننده ویک (wake maker) نامید، استفاده نمود. این ماشین دریایی بدون سرنشین با هزینه‌ای به مراتب کمتر از یک شناور واقعی و با ابعادی کوچکتر ساخته شده به گونه‌ای که قابل حمل توسط شناور اصلی بوده و توانایی تولید دنباله‌ای مشابه یک شناور سطحی را دارا می باشد. علاوه بر آن با نصب مکانیزم‌هایی می توان سیگنال‌های آکوستیکی توسط آن ایجاد نمود که به راحتی می تواند اژدر را فریب داده و آن را به سمت خود بکشاند و از هدف اصلی منحرف سازد.

واژه های کلیدی: ویک - شناور سطحی - ویک ساز بدون سرنشین - اژدر.

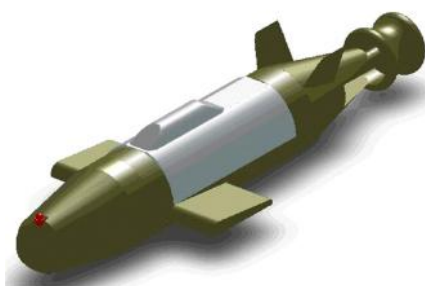
### ۱. مقدمه

شناور در حال حرکت، نشانه‌هایی در محیط دریا از خود بجا می گذارد که در واقع شناسنامه آن شناور محسوب می شود. از جمله این اثرات می توان به میدان مغناطیسی بدنه، صدا، حرارت و جریان ویک اطراف بدنه اشاره نمود. در چند دهه اخیر، دنباله ناشی از اجسام شناور دریایی، بعنوان یک عامل شناسایی توسط اژدرها مورد استفاده قرار گرفته است. اژدرها برای ردگیری شناورها و برخورد به آنها از مکانیزمی استفاده می کنند که براساس تعقیب جریان آب ناشی از حرکت شناور شکل می گیرد. دنباله تولیدی یک شناور بسیاری از مشخصات شناور را با خود به همراه دارد و در صورتیکه اژدری برای هدف قرار دادن شناوری رها شده باشد، می توان با استفاده از یک شناور مجازی بدون سرنشین دنباله‌ای شبیه شناور اصلی را تولید کرد بطوریکه جریان ناشی از دنباله توسط سنسورهای اندازه‌گیری اژدر قابل ردگیری بوده و ضمن فریب اژدر، شناور مجازی بدون سرنشین بجای شناور اصلی مورد اصابت قرار گیرد [1-3].

کشتی‌ها و سایر اشیایی که نزدیک یا روی سطح آزاد آب حرکت می کنند، تحت تأثیر سه نیروی غالب قرار می گیرند که شامل اینرسی، جاذبه و لزجت می باشد. امواج بطور عمده توازنی بین عامل اول و دوم هستند. نقش لزجت در سطح بسیار نزدیک به جسم، یعنی در یک لایه مرزی باریک بسیار برجسته است و بخش بزرگی از نیروی درگ کل را تشکیل می دهد. هنگامی که یک جسم شناور در عمق و یا سطح آب حرکت می کند، وجود پدیده موج سازی، ویسکوزیته سیال و ایجاد لایه مرزی باعث می شود تا جریانی در اطراف و خصوصاً پاشنه شناور شکل گیرد که با دور شدن از جسم به فرم واگرا پخش شده و در نهایت در فاصله معینی از منبع کاملاً محو شود. ویک با توجه به نوع آن می تواند پدیده خطی، غیرخطی و نوسانی باشد و لذا نیروهای پسا و ارتعاشی به مولد آن وارد سیستم می گردند. این پدیده باعث ایجاد تغییرات میدان سرعت در پشت جسم گردیده که اثرات آن به صورت موج یا ورتکس در پشت جسم ایجاد می شود. هر گونه نوسانات جریان در محیط باعث تغییرات فازی سیال می شود. این تغییرات ممکن است در بعضی نقاط باعث ایجاد کاویتی (حفره) گردد که ایجاد حفره منجر به تولید نویز می شود. عوامل بوجود آورنده ویک شناورها بطور کلی به دو دسته عوامل سطحی و زیر سطحی تقسیم بندی می گردند [4-5]. از جمله عوامل سطحی این پدیده می توان به امواج سطحی ناشی از حرکت رو به جلوی بدنه در سینه و پاشنه و همچنین پارامترهای مختلف پدیده موج سازی پیرامون شناورها اشاره کرد. از عوامل زیر سطحی نیز می توان وجود لایه مرزی و وقوع پدیده جدایش جریان، اندرکنش بین بدنه و پروانه، تشکیل جریان های گردابی و همچنین ویک مغشوش ناشی از سیستم رانش در پاشنه و دیگر ملحقات زیر سطحی شناور را نام برد.

بررسی و تجزیه و تحلیل دقیق این اثرات می تواند به صورت‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. در مرحله طراحی می توان از این مفاهیم و اطلاعات جهت طراحی بهینه و کاهش اثرات ویک شناور استفاده نمود. از جمله این راه ها که عموماً برای مقابله با این اژدرها استفاده می شود، فریب جستجو گر اژدر و شبیه سازی دنباله کشتی است که در شکل ۱- نشان داده شده است. طراحی شبیه ساز دنباله، به نوع اژدرهایی که قصد مقابله با آنها را داریم و قابلیت‌های کشتی مورد نظر بستگی دارد. باتوجه به اینکه مهمترین عامل تولید ویک در یک شناور، ابتدا پروانه و سپس بدنه می باشد. بر همین اساس در این مقاله باتوجه به حجم محاسبات بالا به واسطه مدل کردن عددی همزمان بدنه شناور با پروانه در حال چرخش، این دو مدل

بطورمجزا مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت اثرات آن روی هم اضافه شده است. همچنین در ادامه هر یک از مدل‌های عددی بطور مجزا بیان و نتایج آن مورد بررسی قرار گرفته شده است.



شکل ۱: دستگاه تولید کننده ویک

### ویک (wake)

هنگامی که یک جسم (کشتی، زیر دریایی، اژدر و ...) در آب در حال حرکت می‌باشد بواسطه حرکت آن یک توزیع سرعت و نتیجتاً براساس قانون برنولی یک توزیع فشار غیر یکنواخت در پشت جسم شکل می‌گیرد، وجود پدیده موج‌سازی، ویسکوزیته سیال و ایجاد لایه مرزی باعث می‌شود تا جریانی در اطراف و خصوصاً پاشنه شناور شکل گیرد که با دور شدن از جسم به فرم واگرا پخش شده و در نهایت در فاصله معینی از منبع کاملاً میرا می‌شود. این جریان پایین دست را ویک شناور می‌نامند.

ویک پتانسل: عبارت است از میدان ویک، زمانی که کشتی در سیال ایده ال بدون احتساب اثرات ویسکوزیته حرکت می‌کند. ویک اصطفاکی: در اثر در نظر گرفتن ویسکوزیته برای جریان عبوری پیرامون بدنه شناور و بر اساس رشد لایه مرزی بر روی بدنه که برای شناور واقعی مغشوش است، تعریف می‌گردد.

ویک موج‌سازی: ناشی از حرکت ذرات سیال پیرامون بدنه در سیستم امواج ثقلی ناشی از حرکت شناورها در سطح آزاد و همچنین حرکت ملحقات مختلف شناور در زیر سطح آزاد می‌باشد. در واقع این ویک که در شکل ۱- نشان داده شده است شامل سیستم موج در سینه، پاشنه و شانه جلویی و عقبی شناور می‌باشد.

ویک اسمی: ویک تولیدی توسط شناور بدون حضور پروانه می‌باشد.

ویک مؤثر: ویک تولیدی توسط شناور و پروانه هنگامی که پروانه در پاشنه کشتی در حال کار کردن می‌باشد.

در این مقاله در مرحله اول پس از بررسی ویک و انواع ویک‌های تولیدی عملکرد یک شناور در حال حرکت و نشانه‌هایی که در محیط دریا از خود بجا می‌گذارد مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در مرحله دوم مهمترین عوامل تولید ویک در شناورها و ماهیت پیچیده پدیده ویک بدنه و پروانه مورد بررسی قرار گرفته است. در مرحله سوم فرم بدنه و پروانه یک شناور با مشخصات شناور مورد نظر مدل‌سازی گردیده و مدل‌های تولید شده توسط نرم افزار مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج استخراج شده میزان اثر تولید ویک توسط بدنه و پروانه را در این نوع شناور در اختیار ما قرار می‌دهد.

### ابزارهای اندازه گیری ویک

در گذشته برای اندازه گیری ویک پروانه در آزمایشگاه با استفاده از لوله پیتوت، فشار در نقاط مختلف اندازه گیری شده و سپس سرعت سیال محاسبه می‌شود. امروزه از دستگاه‌های پیشرفته اندازه گیری مثل LDV (laser Doppler velocimetry), PIV (Particle Image Velocimetry) و SPIV (scopics PIV stereo) استفاده می‌گردد. سرعت سیال و سپس ویک متوسط در زوایا و در نقاط شعاعی مختلف پروانه توسط این دستگاه‌های پیشرفته اندازه گیری می‌گردد [6].

### پارامترهای تاثیر گذار بر روی ویک و بررسی اثر هر یک از آنها

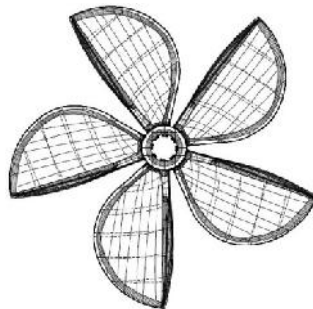
با توجه به تعریفی که از ویک ارائه گردید، پاشنه شناور و در نهایت المان پروانه نقش بسزایی در تولید ویک داشته و مهمترین عامل تولید ویک در کشتی محسوب می‌گردد [7]. بطور کلی سه المان مهم در طراحی کشتی تعریف می‌گردد که شامل المان سینه، المان قسمت میانی و المان پاشنه کشتی می‌باشند. به همین منظور در این قسمت در ابتدا هندسه و عملکرد پروانه و در ادامه پدیده‌های مرتبط با پروانه، عوامل مؤثر بر ویک پروانه، اثر

صوتی پروانه و در نهایت بحث ردیابی توسط اژدر ارائه می‌گردد. هندسه پیچیده پروانه بر اساس پارامترهای ذیل توصیف می‌گردد. بنابراین فاکتورهای مهم پروانه عبارتند از:

قطر پروانه، قطر هاب، تعداد پره، زاویه ویک، زاویه اسکيو، ارتفاع غوطه‌وری پروانه، نسبت قطرهاب به قطر پروانه، شیب محوری شافت پروانه، نسبت سطح توسعه یافته، نسبت گام به قطر پروانه، شکل مقطع در لبه ورودی و لبه خروجی، پروفیل مقطع پره، ضخامت پره، سرعت دورانی.

### مدل‌سازی در نرم‌افزار فلوئنت و روابط حاکم

در این مقاله ابتدا مدل بدنه شناور و همچنین مدل شافت و پروانه (شکل-۲) در محیط نرم‌افزار مدل‌سازی شده و پس از تهیه مدل‌ها مراحل شبکه بندی خط، سطح و حجم بر روی آن‌ها انجام و سپس شرایط مرزی برای تحلیل جریان تعریف گردیده است. با توجه به اینکه ورود جریان به پروانه می‌بایست یکنواخت باشد، در اطراف پروانه فضای محاسباتی در نظر گرفته شده است که به شکل استوانه می‌باشد و مشابه این فضا که بصورت مکعب می‌باشد، نیز در اطراف بدنه شناور در نظر گرفته شده است، همچنین مدل‌ها هر یک بطور جدا گانه وارد محیط نرم افزار پیش پردازنده Gambit شده و در ادامه بحث پس از تعریف روش حل عددی، توسط نرم افزار فلوئنت (Fluent) تحلیل انجام شده است.



شکل ۲: تصویر پروانه مدل شده

از میان مدل‌های چند فازی در فلوئنت، مناسبترین مدل آن مدل مخلوط است. در این مدل معادله‌ی پیوستگی به صورت زیر است.

$$\frac{\partial \rho_m}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_m \vec{v}_m) = \dot{m} \quad (1)$$

که سرعت متوسط جرم و دانسیته‌ی مخلوط از روابط زیر قابل محاسبه است.

$$\vec{v}_m = \frac{\sum_{k=1}^n \Gamma_k \vec{v}_k}{\rho_m} \quad (2)$$

همچنین برای وارد کردن اثرات جریان مغشوش از مدل استاندارد  $k-\epsilon$  استفاده شده است. در این مدل انرژی جنبشی  $k$  و میزان اتلاف انرژی  $\epsilon$  از روابط زیر تعیین می‌شوند.

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial (k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \nu + \frac{\nu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \epsilon - Y_M + S_k \quad (3)$$

$$G_k + G_b - \epsilon - Y_M + S_k$$

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} + \frac{\partial (\epsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \nu + \frac{\nu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + G_{1\epsilon} + G_{3\epsilon} + G_{b\epsilon} - G_{2\epsilon} + S_\epsilon \quad (4)$$

$$G_{1\epsilon} + G_{3\epsilon} + G_{b\epsilon} - G_{2\epsilon} + S_\epsilon$$

در این روابط  $G_k$  بیانگر تولید انرژی جنبشی تلاطم حاصل از گرادیان سرعت متوسط،  $G_b$  انرژی جنبشی تلاطم حاصل از بویانسی،  $G_{1\epsilon}$ ,  $G_{3\epsilon}$ ,  $G_{2\epsilon}$  ضرایب ثابت مدل هستند و  $\sigma_k$ ,  $\sigma_\epsilon$  اعداد اغتشاش پراختل هستند.

همچنین معادله‌ی مومنتوم در مدل مخلوط به شکل زیر است:

$$\frac{\partial(\dots_m \vec{v}_m)}{\partial t} + \nabla \cdot (\dots_m \vec{v}_m \vec{v}_m) = -\nabla p + \nabla \cdot \left[ \dots_m (\nabla \vec{v}_m + \nabla \vec{v}_m^T) \right] + \dots_m \vec{g} + \vec{F} + \nabla \cdot \left( \sum_{k=1}^n r_{k \dots k} \vec{v}_{dr,k} \right) \quad (5)$$

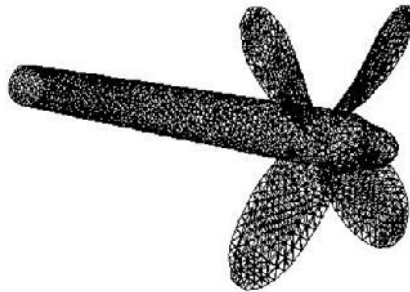
در این روابط  $n$  بیانگر تعداد فازها،  $\vec{F}$  نیروی جسمی،  $\vec{v}_{dr,k}$  سرعت رانش و  $\dots$  ویسکوزیته مخلوط است.

### مدل سازی جریان حول دیواره

جریانات آشفته به شدت متأثر از حضور دیواره‌های جامد می باشد. واضح است که سرعت متوسط جریان به واسطه شرط عدم لغزش متأثر از حضور دیواره خواهد شد. آشفتگی در نزدیکی دیواره به طرق مختلفی به وجود می آید. در فاصله بسیار نزدیک به دیواره، اثرات میرائی لزجت سیال باعث کاهش نوسانات سرعت در راستای مماسی می گردد. کمی بالاتر از دیواره درحالی ناحیه‌ای که اثرات میرائی لزجت کاهش یافته است، آشفتگی به سرعت و به واسطه تولید انرژی جنبشی ناشی از گرادیان‌های شدید سرعت متوسط، افزایش می یابد [8]. مدل سازی نواحی نزدیک دیواره به شدت صحت و سقم مسائل عددی را متأثر از خود می سازد، تا آنجائیکه می توان دیوارها را منبع اصلی ایجاد ورتیسیته متوسط و آشفتگی جریان نام برد واز طرفی این ناحیه نزدیک دیواره است، متغیرهای جریان در آن نواحی با گرادیان‌های بالا تغییر می نمایند و انتقال ممنوم و سایر کمیت‌های اسکالر از طریق این ناحیه صورت می پذیرد. لذا هرچه حضور فیزیکی دیوارها و جریان سیال مجاور آنها در مسائل عددی بهتر و دقیق تر مورد توجه قرار گیرند، مدل سازی عددی انجام شده به نتایج فیزیکی و تجربی نزدیکتر خواهد بود. بنا براین برای به دست آوردن پروفیل خواص در نزدیک دیواره از روش توابع دیواره استفاده شده است. استفاده از توابع دیواره نیاز به اصلاح مدل‌های آشفتگی را بر طرف می سازد، اما در جریانات که غالب میدان جریان دارای عدد رینولدز بالا می باشد، استفاده از توابع دیواره صرفه جوئی قابل توجهی را در منابع محاسباتی (زمان، حجم محاسبات، حافظه و ...) باعث می گردد در این مسئله نیز عمده جریان به صورت رینولدز بالا می باشد. لذا ناحیه کنار دیواره بسیار باریک می باشد. از این رو جهت مدل سازی رفتار جریان در کنار دیواره از توابع دیواره استفاده شده است.

### تولید شبکه

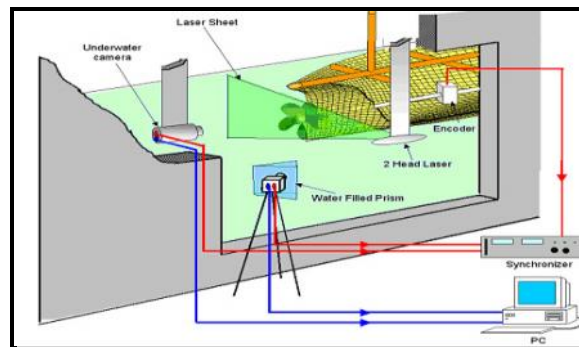
در هر روش عددی برای اینکه بتوان معادلات حاکم بر میدان جریان نظیر بقای جرم، مومنوم و معادله انرژی را بر میدان جریان اعمال نمود. لازم است دامنه محاسباتی را به قطعات کوچکتری تقسیم نموده و معادلات حاکم بر میدان سیال را در این سلول‌ها حل نمائیم. مسئله ایجاد شبکه درحقیقت تعیین یک نگاشتی است که نقاط شبکه را از دامنه فیزیکی به دامنه محاسباتی می برد. ایجاد شبکه مناسب در حالت یک بعدی و دو بعدی ساده است اما در مسائل سه بعدی پیچیدگی خاصی در راه تولید یک شبکه منظم وجود دارد. به همین دلیل شبکه تولید شده در این مقاله توسط روش تولید شبکه به روش بیضوی می باشد. علت استفاده از این نوع مش بندی امکان تعیین ارتفاع و سلول‌های واقع در لایه مرزی می باشد. ارتفاع مش‌ها در راستای عمود بر بدنه هیدروفویل‌ها بر اساس نوع مدل آشفتگی تعیین می شوند. در نزدیکی لبه حمله و لبه فرار به علت تغییرات شدیدتر سرعت و فشار نسبت به بقیه طول هیدروفویل از مش بندی ریزتری در راستای طول هیدروفویل استفاده می شود.



شکل ۳: مدل مش بندی شافت و پروانه

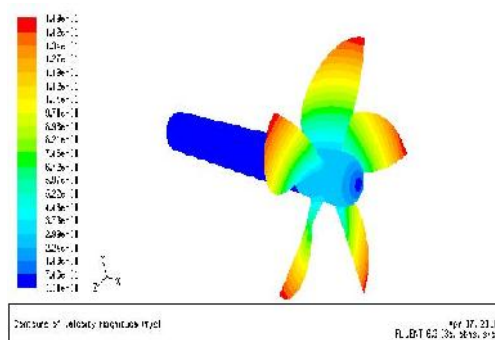
## نتایج حاصل از تحلیل پروانه شناور

پس از تحلیل برابر شرایط مرزی فرض شده نتایج بدست آمده از تصاویر دریافتی توسط نرم افزار، نشان می‌دهد تولید ویک و ماندگاری آن پس از حدود ۸ دقیقه برای سرعت ۸ گره که در نرم افزار رویت گردیده برابر محاسبات انجام شده، نشان از ماندگاری اثر ویک در مسافت بالای ۱۰۰۰ متر در پشت شناور را دارد. نتایج حاصل از تحقیق حاضر با نتایج بدست آمده از تجهیزات LDV، PIV، SPIV مقایسه شده و تطابق بسیار خوبی مشاهده شده است. همچنین بالا بودن هزینه انجام آزمایشات عملی برای محاسبه ویک تولیدی پروانه وبدنه توسط تجهیزات LDV، PIV، SPIV ما را با حتی ۲۰ درصد خطا به این نتیجه می‌رساند که قابلیت تولید ویک با ماندگاری بالا در دریا جهت تولید ویکی مشابه کشتی اصلی و برای فریب اژدر وجود دارد.

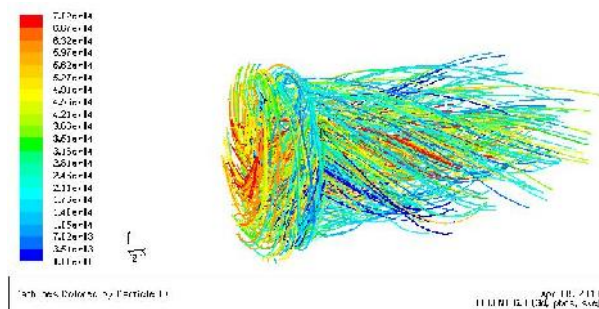


شکل ۴: سیستم اندازه گیری ویک بصورت عملی

شکل (۵) میدان سرعت ایجاد شده در پروانه را نشان می‌دهد. به دلیل حرکت جریان سیال موجود در ناحیه ویک با سرعت بالا، پروفیل توزیع سرعت جریان در این قسمت دچار تغییرات می‌شود. همچنین با توجه به خصوصیات جریان سیال در ناحیه ویک، سرعت جریان در محل قرارگیری پروانه دارای یک توزیع سه بعدی، غیر یکنواخت و وابسته به زمان خواهد بود. براساس تئوری مومنوم فشار سیال در پشت پره با نزدیک شدن به سمت پره کاهش یافته و ایجاد یک منطقه مکش در ورودی پره می‌نماید. در این منطقه علاوه بر وجود روند کاهش فشار، شاهد افزایش سرعت جریان نیز هستیم. با توجه به شکل - ۲ روند افزایش سرعت تا نزدیکی سطح پره ادامه پیدا کرده بطوری که در نزدیک سطح و سطح پره به دلیل وجود تنش-های صفحه‌ای فشار بطور ناگهانی افزایش می‌یابد. همچنین در لبه‌های حمله پره به دلیل اثرات برخوردی آب با آن، بیشترین فشار وارده بر پره را داریم. با توجه به نتایج بدست آمده، با افزایش مقدار کارکرد پروانه، تاثیر آن بر روی جریان حول آن کاسته شده بطوری که پروانه تاثیر چندانی بر روی پروفیل‌های سرعت و فشار قبل و بعد از آن ندارد (شکل - ۶).



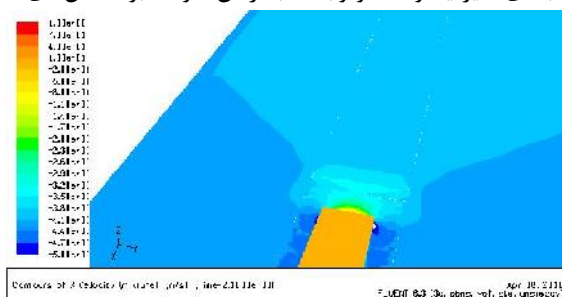
شکل ۵: توزیع سرعت روی پره‌ها بواسطه سرعت دورانی، پروانه



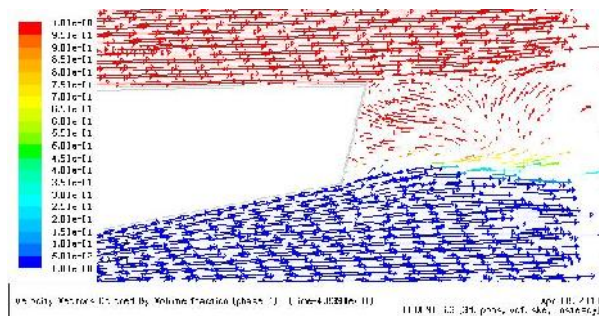
شکل ۶: خطوط جریان اطراف پروانه

### نتایج حاصل از تحلیل بدنه شناور

لازم به ذکر است که در قسمت پاشنه شناور به علت موقعیت و هندسه آن ویک خواهیم داشت و پروفیل توزیع سرعت درپاشنه شناور که محل قرارگیری پروانه است دارای یک توزیع سه بعدی، غیر یکنواخت و وابسته به زمان خواهد بود (شکل‌های ۷، ۸).



شکل ۷: نمودار توزیع سرعت پشت بدنه

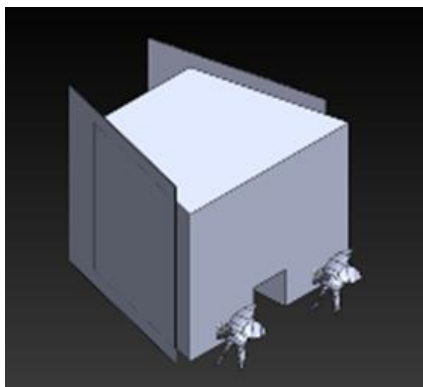


شکل ۸: نمای بردار سرعت پشت بدنه (سفید رنگ)

### مدل بدنه پیشنهادی

ویک بدنه، برای افزایش میزان ویک مورد نیاز بسیار مهم خواهد بود لذا برای اینکه بتوان به ویک دلخواه در مورد حداقل تاثیرپذیری مورد نظر دست پیدا کرد، باید بتوان مدلی را ارائه نمود تا این ویک را تولید نماید. برای این منظور فرم بدنه ارائه شده در شکل (۹)، برای تولید ویک خواسته شده پیشنهاد می‌گردد. در قسمت پاشنه شناورها به علت شکل و هندسه آن جریان پیچیده‌ای بوجود می‌آید که معمولاً به عنوان ویک شناخته می‌شود. این منطقه شامل گردابه‌های نامنظم و تصادفی است. با توجه به خصوصیات جریان در ناحیه ویک، توزیع سرعت جریان درپاشنه شناور که محل قرارگیری پروانه است دارای یک توزیع سه بعدی، غیر یکنواخت و وابسته به زمان خواهد بود لذا ویک درپاشنه شناور وجود داشته و در ماندگاری ویک پروانه نیز موثر است. یکی از روابط تجربی موجود برای بدست آوردن ضریب ویک عبارتست از  $W = 0.5C_B - 0.05$  که همانطور که دیده می‌شود به ضریب چاقی یا ضریب کشیدگی بدنه بستگی دارد. ویک بدنه به سه اصل کلی زیر منجر می‌شود.

۱. درگ اصطکاکی بدنه که موجب یک جریان دنباله‌ای می‌شود که افزایشی در حجم و سرعت پیشروی در پاشنه ایجاد می‌کند و در آنجا ویک دارای یک سرعت روبه جلو نسبت به آب محیط خواهد بود.
۲. جریان عبور کننده از بدنه باعث افزایش فشار در پاشنه شناور، جاییکه خطوط جریان به آنجا محدود است، می‌شود. این بدان معنی است که در این ناحیه سرعت نسبی آب عبور کننده از بدنه کمتر از سرعت شناور خواهد بود و با ظاهر شدن مقدار ویک مثبت و رو به جلو منجر به اصطکاک می‌شود.
۳. با توجه به وجود موج در سطح آب ذرات آب در قله موج دارای سرعت جلو رونده مثبت خواهد بود که به سبب حرکت اربیتالی آنها می‌باشد. در صورتیکه در نشیب موج سرعت اربیتالی به طرف عقب شناور می‌باشد. این سرعت اربیتالی باعث افزایش مولفه ویک بصورت منفی یا مثبت خواهد بود.



شکل ۹: مدل سه بعدی شناور پیشنهادی

#### نتیجه‌گیری

- در این مقاله به بررسی عددی معادلات حاکم بر جریان سیال حول بدنه و پروانه کشتی و تاثیر پارامترهای موجود بر ایجاد ویک پرداخته شده است. ونتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد:
- (۱) امکان تولید ویک در ۱۰۰۰ متری پشت کشتی با حداقل سرعت ۸ گره وجود دارد.
  - (۲) مدل پروانه های طراحی شده دارای شرایطی می باشد که می توان آن را بگونه ای طراحی نمود که با یک پروانه عادی و نرمال فرق داشته باشد واحتمال بروز کاویتاسیون در پروانه بدلیل پدیده دو فازی که موجب کاهش تراست و ایجاد ارتعاش می گردد رادر آن ایجاد نمود. همچنین در مدل های فوق تعدادی از موارد که عبارتند از، همسان سازی جریان ویک، ایجاد سطح ناصاف و زبر روی پره ها، کاهش تعداد پره ها، کاهش زاویه اسکیو که باعث ارتعاش در پروانه می گردد، افزایش سرعت دورانی، کاهش قطر پروانه، افزایش نسبت گام را می توان در نظر گرفت.
  - (۳) شناورپیشنهادی بدلیل نوع فرم بدنه Blunt، مناسبترین فرم بدنه در تولید ویک می باشد.
  - (۴) بررسی های بعمل آمده در تولید ویک موردنیاز و ماندگاری آن، کارایی ۸۵٪ فرم بدنه و مدل پروانه های پیشنهادی را بیان می دارد.

#### مراجع

1. Li S. C., 2000, Cavitation of Hydraulic Machinery, University of Warwick, U.K, Imperial College Press,.
2. Rhee S. H., et al, 2005, "Propeller Cavitation Study Using an Unstructured Grid Based Navier-Stokes Solver", ASME J. Fluids Eng., Vol. 127, pp. 986-994.
3. S. A. Kinnas, H. Lee, Y. Lu. Young, "Boundary Element Techniques for the Prediction of Sheet and Developed Tip Vortex Cavitation", Electronic Journal of Boundary Elements, Vol. BETEQ2001, No. 2, pp. 151-178, 2002.
4. S. A. Kinnas, H. Lee, Y. Lu. Young, Modeling of Unsteady Sheet Cavitation on Marine Propeller Blades", Taylor & Francis Inc., International Journal of Rotating Machinery, 9:263-277, 2003.
5. H. Lee, S. A. Kinnas, "Application of BEM in Unsteady Blade Sheet and Developed Tip Vortex Cavitation Prediction on Marine Propellers", International

Association for Boundary Element Methods, UT Austin, TX, USA, May 28-30, 2002.

6. H. Ghassemi, "Hydrodynamic Analysis of Hydrofoils and Marine Propellers in Cavitating Aspects", Department of Marine Technology, Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic), 2003.

7. F. Salvatore, F. Pereira, F. Di Felice, "Numerical Investigation of the Cavitation Pattern on a Marine Propeller: Validation vs. Experiments", INSEAN Research Program, Rome, Italy, 2000-02.

8. Y. Lu. Young, S. A. Kinnas, "A BEM for the Prediction of Unsteady Midchord Face and-or Back Propeller Cavitation", ASME J. Fluids Eng., Vol. 123, pp. 311-319, 2001.