هشتمین همایش صنایع دریایی
۹ لغایت ۱۱ آبانماه ۱۳۸۵
استان بوشهر

هیدرودینامیک شناور ویژه "دلفین"

Hydrodynamic of Vash

حمید زراعتگر[۱]، پدرام عدالت[۲]، مریم هاروتونیان [۳]، مجتبی دیانتی [۴]

چکیده

شناور هیدروفویل غرق شونده VASH (دلفین) شناوری است چند منظوره که با استفاده از علم بیوتکنولوژی، الهام از طبیعت و ایده گیری از ساختار حرکتی و معماری بدن دلفین طراحی گردیده و در واقع ترکیبی از شناور هیدروفویل و زیر دریایی میباشد در این مقاله سعی بر آن داشته ایم تا گزارشی را از نحوه تهیه دفترچه محاسبات هیدرواستاتیکی شناور دلفین (به منظور بررسی تعادل شناور در حالت استاتیکی و نیز کمک به بررسی تعادل دینامیکی)، طراحی مدل ریاضی برای وضعیت دینامیکی شناور، و محاسبه مقاومت آن، ارائه نماییم.

[1] استادیار دانشکده مهندسی کشتی سازی
[2] دانشجوی کارشناسی دانشگاه صنعتی امیر کبیر
[3] دانشجوی کارشناسی دانشگاه صنعتی امیر کبیر
[4] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی شریف

دفترچه محاسبات هیدرواستاتیکی شناور با بکارگیری روش ها و محاسبات مرسوم و مورد استفاده برای شناورهای شناخته شده (که البته با توجه به ساختمان ویژه، غیر معمول و متفاوت شناور دلفین، ناگزیر تغییراتی جزیی را در فرمول ها و محاسبات وارد نموده ایم) و نیز با استفاده از نرم افزارهایی نظیر solidwork ، autocad و Microsoft excel ، تهیه شده است. سپس مدل ریاضی برای وضعیت دینامیکی شناور، ارائه شده و با توجه به خصوصیات وزنی، هندسی و فویل ها، مورد محاسبه

قرار گرفته است. بدین منظور برنامه کامپیوتری تهیه شده و نتایج محاسبات و دقت آن ها، مورد بحث و بررسی قرار گرفته اند.

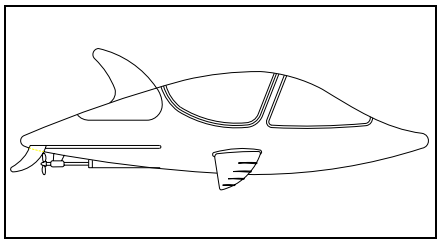
۱- مقدمه

۱-۱ معرفی شناور دلفین و تاریخچه آن

شناورهیدروفویل غرق شونده VASH 1 (دلفین) شناوری است چند منظوره که با استفاده از علم بیوتکنولوژی، الهام از طبیعت و ایده گیری از ساختار حرکتی و معماری بدن دلفین طراحی گردیده و در واقع ترکیبی از شناور هیدروفویل و زیر دریایی میباشد به طوریکه شکل کلی و چیدمانی اجزاء آن شبیه زیر دریایی بوده ولی سیستم کنترل و حرکتی و وضعیت نیروهای لیفت وارد بر شناور، شبیه هیدروفویل است. سیستم رانش آن به صورت پروانه های آبی بوده و دارای یک سری فویل های کناری بوده که از آنها در راستای کنترل وسیله، چرخش شناور و قابلیت مانور استفاده می شود.

۱-۲ شکل عمومی و خصوصیات شناور

شکل عمومی شناور را ذیلاً مشاهده می نمایید:



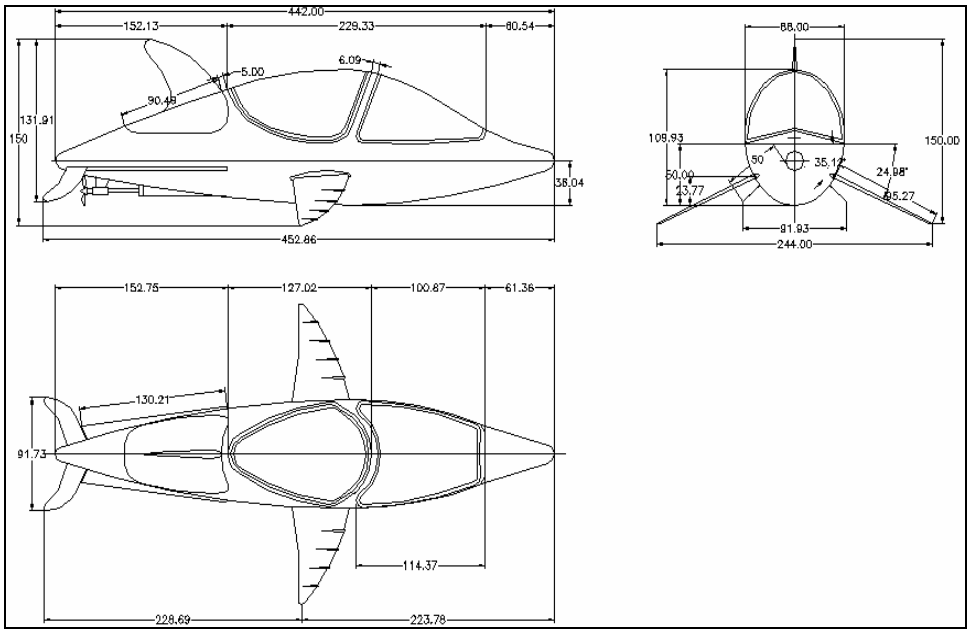
شکل ۱: شکل عمومی شناور

این شناور علاوه بر حرکت روی سطح آب، با استفاده از فویل های کناری قادر است حول محور خود تا ۳۶۰ درجه دوران نموده و با کمک یک موتور دوزمانه بنزینی YAMAHA (۱۱۰ اسب بخار) برای مدت محدودی تا عمق ۳ متری زیر آب حرکت نماید. سرعت روی سطح این شناور ۳۵ گره و سرعت زیر سطح تا ۱۵ گره میرسد. این شناور قادر است به صورت ناگهانی سطح آب را شکافته و به طرف بالا پرتاب شود. به واسطه حرکت بر روی لایه مرزی می تواند از دید سونارها پنهان گردد و بواسطه حرکت آن به صورت نیمه مغروق، رادارها نیز به راحتی قادر به ردیابی آن نخواهند بود. سازه شناور از نوع Monocoque و از جنس فایبرگلاس و کولار میباشد. با توجه به بویانسی مثبت این شناور، امکان غرق شدن برای آن وجود نداشته و کاملا"ایمن است.

۱-۳ ابعاد اصلی و جانمایی آن

شناور دلفین مورد نظر این پژوهش، 545 Kg ، طول 4.42 m و عرض 0.88 m میباشد.

جانمایی شناور را در زیر مشاهده می نمایید:



شکل ۲: جانمایی شناور

۲- محاسبات هیدرواستاتیک و تعادل

۲-۱ اصول محاسبه

مقادیر مورد نیاز برای رسم منحنی هیدرواستاتیک، با کمک روابط نشان داده شده در پایین و با استفاده از انتگرال گیری عددی به روش ترکیبی سیمسون روی مجموع مقاطع مختلف شناور، در محیط برنامه excel، محاسبه شده و برای داشتن دقت بالا، با مقادیر حاصل از نرم افزار solidwork مقایسه شده است.

$$\nabla_T = \int_0^{442} A_T * dx \qquad (۱)$$

[۵] در کلیه روابط، اندیس T بیانگر مقدارآبخور است

$$LCB_T = \frac{\int_0^{442} x_T * A_T * dx}{\int_0^{442} A_T * dx} = \frac{\int_0^{442} x_T * A_T * dx}{\nabla_T} \qquad (۲)$$

$$VCB_T = \frac{\int_0^{442} z_T * A_T * dx}{\int_0^{442} A_T * dx} = \frac{\int_0^{442} z_T * A_T * dx}{\nabla_T} \qquad (۳)$$

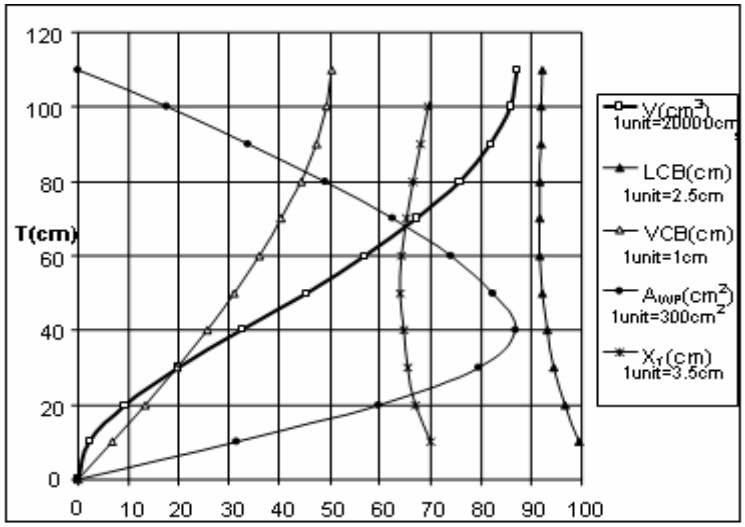
$$A_{WP}{}^T = \int_0^{442} y_T * dx \qquad (۴)$$

$$LCF = xf = \frac{\int_0^{442} x_T * y_T * dx}{\int_0^{442} y_T * dx} = \frac{\int_0^{442} x_T * y_T * dx}{A_{WP}{}^T} \qquad (۵)$$

به منظور رسم منحنیKN-F، ابتدا مدلی از شناور دلفین در محیط نرم افزار solidwork طراحی نموده، سپس متناسب باآبخور، زاویه تریم و زاویه هیل مورد نظر،کلیه اطلاعات موردنیاز (اعم از حجم زیر آب (V)، مرکز بویانسی، مرکز شناوری، سطح خیس شده، مساحت صفحه آبخور، مقدار KN و ...) از شناور را بدست آورده ایم. پس از بدست آمدن مقادیر مورد نظر KNوV، این مقادیر به برنامه excel منتقل شده و با کمک آنها منحنی KN-F ترسیم می شود.

۲-۲ منحنی هیدرواستاتیک

منحنی هیدرواستاتیک منحنی است مطابق شکل ۳، که در آن مقادیرAWP, LCB, VCB, Xf,V و... در آبخورهای مختلف نشانداده می شود.

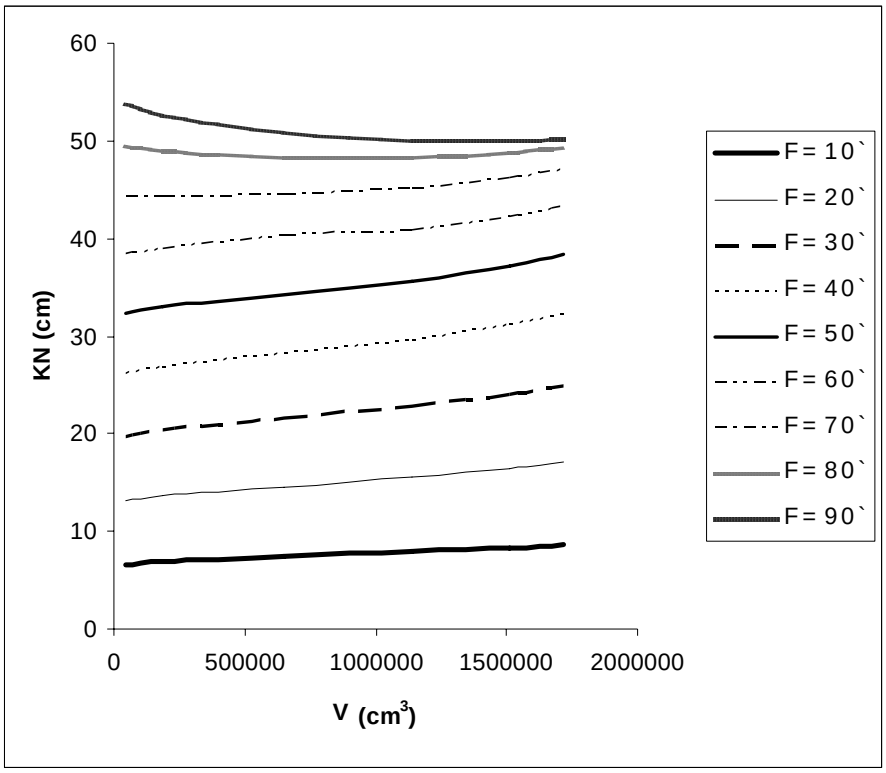


شکل ۳: منحنی هیدرواستاتیک دلفین

پر واضح است که بوجود آمدن تریم در شناور، بر تعادل آن، هم از نظر استاتیکی و هم دینامیکی، تاثیر گذار است. پس با وجود تریم منحنی هیدرواستاتیک و KN-F نیز تغییر خواهند کرد.

۳-۲ منحنی تعادل KN-F

در حالت بدون تریم، برای زوایای هیل ۱۰ تا ۹۰ درجه مقدار KN بر حسب سانتی متر در جابجایی های مختلف از حدود ۵۰۰۰۰ تا ۱۸۰۰۰۰۰ سانتی متر مکعب ترسیم شده است.



شکل ۴: منحنی KN-F در حالت بدون تریم

۳- اصول محاسبه هیدرودینامیک شناور دلفین

شناور دلفین از یک بدنه و پنج باله تشکیل شده است که می توان مقاومت این اجزاء را به صورت جداگانه محاسبه نمود.

در این تحقیق فرض برآن است که بدنه شناور دلفین، به دلایل فرم خاص خود که دارای مقاطع بیضوی است و فاقد شکستگی می باشد، رفتاری شبیه به رفتار بدنه شناورهای جابجایی در آب دارد یا به عبارت دیگر نیروی لیفت ایجاد نمی نماید.

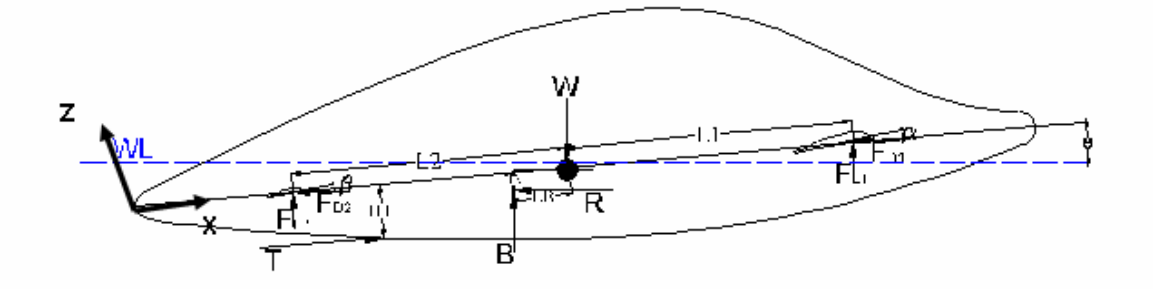
لذا می توان مقاومت بدنه شناور را با استفاده از روش های تجربی مربوط به شناورهای جابجایی محاسبه نمود. بدیهی است هنگامی که شناور به زیر آب فرو می رود از موج های ایجاد شده در سطح آب صرفه نظر می گردد و نیروی مقاومت موج سازی برای آن منظور نمی گردد.

نیروهای لیفت و درگ فویل ها نیز با توجه به سطح مقطع و هندسه بال ها قابل محاسبه از طریق روش های مکانیک سیالات محاسباتی می باشد.

شناور دلفین نیز همانند هر شناور دیگری، در هنگام عملیات در آب اثر نیروهای مختلفی را تحمل می کند که این نیروها عبارتند از:

نیروی وزن شناور، نیروی بویانسی، نیروی لیفت و درگ ملحقات، نیروی درگ وارد بر بدنه و نیروی تراست پیش برنده، که باید محل اثر تمامی نیروهای فوق تعیین گردد.

شکل(۵) شناور را در حالت پایدار پروازی نشان می دهد. در این حالت بدنه اصلی شناور زاویه θ را با سطح آزاد می سازد که زاویه تریم دینامیکی می باشد.



شکل۵ : دیاگرام آزاد نیروهای وارد بر شناور دلفین

سیستم مختصات X-Y-Z به مرکزیت انتهای شناور که محور X به سمت سینه شناور و موازی خط آب، محور Y به سمت چپ شناور (داخل صفحه) و محور Z به سمت بالا باشد در نظر گرفته می شود. بر اساس شکل (۵) و در نظر گرفتن سه درجه آزادی (حرکات خطی در راستای X و Z و آزادی دوران حول محور Y) معادلات حرکت به شرح زیر نوشته می شود.

$$\sum F_X = 0$$
$$T \times Cos(\theta) - F_{D1} - F_{D2} - R = 0$$
$$\sum F_Z = 0$$
$$T \times Sin(\theta) + F_{L1} + F_{L2} - W + B = 0$$
$$\sum M_{cg} = 0 \qquad (۶)$$
$$F_{L1} \times L_1 \times Cos(\theta) - B \times L_B \times Cos(\theta) - F_{L2} \times L_2 \times Cos(\theta) -$$
$$T \times H_T + F_{D1} \times L_1 \times Sin(\theta) - F_{D2} \times L_2 \times Sin(\theta) - R \times H_R = 0$$

θ : زاویه تریم دینامیکی شناور

L1: فاصله باله جلویی از مرکز جرم شناور

L2: فاصله باله عقبی از مرکز جرم شناور.

HT: فاصله عمودی محل اثر نیروی تراست تا مرکز جرم شناور

HR: فاصله عمودی محل اثر نیروی مقاومت آب تا مرکز جرم شناور

LB: فاصله عمودی محل اثر نیروی بویانسی تا مرکز جرم شناور

FL1 و FD1 : نیروی لیفت و درگ در باله های جلویی شناور

FL2 وFD2 : نیروی لیفت و درگ در باله های عقبی شناور

FL و FD از روابط زیر محاسبه می گردد.

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho A V^2 \qquad (۷)$$

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho A V^2 \qquad (۸)$$

A: مساحت سطح تصویر شده فویل در جهت جریان

CL: ضریب لیفت فویل

CD: ضریب درگ فویل

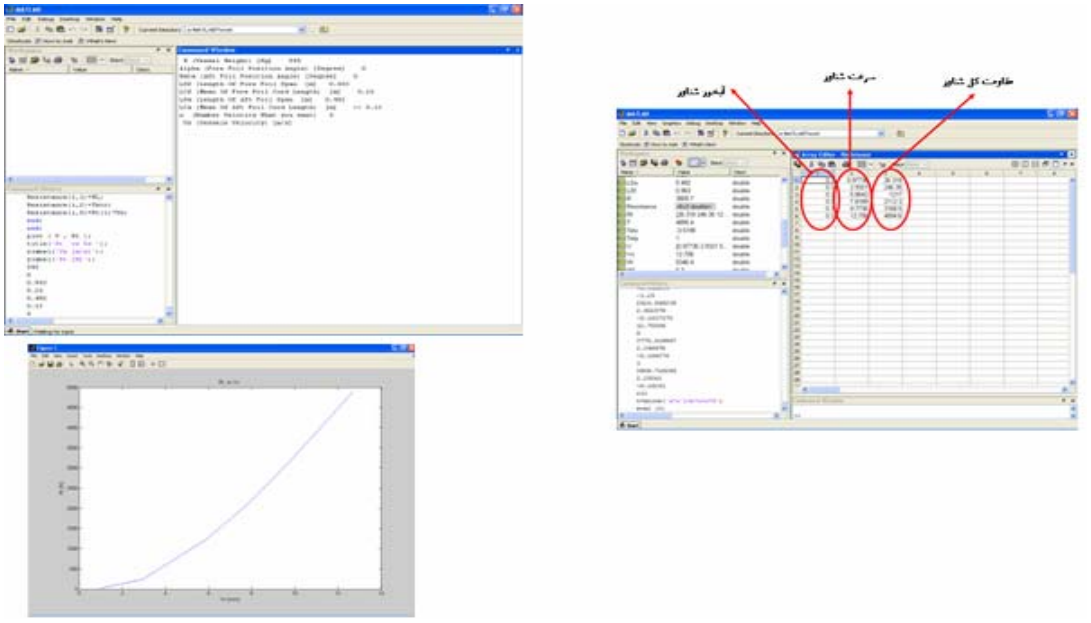
ρ: چگالی آب

V: سرعت شناور

۴- برنامه کامپیوتری

این برنامه در محیط برنامه نویسی MATLAB نوشته شده است، هدف از اجرای این برنامه رسم نمودار مقاومت شناور بر حسب سرعت که در وضعیت قرارگیری دینامیکی شناور شامل آبخور و تریم حاصل شده است.

ورودی ها در این برنامه به دو دسته ورودی های اصلی(وزن شناور، مشخصات فویل جلو و عقب و تعداد سرعت مورد نظر جهت زسم نمودار مقاومت- سرعت) که در ابتدای برنامه توسط کاربر وارد می شوند و در حقیقت وضعیت اپراتوری شناور را مشخص می کنند و ورودی هایی که در حین برنامه توسط کاربر و با توجه به روند سعی و خطا وارد می شوند (سرعت، زاویه تریم، مقاومت بدنه شناور بدون ملحقات، فاصله طولی و عمودی مرکز بویانسی)، تقسیم می شوند. جهت ورود اطلاعات میان برنامه ای از یک پایگاه اطلاعاتی، که با توجه به هندسه شناور تشکیل داده شده است، استفاده می شود. این پایگاه اطلاعاتی شامل مقاومت بدنه شناور بدون ملحقات و نیز فاصله طولی و عمودی مرکز شناوری به عنوان تابعی از خط آب، زاویه تریم و سرعت شناور ی باشد که خود مستقل از مودهای حرکتی شناور به دست آورده شده است و هدف از آن تامین اطلاعات لازم جهت همگرایی معادلات تعادل شناور و در نهایت به دست آوردن وضعیت قرارگیری شناور در سرعت مورد نظر و به تبع آن مقاومت شناور در آن سرعت می باشد.حل این معادلات به واسطه این برنامه انجام میشود. شکل(۶) نمایی از ورودی و خروجی این برنامه را نشان می دهد.



شکل (۶): نمونه فایلهای ورودی و خروجی

۵- نمونه محاسبات

برنامه کامپیوتری تهیه شده در حالتهای مختلف اجراء شده است. در اینجا به سه نمونه آن میپردازیم. مهمترین خروجیهای برنامه مقدار مقاومت، آبخور شناور در سرعت مربوطه و زاویه تریم میباشد.

۵-۱ نمونه شماره ۱ ، حالت معمولی

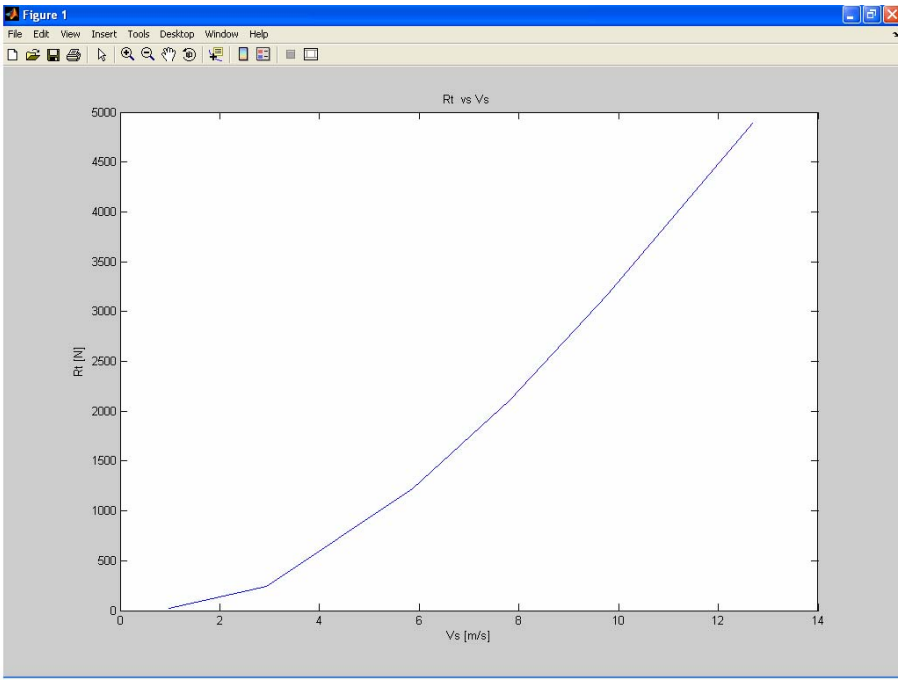
جدول شماره ۱ داده های ورودی را برای نمونه شماره ۱ نشان میدهد. در این حالت فویلهای جلو و عقب شناور دارای زاویه حمله صفر هستند. بعبارت دیگر شناور در حالت جابجایی قرار گرفته و آبخور و زاویه تریم آن نباید تغییر پیدا کند. جدول شماره ۲ نتایج خروجی برنامه را نشان میدهد. شکل شماره ۷ منحنی مقاومت بر حسب سرعت را نشان میدهد. همان طور که در شکل ۷ مشاهده می شود، در صورتی که از فویل به عنوان عامل بالابرنده استفاده نشود، رفتار مقاومتی شناور شبیه به شناور جابجایی می باشد.

جدول شماره ۱: اطلاعات ورودی برای نمونه شماره ۱

عنوان پارامتر	وزن	فویل جلویی			فویل عقبی		
		زاویه فویل	اندازه اسپن	اندازه کورد	زاویه فویل	اندازه اسپن	اندازه کورد
مقدار	۵۴۵	۰/۰	۰/۹۶۳	۰/۲۶۰	۰/۰	۰/۴۸۳	۰/۱۳
دیمانسیون	کیلوگرم	درجه	متر	متر	درجه	متر	متر

جدول ۲: نتایج برنامه برای نمونه شماره ۱

Draft [m]	Velocity [m/s]	Resistance [N]	Trim By Aft [Degree]
0.3	0.98	26.318	0
0.3	2.93	246.35	0
0.3	5.86	1217	0
0.3	7.82	2112.3	0
0.3	9.77	3168.5	0
0.3	12.71	4894.6	0



شکل شماره ۷: نمودار مقاومت بر حسب سرعت برای نمونه شماره ۱.

۵-۲ نمونه شماره۲، حالت پروازی

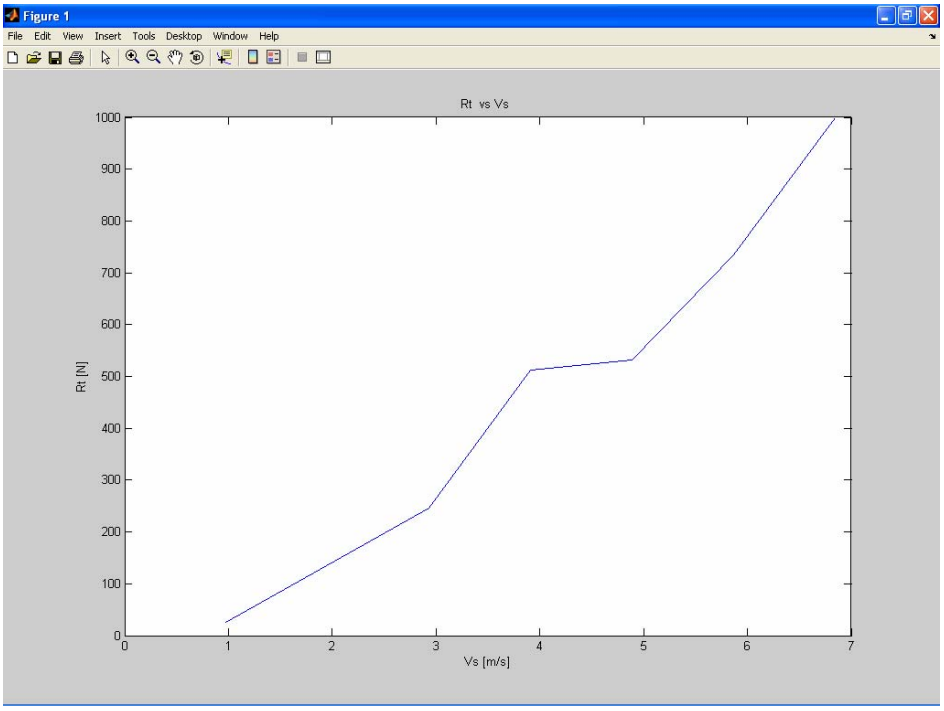
جدول شماره ۳ اطلاعات ورودی حالت پروازی را نشان میدهد. در این حالت بدلیل زوایای مناسب فویلها، شناور بکمک نیروی لیفت فویلها به حالت پروازی در میآید. جدول ۴ نتایج حالت دینامیکی دلفین و مقدار مقاومت را نشان میدهد.

جدول شماره۳: اطلاعات ورودی برای نمونه شماره ۲

عنوان پارامتر	وزن	فویل جلویی			فویل عقبی		
		زاویه فویل	اندازه اسپن	اندازه کورد	زاویه فویل	اندازه اسپن	اندازه کورد
مقدار	۵۴۵	+۸/۰	۰/۹۶۳	۰/۲۶۰	-۲/۰	۰/۴۸۳	۰/۱۳
دیمانسیون	کیلوگرم	درجه	متر	متر	درجه	متر	متر

جدول۴: نتایج برنامه برای نمونه شماره ۲

Draft [m]	Velocity [m/s]	Resistance [N]	Trim By Aft [Degree]
0.3	0.98	26.318	0
0.3	2.93	246.35	0
0.3	3.91	512.29	0
0.2	4.89	531	1
0.2	5.86	729.71	1.5
0.2	6.84	991.47	1.125



شکل شماره۸: نمودار مقاومت بر حسب سرعت برای نمونه شماره۲.

۵-۳ نمونه شماره۳، حالت حرکت در زیر آب

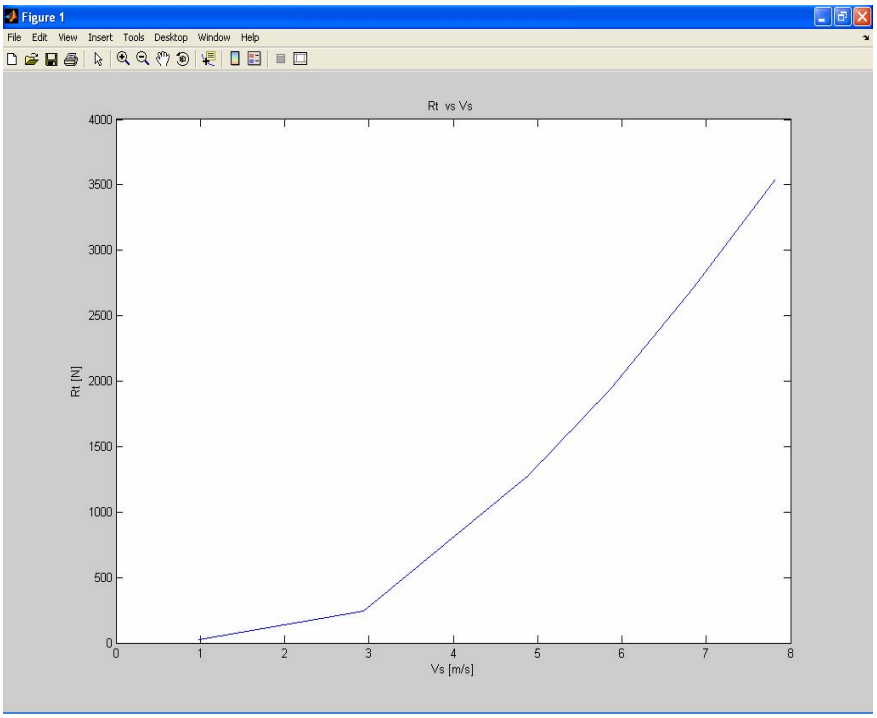
جدول شماره ۵ اطلاعات ورودی حالتی را نشان میدهد که شناور دلفین بداخل آب شیرجه زده و نهایتا بشکل زیردریایی در میاید. با نگاهی محاسبات انجام شده در جدول ۶ ملاحظه میگردد که آبخور شناور افزایش یافته و تریم منفی پیدا کرده است. مقدار مقاومت شناور نیز بدلیل به زیر آب رفتن دلفین بشدت افزایش پیدا کرده است.

جدول شماره۵: اطلاعات ورودی برای نمونه شماره ۳

عنوان پارامتر	وزن	فویل جلویی			فویل عقبی		
		زاویه فویل	اندازه اسپن	اندازه کورد	زاویه فویل	اندازه اسپن	اندازه کورد
مقدار	۵۴۵	-۸/۰	۰/۹۶۳	۰/۲۶۰	+۲/۰	۰/۴۸۳	۰/۱۳
دیمانسیون	کیلوگرم	درجه	متر	متر	درجه	متر	متر

جدول ۶: نتایج برنامه برای نمونه شماره ۳

Draft [m]	Velocity [m/s]	Resistance [N]	Trim By Aft [Degree]
0.3	0.98	26.318	0
0.3	2.93	245.69	-0.25
0.4	4.89	1279.5	-0.4375
0.4	5.86	1946.3	-0.4375
0.4	6.84	2709.2	-0.46875
0.5	7.82	3543.8	-0.5



شکل شماره ۹: نمودار مقاومت بر حسب سرعت برای نمونه شماره ۳.

۶- جمعبندی و نتیجه گیری

شناور دلفین با رفتاری ویژه مشابه یک دلفین طراحی شده است. در این مقاله مطالعات پایه ای برای محاسبات هیدرواستاتیک و تعادل و همچنین محاسبات رفتار دینامیکی شناور ناشی از یک سرعت ثابت در آب راکد صورت گرفته است. مدل ریاضی آن تدوین گردیده و سپس برنامه کامپیوتری مربوطه تهیه شده است. این برنامه در سه حالت از قبیل شبه جابجایی، پروازی و زیر دریایی در سرعتهای مختلف اجراء شده است. بدلیل عدم وجود نمونه محاسبات مشابه امکان مقایسه و معتبر سازی آن میسر نمیباشد. ولی اگر سه حالت محاسبه شده را بایکدیگر مقایسه کنیم نتایج کاملا با یکدیگر هماهنگ هستند.

برای نمونه مقدار مقاومت در سرعت ۵/۸۶ متر بر ثانیه در حالت پروازی ۷۲۹/۷۱، در حالت جابجایی ۱۲۱۷ و در حالت زیر دریایی ۱۹۴۶/۳ نیوتن است. در عین حال مقادیر آبخور و تریم در سه حالت مذکور کاملا منطقی میباشد.

اگرچه برای حل این مسئله از روشی نه چندان پیچیده استفاده شده است ولی جوابها کاملا منطقی میباشد.

۷- منابع

1. Lewis, E. V., “Principles of Naval Architecture, second revision, Vol. I," Stability and Strength", published by the Society of Naval Architectures and Marine Engineers. 601 Pavonia Avenue Jersey City, N J 1988.

2. Lewis, E. V., “Principles of Naval Architecture, second revision, Vol. II," ", published by the Society of Naval Architectures and Marine Engineers. 601 Pavonia Avenue Jersey City, N J 1988.

3. www.bionicdolphin.com