



تعیین نیروی بازدارنده محوری برای یک ربات زیر آبی با روش عددی و مقایسه آن با داده های آزمایشگاهی

حسن قاسمی: (استاد یار و عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر)
ایرج حسینی: (کارشناس ارشد - مرکز طراحی و پژوهشهای دریایی)
ولی الله علیزاده: (کارشناس ارشد - مرکز طراحی و پژوهشهای دریایی)
Email: gasemi@aut.ac.ir

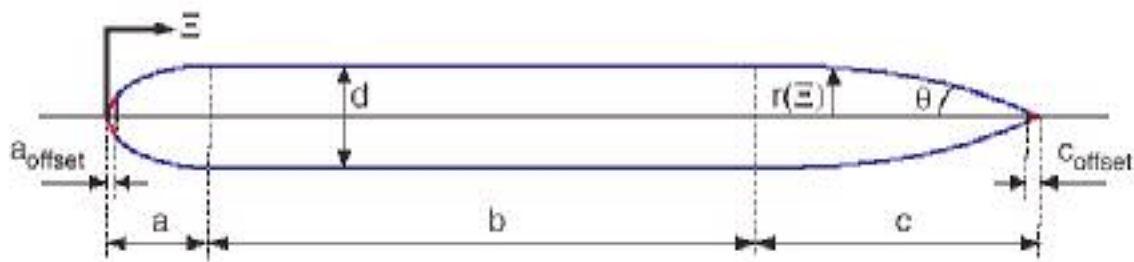
چکیده

هدف اصلی این مقاله تعیین نیروی بازدارنده محوری برای یک ربات زیر آبی می باشد. چون یکی از عوامل مهم در طراحی اجسام متحرک و مطالعه رفتار دینامیکی آنها، بررسی مسأله پایداری می باشد. برای انجام این بررسی ها ابتدا، لازم است وضعیت تعادل جسم مورد مطالعه قرار گیرد که برای این منظور از روش حجم محدود جهت گسسته سازی معادلات حاکم بر جریان و مدل $k - \epsilon$ جهت اغتشاش جریان استفاده گردیده است. سپس با حصول اطمینان از صحت نتایج و کارآیی روش، جریان سیال غیر قابل تراکم را در اطراف وسیله زیر آبی بررسی کرده، و در نهایت توزیع فشار، و نیروی بازدارنده محوری را در سرعت های مختلف بدست می آوریم.

کلمات کلیدی: روبات زیر آبی، نیروی بازدارنده، اغتشاش، توزیع فشار

مقدمه

بطور کلی برای زیر دریایی های با عمق غوص کم بر اساس محدودیتهای هیدرودینامیکی به صورت استوانه با دو انتهای کروی و یا ترکیبی از استوانه، مخروط و کره ساخته می شود ولی برای عمق غوص زیاد شکل با ملاحظات سازه ای بدست می آید و عمدتاً به صورت کروی است. بدنه هیدرودینامیکی یا بدنه کاذب بر اساس خطوط جریان در جهت حرکت رو به جلو شکل می گیرد و عمدتاً به صورت فویل ناکا و آلباکور است. ابعاد بدنه نیز عمدتاً براساس فضاهای مورد نیاز بین بدنه فشار و بدنه هیدرودینامیک و نسبت طول بدنه به قطر ماکزیمم بدنه هیدرودینامیک، بدست می آید.



شکل (۱) : شعاع بدنه وسیله به عنوان تابعی از مکان محوری

اجزاء اصلی میرایی هیدرودینامیکی عبارت از اصطکاک سطحی^۱ به علت لایه های مرزی (که قسمتی از آن آرام و قسمتی از آن آشفته می باشد) و میرایی به علت گردابه ها^۲ می باشند. با استفاده از بررسیهای بدون بعد می توان نوع جریان حول وسیله را تعیین نمود. عدد رینولدز بیانگر نسبت نیروهای اینرسی به نیروی لزجتی^۳ می باشد و با معادله^۱ بیان می گردد :

$$Re = \frac{Ul}{\nu} \quad (1)$$

U سرعت وسیله که برابر ۱/۵ m/s یا ۳ knots، l طول مشخصه که برابر ۱/۳۳ m و ν ویسکوزیته سینماتیکی سیال که برای آب دریا در $15^{\circ}C$ برابر $1.19 \times 10^{-6} m^2/s$ در نظر گرفته می شود. جایگزینی این مقادیر باعث دستیابی به مقدار 2.14×10^6 برای عدد رینولدز می گردد که برای یک بدنه با سطح صیقلی در محدوده^۴ گذار^۴ بین جریان آرام و جریان آشفته قرار می گیرد. با این وجود بدنه زیر سطحی به قسمتهای مختلفی تقسیم شده است که در اثر این زوائد جریان به محدوده آشفته می رود. از این اطلاعات می توان برای تخمین ضریب بازدارندگی^۱ وسیله استفاده نمود .

نیروی بازدارنده محوری^۲

نیروی بازدارنده محوری وسیله را می توان توسط رابطه تجربی زیر بیان نمود :

$$X = -\left(\frac{1}{2}\rho c_d A_f\right)u|u| \quad (2)$$

از این رابطه می توان ضریب بازدارندگی محوری غیر خطی زیر را به دست آورد :

$$X_{u|u} = -\frac{1}{2}\rho c_d A_f \quad (3)$$

ρ چگالی سیال اطراف، A_f سطح مواجهه وسیله و c_d ضریب بازدارندگی محوری وسیله می باشند. یک رابطه تجربی برای محاسبه ضریب نیروی بازدارندگی محوری توسط Triantafyllou به صورت زیر ارائه شده است :

^۱ Skin Friction

^۲ Vortex Shedding

^۳ Viscous

^۴ Transition

^۱ drag coefficient

^۲ axial drag



$$c_d = \frac{c_{ss}\pi A_p}{A_f} \left[1 + 60\left(\frac{d}{l}\right)^3 + 0.0025\left(\frac{l}{d}\right) \right] \quad (4)$$

C_{ss} مقدار شونهر^۳ برای اصطکاک سطحی صفحه مسطح می باشد. $A_p = ld$ سطح نقشه^۴ وسیله و A_f سطح مواجهه وسیله می باشد. از اصول مهندسی دریایی مقدار تقریبی $C_{ss} = 3/397 \times 10^{-3}$ حاصل می گردد. با استفاده از این روابط تجربی، مقدار C_d در حدود ۰/۱۱ به دست می آید. با در نظر گرفتن زوائد روی بدنه مقدار تقریبی $C_d = 0/27$ حاصل می گردد.

معادلات حاکم

برای تمام جریانها، نرم افزار FLUENT معادلات بقای جرم و مومنتوم را حل می کند. برای جریانهای شامل انتقال حرارت یا تراکم پذیری، معادلات بقای انرژی حل می شود. برای جریانهای شامل مخلوط های شیمیایی یا واکنش کننده ها، معادلات بقای نوع و گونه حل می شود. معادلات انتقال اضافی نیز زمانی که جریان مغشوش باشد حل می گردد.

- معادله بقای جرم

معادله بقای جرم زیر که یک شکل کلی از معادله بقای جرم برای جریانهای قابل تراکم و غیر قابل تراکم می باشد، به صورت زیر نوشته می شود:

$$D_\rho / D_t + \partial / \partial x_i (\rho u_i) = 0 \quad (5)$$

- معادلات بقای مومنتوم

معادلات بقای مومنتوم در جهت ۱ به صورت زیر نوشته می شود:

$$\partial(\rho u_i) / \partial t + \partial / \partial x_j (\rho u_i u_j) = -\partial p / \partial x_i + \partial / \partial x_j [\mu(\partial u_i / \partial x_j + \partial u_j / \partial x_i) + \delta_{ij} \lambda \nabla \cdot V] + \rho g_i \quad (6)$$

با توجه به اینکه $\nabla \cdot V$ در جریان سیالات تراکم ناپذیر صفر می شود و همچنین با مغشوش شدن جریان نیاز به حل معادلات لحظه ایی مومنتوم می باشد ابتداءً برای تبدیل معادلات لحظه ای به معادلاتی که قابل مدل کردن باشند، روش تجزیه رینولدز لازم است.

- معادله انرژی جنبشی اغتشاش

برای اعمال اثر های اغتشاش، از مدل های اغتشاش که مقادیر نوسانی رابا استفاده از ثابت های تجربی به مقادیر متوسط مرتبط می کنند استفاده می شود.

$$\partial \rho k / \partial t + \partial / \partial x_i (\rho u_i k) = \partial / \partial x_i \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\mu_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + \mu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right)^2 - \rho \varepsilon \quad (7)$$



مشخصات هندسی و شبکه بندی

بعد از این که هندسه مورد نظر به دست آمد، آن را شبکه بندی می کنیم. برای ایجاد شبکه روشهای مختلفی وجود دارد ولی برای تولید یک شبکه خوب باید به نکات زیر توجه نمود:

الف - هموار بودن توزیع نقاط شبکه

ب - عمود یا نزدیک به عمود بودن خطوط شبکه

ج - تراکم یا انبساط نقاط شبکه در نقاط حساس

برای شبکه بندی می توان از دو روش استفاده کرد. اول این که مستقیماً صفحه یا حجم مورد نظر را شبکه بندی کنیم. این روش شبکه بندی آسان و راحت است ولی شبکه تولید شده ممکن است خوب نباشد و موارد فوق در مورد آن صادق نباشد. در روش دیگر برای شبکه بندی که در این پروژه استفاده شده می توان ابتدا خطوط را به تعداد و اندازه های مورد نظر تقسیم بندی کرد و سپس صفحه را با توجه به تقسیم بندیهای خطوط آن شبکه بندی نمود. که در شکل ۲ و ۳ این شبکه بندی را مشاهده می کنیم.



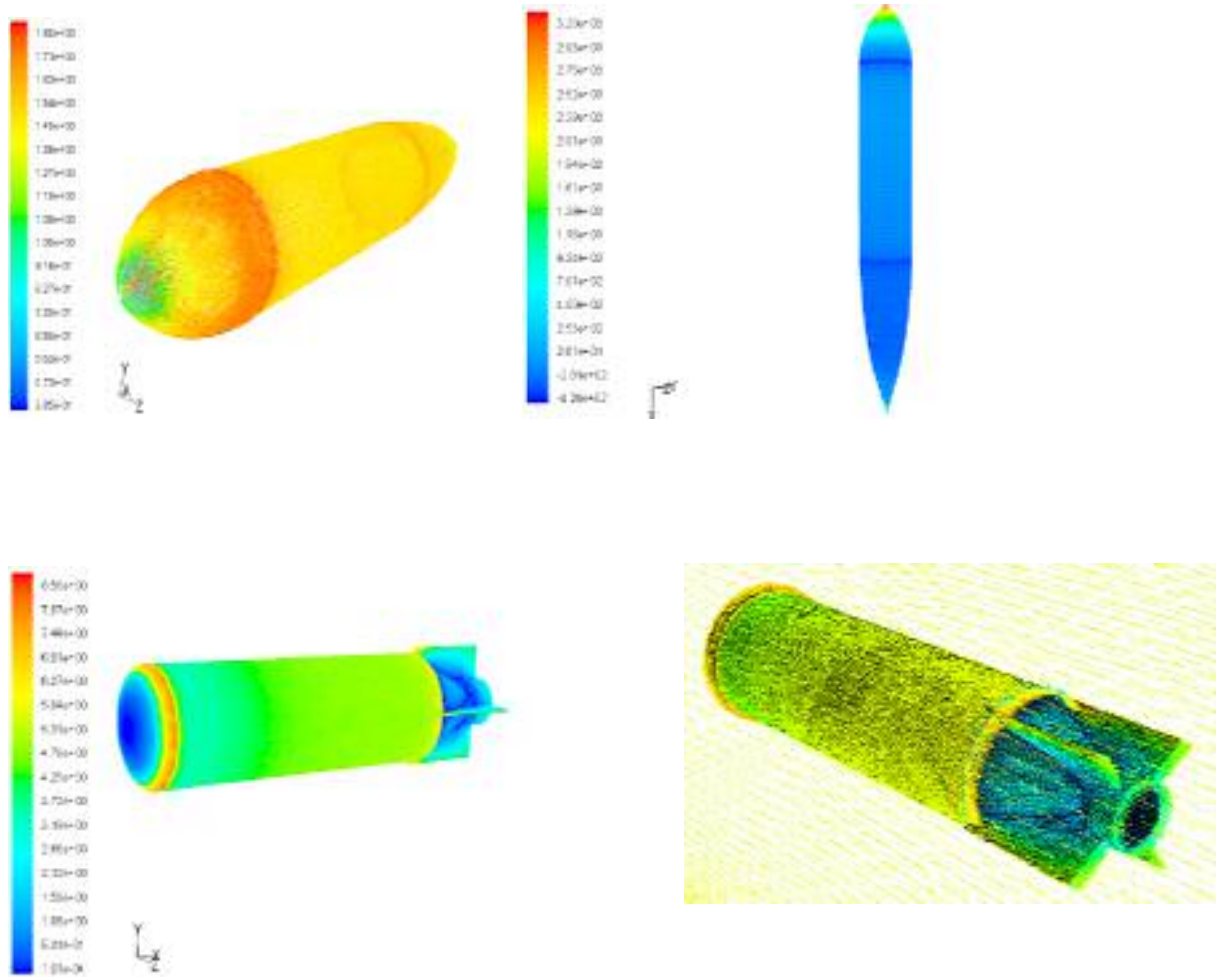
شکل (۲) : نمایی از محدوده تحلیل برای یک ربات زیر آبی



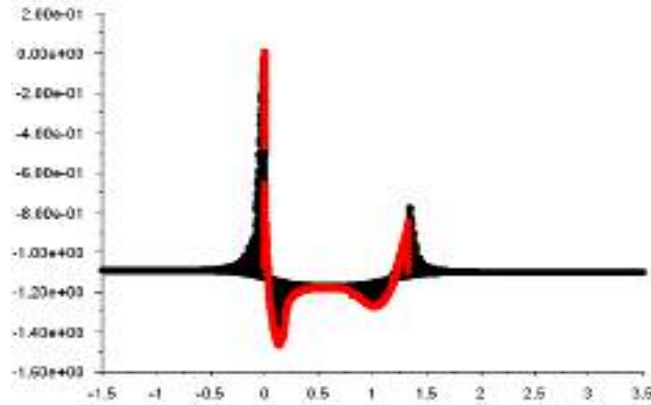
شکل (۳) : شبکه بندی نهایی از قسمت دماغه و نوک از یک ربات زیر آبی

توزیع فشار و میدان سرعت در اطراف ربات زیر آبی

با توسعه حل عددی می توانیم جزئیات مشخصات جریان را مورد بررسی و مطالعه قرار دهیم در حقیقت می توانیم توزیع فشار و میدان جریان را در اطراف ربات زیر آبی همانطور که در شکل ۴ و ۵ نشان داده شده است، بدست آوریم.



شکل (۴) : کانتور فشار استاتیکی و توزیع بردار سرعت در اطراف ربات زیر آبی در سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه



شکل (۵): توزیع ضریب فشار در اطراف ربات زیر آبی در سرعت ۱/۵ متر بر ثانیه

نتایج تحلیل با استفاده از نرم افزار Fluent برای یک ربات زیر آبی

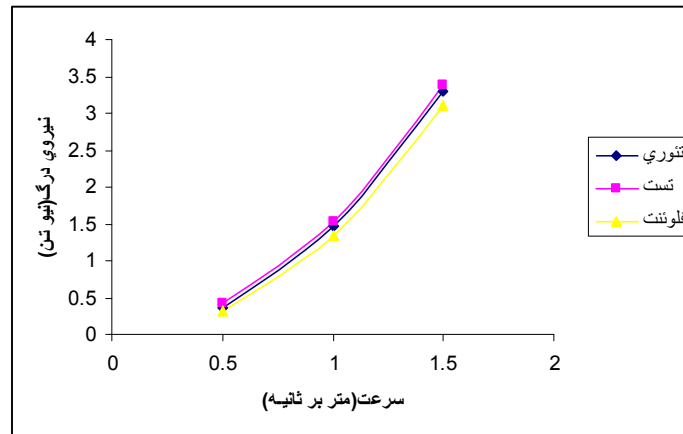
در جدول ۱ ابعاد هندسی بدنه ربات زیر آبی آمده است، و در جدول ۲ نیروی بازدارنده محوری در سرعت های مختلف آمده است، که با افزایش سرعت، نیروی بازدارنده محوری هم افزایش می یابد و از نکات مهمی که در حل عددی بابتی در نظر بگیریم اینست که جریان در اطراف ربات زیر آبی آرام است و یا مغشوش.

جدول (۱): مختصات بدنه ربات زیر آبی

پارامتر	مقدار	واحد
L	۱/۳۳	m
D	۰/۱۹۱	M
A_f	۰/۰۲۸۶	M^2
U	۱/۵	M/s

جدول (۲): نیروی بازدارنده محوری بر حسب سرعت برای ربات زیر آبی

U سرعت	Fd نیروی درگ		
	۱/۵ m/s	۱ m/s	۰/۵ M/s
تئوری	۳/۳	۱/۴۶	۰/۳۶۶
تست	۳/۳۹	۱/۵۴	۰/۴۲۸
فلوئنت	۳/۱۱	۱/۳۴	۰/۳۱۵



شکل (۶) : نیروی درگ بر سرعت پیشرو محوری ربات زیر آبی

نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۱- با افزایش سرعت، نیروی درگ وارده به شناور هم افزایش می یابد.
- ۲- با مقایسه نیروی درگ بدست آمده از روش تئوری و تحلیلی می توان به این نتیجه رسید که جوابهای بدست آمده از هردو روش نزدیک بهم می باشند.
- ۳- اصلاح شکل دماغه و دم، چون با داشتن سطوح تقریباً هموار از بدنه تا حدود بسیار زیادی می توان نیروی درگ وارد بر زیر دریایی را کاهش داد.

منابع

- ۱) Shighard F.Horner . Fluid Dynamic Drag .published by author , ۱۹۶۵ .
- ۲) J.N.Newman.Marine Hydrodynamics.MIT Press,Massachusetts, ۱۹۷۷.
- ۳) Thor I.Fossen.Guidance and Control of Ocean Vehicles.John Wiley& Sons,New York, ۱۹۹۴
- ۴) Robert D.Blevins.Formulas for Natural Frequency and Mode Shape . Kreiger Publishing, Florida, ۱۹۷۹.