

## تحلیل عددی اثر تغییرات ابعادی بر روی رفتار دریامانی شناور DDG 51

حسن قاسمی<sup>۱</sup>، سهراب مجدفر<sup>۲</sup>، ولی الله گیل<sup>۳</sup>، هادی توحیدی<sup>۴</sup>

sohrabmajd@gmail.com

۱- دانشیار، دانشکده کشتی سازی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۲و۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم دریایی امام خمینی(ره)

۴- کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات تخصصی شناورهای سطحی سازمان تحقیقات و جهاد خودکفایی

### چکیده

در این مقاله به بررسی دریامانی سه نوع بدنه مختلف می پردازیم. همانطور که می دانیم دریامانی قابلیت یک شناور یا سازه دریایی جهت شناوری مطلوب به حساب می آید بطوری که اگر یک سازه شناور یا یک شناور، دریامانی خوبی داشته باشد، قادر است در شرایط دریای خراب نیز عملکرد قابل قبولی را دارا باشد. با بررسی عددی حرکات جابجایی قائم<sup>۱</sup> و غلتش طولی<sup>۲</sup> سه بدنه ویگلی، سری ۶۰ و شناور DDG 51<sup>۳</sup> در شرایط موج منظم مقابل و معتبر سازی نتایج عددی بصورت مقایسه با نتایج تجربی، به پیش بینی دریامانی شناور ناوشکن در اثر تغییر نسبت های ابعادی در نرم افزار مکسرف<sup>۴</sup> پرداخته ایم. لازم به ذکر است که حرکات کشتی تابع شکل و اندازه بدنه می باشد اما از نتایج حاصل از این مقاله نمی توان در موارد مشابه استفاده نمود.

### واژه های کلیدی

دریامانی - DDG - مکسرف - ویگلی

تاریخ دریافت مقاله : ۹۳/۱۱/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله : ۹۴/۰۳/۱۸

1 - Heave  
2 - Pitch  
3 - US Navy ship DDG 51  
4- Maxsurf

## ۱- مقدمه

پیش بینی عملکرد کشتی ها در آب های آرام و موج از دغدغه های همیشگی طراحان کشتی بوده و رفتار دریامانی یکی از مهمترین نکات در طراحی است. بدنه های طراحی شده همواره نیاز به بهینه سازی خواهند داشت تا از جنبه های مختلف عملکرد آن ها بهبود یابد.

در بهینه سازی شناورها، محققان معمولاً دو یا سه تابع هدف را مد نظر قرار می دهند. در این زمینه از سال های قبل کارهایی انجام شده که می توان به مواردی اشاره کرد.

ساریوز و همکارانش [1] در زمینه بررسی عملی دریامانی در طراحی اقداماتی را انجام دادند. جورنی [2] برنامه رایانه ای را بر پایه روش تئوری نوار باریک<sup>۱</sup> معمولی و اصلاح شده را توسعه داد. کاکنر [3] بررسی بهینه سازی رفتار دریامانی شناور تندرو را بررسی کرد. پیکوک و همکارانش [4] یک مدل ریاضی بر پایه الگوریتم چند موضوعی برای شناورهای جابجایی تک بدنه تعریف کرد. ویلسون [5] بر روی هندسه پارامتریک و بهینه سازی فرم بدنه اقداماتی را انجام دادند. ساها [6] با همکارانش برنامه های خطی و غیر خطی را بعنوان تکنیک های بهینه سازی بکار بردند. ساریوز [7] روش بهینه سازی جدید بر پایه حل مسائل غیر خطی از روش جستجوی مستقیم را ارائه دادند. کلاوس [8] روش جدیدی را جهت تولید امواج متوالی در شبیه سازی شرایط دریایی در انجام آزمایش دریامانی ارائه دادند. سیمونس [9] و همکارانش آنالیز حرکات جابجایی قائم و غلتش طولی را برای یک کشتی KCS<sup>۲</sup> در امواج منظم انجام دادند. گریکو [10] رابطه توسعه بیشتر روش جریان پتانسیل عددی در محاسبات دریامانی یک مدل در امواج منظم و غیر منظم را بررسی کردند. بوشان [11] به همراه همکارانش روش حجم سیال<sup>۳</sup> را در بررسی اثر سطح آزاد جهت محاسبات دریامانی بکار بردند. هوانگ [12] و همکارانش پیش بینی عددی را با تست دریامانی به تایید رساندند و اثر فشار ضربات غیرخطی و اتفاقی اسلاشینگ بر حرکات کلی LNGC<sup>۴</sup> تحلیل کردند. بونیک [13] و همکارانش یک پروژه CRS5<sup>۵</sup> که یک مطالعه مقایسه ای مانند کارگاه های تست دریامانی ITTC و بدست آوردن نتایج از روش های مختلف است را انجام دادند. موسوی

راد به همراه سایر همکارانش نیز با استفاده از یک روش غیر گذرا از حلگر RANS اقدام به توسعه گروه موج منظم و تست دریامانی کردند. اوضام [14] S., بررسی کیفیت دریامانی شناورهای تندرو را انجام دادند. گامون [15] در بررسی بهینه سازی شناورهای ماهیگیری از سه تابع هدف استفاده کرده و دریامانی را بهبود بخشیده. باقری (۲۰۱۴) [16] و همکارانش با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه سازی فرم بدنه از منظر دریامانی را انجام داد.

در این مقاله قصد داریم بررسی کنیم که کدام نوع فرم بدنه رفتار دریامانی بهتری از خود نشان می دهد و با استفاده از روش عددی که معتبر سازی روش نیز انجام خواهد شد، به پیش بینی رفتار دریامانی خواهیم پرداخت.

## ۲- حرکات جابجایی قائم و غلتش طولی

اساس محاسبات ما در این مقاله تئوری نواری که روش استاندارد در محاسبه دریامانی شناورهاست، می باشد. استریپ تئوری، تئوری نوارهای باریک که از روش های دقیق در پیش بینی دریامانی کشتی هایی با نسبت طول به عرض کم<sup>۶</sup> است، می باشد و بطور کلی روش پایدار و قابل اطمینان در محاسبات دریامانی است که همواره در رقابت با سایر روش های جدید و دقیق رقابت کرده، که در مورد شناورهای تندرو نیز نتایج قابل قبولی بدست آمده است. کشتی به عنوان یک جسم صلب در نظر گرفته می شود که در یک سیال ایده آل که یکپارچه، غیر قابل تراکم، بدون کشش سطح، غیر چرخشی و بدون ویسکوزیته است، در حرکت است. اینگونه فرض می شود که حرکات این جسم در امواج خطی یا قابل خطی شدن است. در شناورهای جابجایی برای اعداد فرود نزدیک ۰,۴ نمودار رانوی حرکت جابجایی قائم شناور، یک تشدید را نشان خواهد داد. در حالیکه مقدمه کنترل حرکات، کاهش شدت حرکات در حالت های مختلف می باشد که اثرات حرکت را از نیروهای وارد به بخش زیرین بدنه بررسی می کنیم و از نیروهای دیگری که به بخش بالای سطح آب وارد می شوند صرف نظر می کنیم.

همانطور که می دانیم دریامانی، رفتار شناور در صفحه عمودی است که شامل حرکات جابجایی قائم، غلتش طولی و سرج می شود. روابط حرکات جابجایی قائم و غلتش طولی به هم

- 1 - Strip Theory
- 2 - Kriso Container Ship
- 3 - VOF
- 4 - Liquefied Natural Gas Carrier
- 5 - Cooperative research ships

## ۳- سه نوع فرم بدنه

سه نوع فرم بدنه انتخابی در این مقاله، فرم های استاندارد ویگلی، سری ۶۰ و یک شناور ناوشکن مدرن می باشد. نتایج آزمایشات تجربی بر روی مدل ویگلی که در آزمایشگاه هیدرودینامیک دانشگاه دلفت انجام شده، موجود است. ویگلی یک فرم بدنه با یک رابطه ریاضی برای شناورهای جابجایی محسوب می شود که هندسه بدنه آن از رابطه ۴ قابل محاسبه است.

$$y = \frac{B}{2} \left( 1 - \left( \frac{2x}{L} \right)^2 \right) \left( 1 - \left( \frac{z}{T} \right)^2 \right) \quad (4)$$

در این رابطه  $y$  نقاط نیم عرض،  $B$  عرض ماکزیمم شناور،  $L$  طول کلی شناور،  $T$  آبخور،  $z$  نقاط در ارتفاع و  $x$  مختصات در طول شناور می باشد.

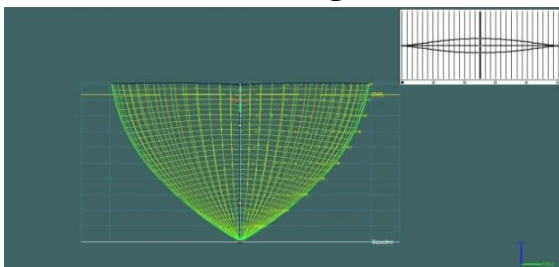
آزمایشات بر روی ۴ مدل با ضریب مقطع میانی ۰,۹۰۹ و ۰,۶۶۷، و نسبت  $L/B = 5, 10$  در سرعت های متناسب با اعداد فرود 0.2, 0.3 و 0.4 انجام گرفته است.

مدل انتخابی که نتایج آن نیز موجود است،  $Cm = 0.667$ ، جدول ۱ ارائه گردیده است. می باشد که مشخصات کلی آن در

جدول (۱): مشخصات مدل ویگلی

ردیف	مدل ویگلی	ابعاد و مشخصات
1	ضریب مقطع میانی	0.6667
2	$L/B$	10
3	طول	3
4	عرض	0.3
5	آبخور	0.1875
6	تریم	0
7	حجم جابجایی	0.078
8	مرکز چرخش در بالای خط مبنا	0.1875
9	مرکز گرانش	0.17
10	شعاع اینرسی برای حرکت غلتش طولی	0.75

با استفاده از رابطه (۱) و ابعاد اصلی مدل مورد نظر، می توانیم جدول آفست را استخراج کنیم. مدل ترسیم شده در نرم افزار بصورت شکل ۱ بدست می آید.



الف

مرتبط می شوند و از یکدیگر تاثیر پذیرند. روابط این دو حرکت را بصورت روابط ۱ و ۲ بیان می کنیم.

$$\begin{aligned} \text{heave: } & (m + a_{33})\ddot{x}_3 + b_{53}\dot{x}_3 + c_{53}x_3 \\ & + a_{35}\ddot{x}_5 + b_{35}\dot{x}_5 + c_{35}x_5 \\ & = F_{w30} \sin(\omega_e t + \gamma_3) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{pitch: } & a_{53}\ddot{x}_3 + b_{53}\dot{x}_3 + c_{53}x_3 \\ & + (I_{55} + a_{55})\ddot{x}_5 + b_{55}\dot{x}_5 + c_{55}x_5 \\ & = F_{w50} \sin(\omega_e t + \gamma_5) \end{aligned} \quad (2)$$

$a_{ij}$ : ضریب جرم افزوده

$m$ : جرم کشتی

$\ddot{x}_i$ : شتاب در راستای  $i$

$b_{ij}$ : ضریب دمپ

$\dot{x}_i$ : سرعت در راستای  $i$

$c_{ij}$ : ضریب بازیابی

$x_i$ : حرکت  $i$

$F_{w30}$ : نیروی قائم

$I_{55}$ : ممان اینرسی طولی

$\omega_e$ : فرکانس برخورد موج

$\gamma_5$ : زاویه برخورد موج نسبت به راستای  $i$

$F_{w50}$ : ممان پیچشی

$t$ : زمان

هرچند که رابطه این دو حرکت زیاد قوی نیست، اما رابطه ای که وجود دارد مانند رابطه جرم و فنر است. این قیاس نسبتا دقیق نیست زیرا ضریب در این معادلات در مقایسه با معادلات معمولی که ضریب ثابت است، فرکانس وابسته است. با این وجود می توان بطور تقریبی فرکانس حرکات جابجایی قائم و پیچ را از رابطه ۳ بدست آورد.

$$\omega_{*3} = \sqrt{\frac{c_{33}}{m + a_{33}}} \quad : \text{Heave fre.} \quad (3)$$

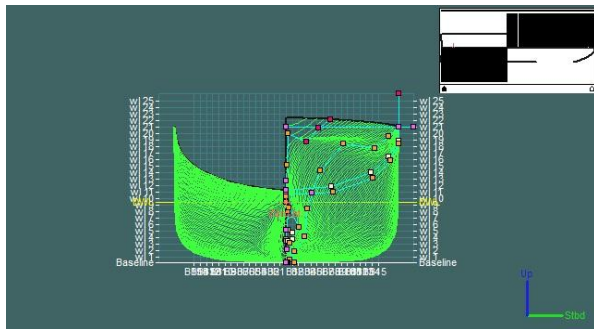
$$\omega_{*5} = \sqrt{\frac{c_{55}}{I_{55} + a_{55}}} \quad : \text{pitch fre.}$$

که ضریب جرم افزوده جابجایی قائم  $a_{33}$  و ضریب اینرسی اضافی غلتش طولی  $a_{55}$  با توجه به فرکانس های طبیعی مربوطه قابل ارزیابی هستند.

موسسه ملی مطالعات معماری دریایی ایتالیا<sup>۱</sup> مورد تست قرار گرفته که نتایج تست تجربی و نمونه هایی از نتایج عددی انجام شده بر روی آن در دسترس است. مشخصات این شناور در جدول ۳ ارائه گردیده که با توجه به ابعاد و فرم بدنه، نمونه عددی را در نرم افزار بصورت شکل ۳ بدست آورده ایم.

جدول (۳): مشخصات شناور DDG51

۱	ضریب مقطع میانی (Cm)	0.974
۲	L/B	5.5
۳	طول	93.4
۴	عرض	17
۵	آبخور	6.21
۶	حجم زیر آبی	3450
۷	B/T	2.73
۸	ضریب چاقی بدنه	0.577



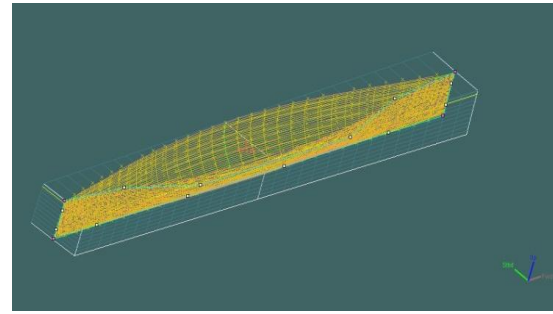
شکل (۳): نمای body plan شناورناوشکن

#### ۴- شرح کلی روش

امروزه در طراحی انواع شناورها پیش بینی حرکات شناور در صفحه عمودی اهمیت ویژه ای دارد. ابزارها و روشهای مختلفی جهت پیش بینی رفتار دریامانی وجود دارد که عبارتند از:

- مدل تست
- اندازه گیری مدل واقعی در دریا
- محاسبه در دامنه فرکانس ( شبیه سازی در زمان)
- محاسبات با استفاده از جامعه آماری

استفاده از روش مدل تست، روشی پر هزینه با نتایجی قابل قبول می باشد که قابل اطمینان می باشد، اما بدلیل هزینه و



ب

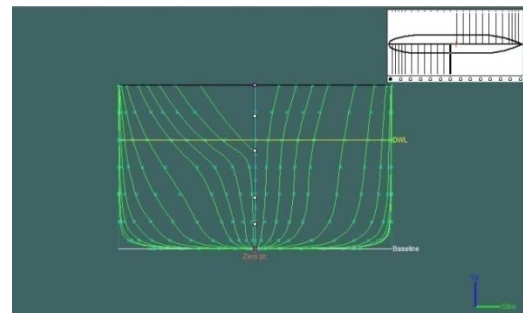
شکل (۱): مدل ترسیم شده در نرم افزار Maxsurf الف- نمای Body plan ب- نمای isometric

بدنه دوم انتخاب شده در این مقاله، شناور سری ۶۰ می باشد که از سری های استاندارد تعریف شده برای بدنه های رایج شناورهای تجاری است. با توجه به در دسترس نبودن نتایج تجربی جاصل از مدل تست، از نتایج تحلیل عددی باقری و همکاران (۲۰۱۴) که در عدد فرود 0.2 انجام شده، استفاده کرده و نتایج را اعتبار سنجی می کنیم.

مشخصات این مدل در جدول ۲ ارائه گردیده است که از روی ابعاد اصلی و با استفاده از سری بکارگرفته شده، مدل خود را در نرم افزار شبیه سازی کرده ایم و بصورت شکل ۲ بدست آمده است.

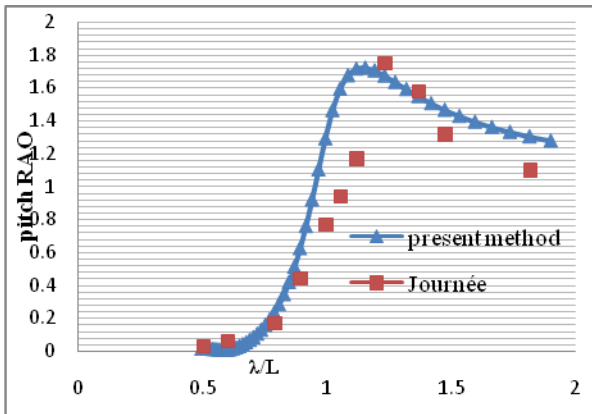
جدول (۲): مشخصات شناور سری ۶۰

ردیف	ابعاد و مشخصات	مدل سری ۶۰
1	0.6667	ضریب مقطع میانی
2	7	L/B
3	3	B/T
4	0.7	ضریب چاقی بدنه
5	122	طول
6	0	تریم

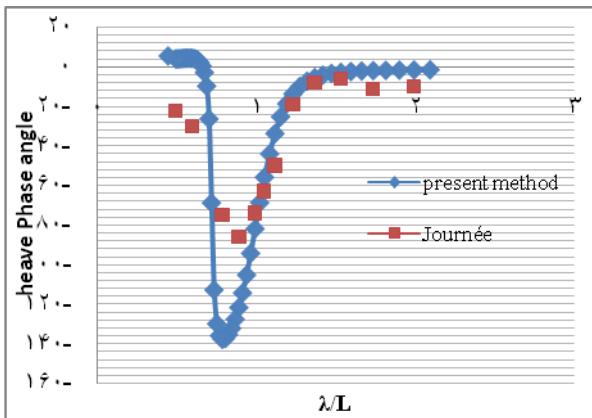


شکل (۲): نمای body plan شناور سری ۶۰

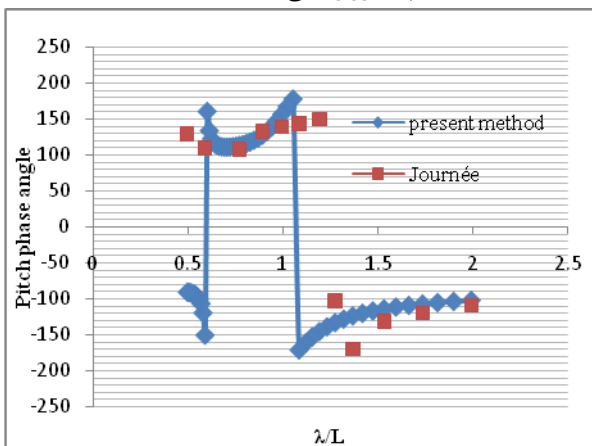
سومین فرم بدنه انتخابی در این مقاله، شناور DDG51 است که توسط دیوید تیلور در مقیاس 1:24.824 و همچنین



شکل (۵): نمودار مقایسه ای RAO مربوط به حرکت غلتش طولی شناور ویگلی ( $Fn = 0.3$ )



شکل (۶): نمودار مقایسه ای Phase مربوط به حرکت جابجایی قائم شناور ویگلی ( $Fn = 0.3$ )



شکل (۷): نمودار مقایسه ای Phase مربوط به حرکت غلتش طولی شناور ویگلی ( $Fn = 0.3$ )

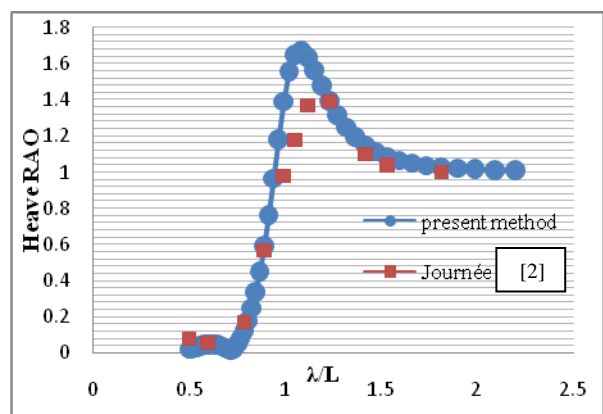
مقایسه نمودارها نشان دهنده خطای تقریبی ۱۰٪ که در محاسبات عددی میزان قابل قبولی می باشد که نشان دهنده قابل اطمینان بودن و تعمیم نتایج می باشد. نمودارها نشان می دهند که مقدار ماکزیمم نمودارهای جابجایی قائم و غلتش طولی در  $\lambda/L = 1.2$  اتفاق می افتد. برپایه این نتایج رفتار دریامانی شناور ویگلی را برای اعداد فرود دیگر نیز می توان پیش بینی کرد.

زمان بر بودن، امروزه از روشهای عددی برای این کار استفاده می گردد [2].

در مقاله ی حاضر با استفاده از نتایج تجربی بدست آمده برای فرم های بدنه انتخاب شده جهت این پژوهش، با استفاده از داده های موجود در خصوص فرم های بدنه و مشخصات ابعادی، با استفاده از نرم افزار تخصصی مکسرف<sup>۱</sup> بدنه را مدل کرده و پس از شبیه سازی شرایط تست تجربی، نتایج عددی را از این نرم افزار استخراج می کنیم. با مقایسه نمودارهای مربوط به هر کدام از بدنه ها با نتایج تحلیل عددی که بر مبنای تئوری نوار باریک از روش salvesen که یکی از روش های استاندارد در محاسبه دریامانی شناورها است، انجام می گیرد، درستی این نتایج را اثبات می نماییم [10].

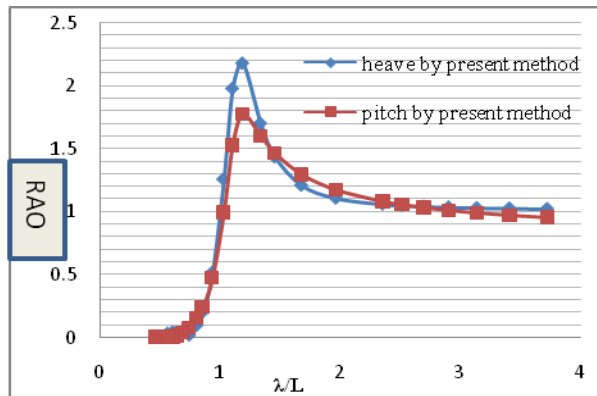
### ۵- نتایج حاصل از تحلیل عددی

پس از مدل کردن نمونه ها در نرم افزار Maxsurf، شرایط تست آزمایشگاهی را نیز در نرم افزار وارد می کنیم و نتایج عددی نرم افزار را استخراج می کنیم. با مقایسه نتایج عددی و نتایج تجربی میتوان به میزان خطای محاسباتی پی برد. مطابق شکل های ۴-۷، نمودار مقایسه ای رانو و فاز شناور ویگلی بدست آمده است. شرایط موج برای این سری آزمایشات بصورت موج مقابل<sup>۲</sup> با زاویه برخورد ۱۸۰ درجه و ارتفاع موج 2cm می باشد.

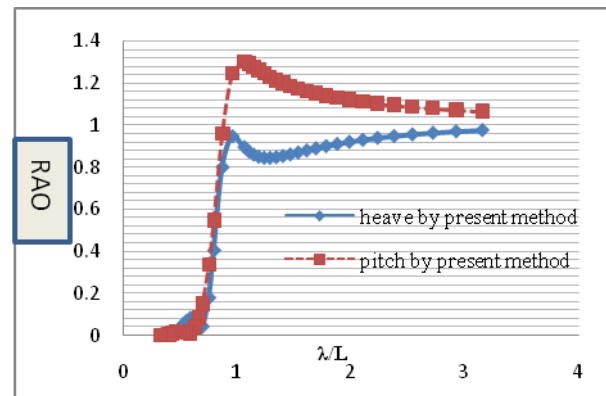


شکل (۴): نمودار مقایسه ای RAO مربوط به حرکت جابجایی قائم شناور ویگلی ( $Fn = 0.3$ )

1 - Maxsurf  
2 - Head sea wave



شکل (۱۱): نتایج عددی رانو برای جابجایی قائم و غلتش طولی شناور ویگلی ( $\mu = 210^\circ$ ) ( $Fn = 0.4$ )



شکل (۸): نتایج عددی رانو برای جابجایی قائم و غلتش طولی شناور ویگلی ( $Fn = 0.2$ )

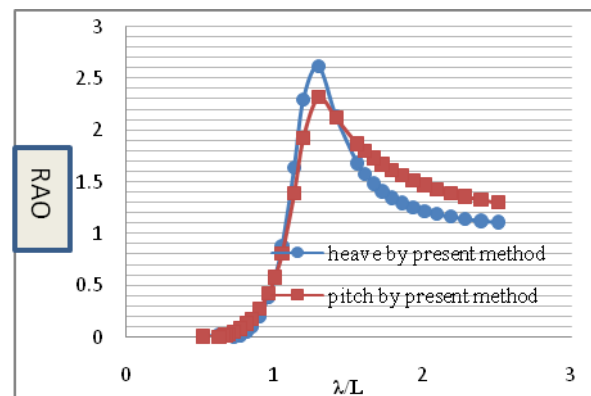
از نمودارهای پیش بینی رفتار دریامانی می بینیم که در سرعت های پایین، ماکزیمم نمودارهای جابجایی قائم و غلتش طولی در مقدار کمتر  $\lambda/L$  رخ می دهد و همچنین اختلاف دو نمودار افزایش می یابد.

شکل ۸ رانوی جابجایی قائم و غلتش طولی را برای عدد فرود ۰.۲ نشان می دهد که ماکزیمم رانو در  $\lambda/L=1$  رخ می دهد که برای جابجایی قائم و ۰.۹۵ برای غلتش طولی می باشد. شکل ۹ رانوی جابجایی قائم و غلتش طولی را برای عدد فرود ۰.۴ نشان می دهد. مقادیر ماکزیمم در  $\lambda/L=1.3$  رخ می دهد که برای جابجایی قائم مقدار ۲.۶ و برای غلتش طولی مقدار ۲.۳ می باشد.

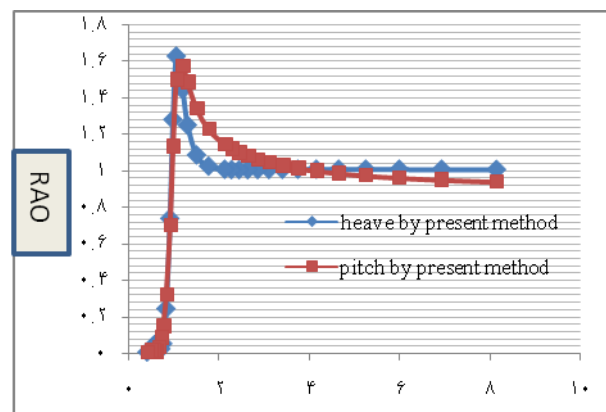
نتایج عددی رانوی جابجایی قائم و غلتش طولی برای زاویه های دیگر برخورد موج در شکل های ۱۰ و ۱۱ نشان داده شده است. نمودارها نشان می دهند که افزایش زاویه برخورد، سبب کاهش مقدار رانو می گردد.

پس از شبیه سازی مدل و شرایط موج شناور سری ۶۰، نتایج استخراج شده از نرم افزار را با نتایج حل عددی باقری (۲۰۱۴) مقایسه می کنیم.

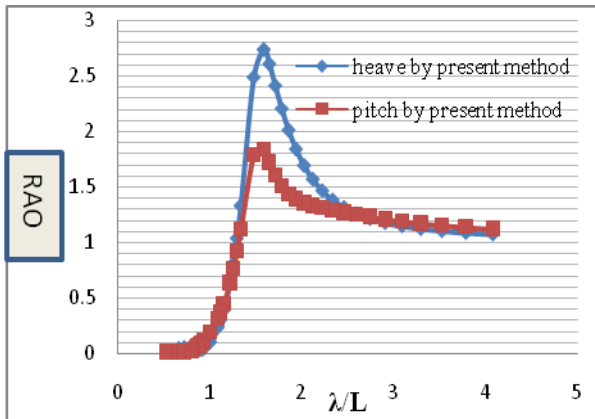
نمودار مقایسه ای محاسبات انجام شده را بصورت شکل های ۱۲ و ۱۳ ارائه کردیم.



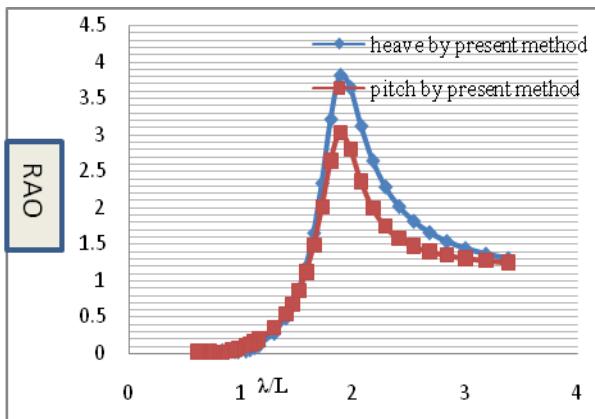
شکل (۹): نتایج عددی رانو برای جابجایی قائم و غلتش طولی شناور ویگلی ( $Fn = 0.4$ )



شکل (۱۰): نتایج عددی رانو برای جابجایی قائم و غلتش طولی شناور ویگلی ( $\mu = 210^\circ$ ) ( $Fn = 0.3$ )

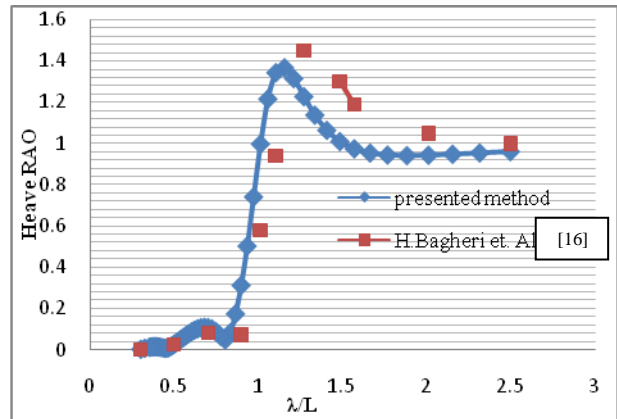


شکل (۱۵): نتایج عددی رانوی برای جابجایی قائم و غلتش طولی شناور سری ۶۰ ( $F_n = 0.4$ )

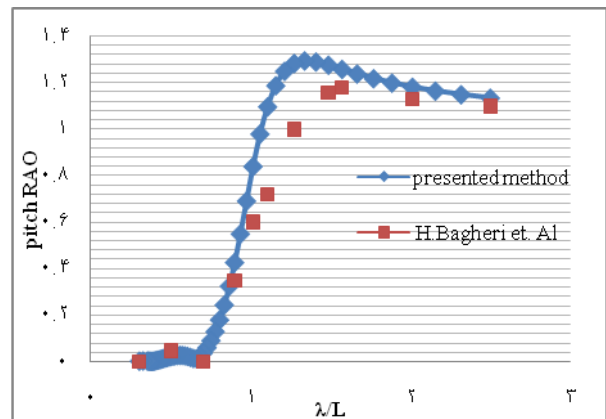


شکل (۱۶): نتایج عددی رانوی برای جابجایی قائم و غلتش طولی شناور سری ۶۰ ( $F_n = 0.6$ )

شکل ۱۴ نتایج عددی رانوی جابجایی قائم و غلتش طولی را برای عدد فرود ۰.۳ را نشان می دهد. مقادیر ماکزیمم جابجایی قائم و غلتش طولی در  $\lambda/L=1.4$  که به ترتیب ۲.۳ برای جابجایی قائم و ۱.۴۵ برای حرکت غلتش طولی می باشد. در شکل ۱۵ نتایج مربوط به عدد فرود ۰.۴ را بدست آوردیم که مربوط به حالتی است که شناور سرعتی نزدیک به یک شناور تندرو دارد. در این حالت ماکزیمم رانوی جابجایی قائم و غلتش طولی به ترتیب مقادیر ۲.۸ و ۱.۹ خواهد بود. شکل ۱۶ نتایج عددی رانوی برای حالتیست که شناور شروع به پرواز خواهد کرد. در عدد فرود ۰.۶ مقدار ماکزیمم رانوی جابجایی قائم و غلتش طولی در  $\lambda/L=1.9$  رخ می دهد. با توجه به مقدار زیاد رانوی در این عدد فرود، می توان نتیجه گرفت که این فرم بدنه مناسب شناورهای تندرو نخواهد بود.

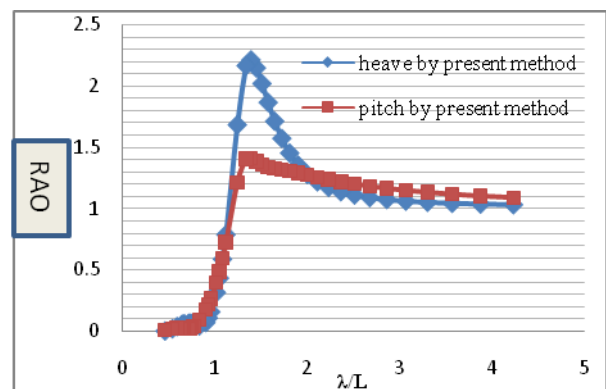


شکل (۱۲): نمودار مقایسه ای RAO مربوط به حرکت غلتش طولی شناور سری ۶۰ ( $F_n = 0.2$ )



شکل (۱۳): نمودار مقایسه ای RAO مربوط به حرکت غلتش طولی شناور سری ۶۰ ( $F_n = 0.2$ )

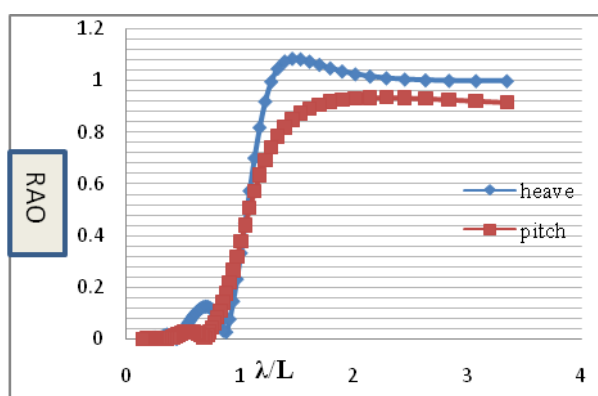
موج ورودی در این تست از طیف برتشنايدر با زاویه ۱۸۰ درجه می باشد. مطابق این نمودارها مقدار ماکزیمم در  $\lambda/L=1.2$  رخ می دهد اما در مورد نتایج غلتش طولی مربوط به حل عددی باقری مقدار ماکزیمم در  $\lambda/L=1.6$  اتفاق می افتد. با توجه به خطای اندک محاسباتی، میتوان شرایط را برای اعداد فرود دیگر نیز محاسبه نمود.



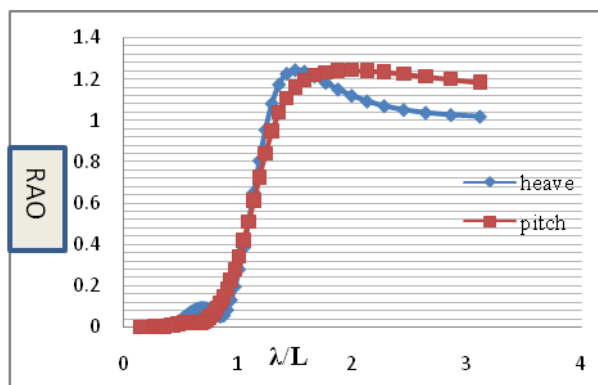
شکل (۱۴): نتایج عددی رانوی برای جابجایی قائم و غلتش طولی شناور سری ۶۰ ( $F_n = 0.3$ )

حال می توانیم اثر تغییرات ابعادی با حفظ جابجایی شناور را بررسی کنیم.

شکل ۱۹ نتایج عددی رانوی جابجایی قائم و غلتش طولی را در اثر کاهش مقدار نسبت  $B/T$  نشان می دهد. در اثر این تغییر، مقادیر رانوی جابجایی قائم و غلتش طولی کاهش یافته اما ماکزیمم نمودار در همان  $\lambda/L$  رخ می دهد. شکل ۲۰ نتایج عددی رانوی جابجایی قائم و غلتش طولی را در حالتی که نسبت  $L/B=5$  می باشد نشان می دهد. در این حالت ماکزیمم رانو در  $\lambda/L=1.5$  رخ می دهد که مقادیر در اثر این کاهش، به مقدار ۱.۲ کاهش پیدا کرده اند.

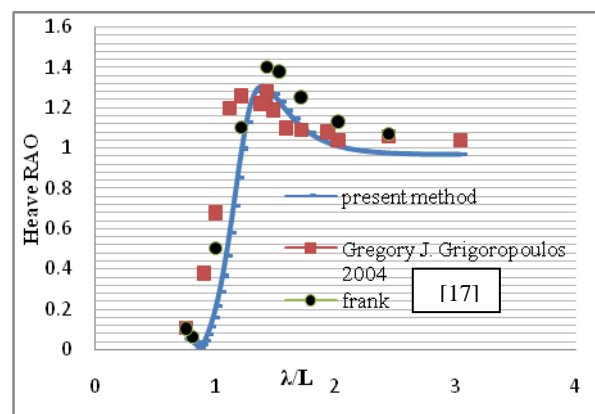


شکل (۱۹): نتایج عددی رانو برای جابجایی قائم و غلتش طولی در اثر کاهش نسبت  $B/T$  به ۲

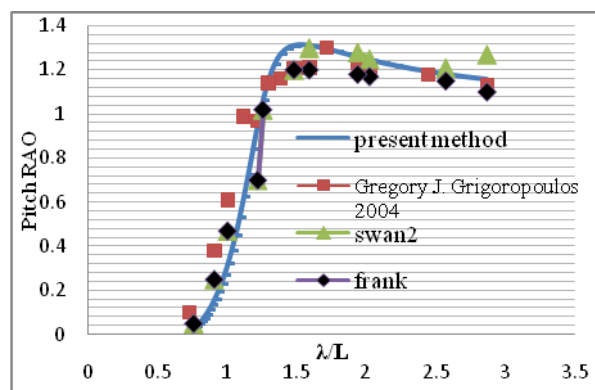


شکل (۲۰): نتایج عددی رانو برای جابجایی قائم و غلتش طولی در اثر کاهش نسبت  $L/B$  به ۵

آخرین فرم بدنه مورد بحث در این مقاله، شناور DDG51 است که پروفیسور گریگوروپولس<sup>۱</sup> بر روی بهینه سازی فرم بدنه آن تحقیقاتی را انجام دادند. با استفاده از نتایج موجود، حل عددی روش ارائه شده را اعتبارسنجی می کنیم. شرایط موج را در نرم افزار وارد می کنیم. موج ورودی از طیف برتسنایدر با ارتفاع موج شاخص  $H_{1/3}=1m$  و پریود موادل ۱۰s می باشد.



شکل (۱۷): نمودار مقایسه ای RAO مربوط به حرکت غلتش طولی شناور  $DDG(Fn = 0.237)$



شکل (۱۸): نمودار مقایسه ای RAO مربوط به حرکت غلتش طولی شناور  $DDG(Fn = 0.237)$

در روش های بکار برده شده، نتایج فرانک با تئوری نواری از روش Close-fit، روشی قدیمی تری نسبت به کد پانل سه بعدی SWAN2-2002 و روش تئوری نواری سالوسن می باشد که نمودارها نشان دهنده دقت محاسبات می باشد [17]. بر پایه نتایج، خطای تقریبی ۵٪ جهت روش ارائه شده بدست می آید که دقت نسبتاً خوبی در حل عددی می باشد. در این نمودارها مقدار ماکزیمم در  $\lambda/L=1.4$  رخ می دهد.



رفتار دریامانی شناور تندرو استفاده نمودیم. این روش نسبت به مدل کردن شناور و تست در حوضچه کشتش دارای مزایایی است که میتوان به موارد زیر اشاره کرد :

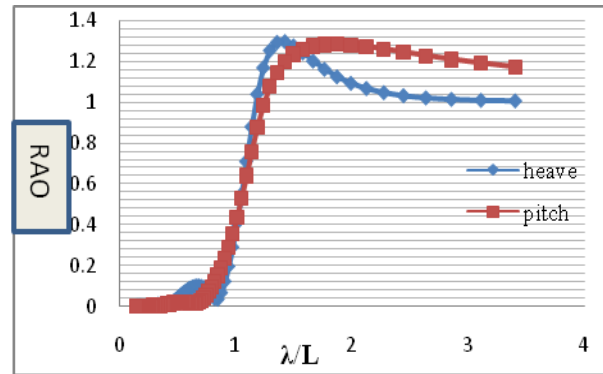
- کاهش هزینه های مالی و زمانی در فرآیند تست مدل
- این روش، روشی بسیار مناسب در فرآیند حلقه طراحی جهت سرعت بخشیدن به آن می تواند باشد.
- با توجه به قابل اعتماد بودن این روش، می توان از آن در فرآیند بهینه سازی فرم بدنه نیز بهره مند شد و اثرات تغییرات را با کمترین هزینه پیش بینی نمود.

در تحلیل انجام شده بر روی شناور های ویگلی و سری ۶۰ که اثرات تغییرات سرعت و زاویه برخورد موج را بررسی کردیم، مشاهده کردیم افزایش زاویه برخورد مقدار ماکزیمم نمودار رانو را کاهش می دهد که اثر مطلوبی خواهد داشت. این اثرات در شناور سری ۶۰ نیز مشاهده گردید.

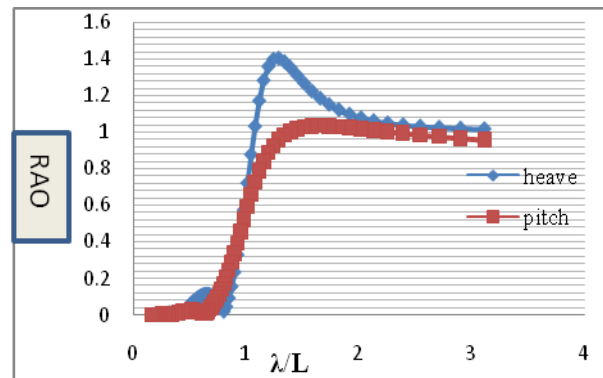
در شناور ناوشکن DDG51، کاهش نسبت عرض به آبخور ، سبب کاهش مقادیر رانوی جابجایی قائم و پیچ گردید که این اثر در رفتار دریامانی حرکت پیچ بیشتر است. با کاهش نسبت طول به عرض، رانوی جابجایی قائم بمقدار ناچیز کاهش می یابد. اما با افزایش نسبت طول به عرض شناور، حرکت جابجایی قائم شدت بیشتری پیدا می کند و در نمودار ماکزیمم مقدار رانو افزایش می یابد ولی حرکت پیچ عملکرد مناسب تری در اثر افزایش این نسبت از خود نشان می دهد. این تغییرات را در بهینه سازی فرم بدنه شناور از جهت بهبود رفتار دریامانی می توان مد نظر قرار داد.

#### ۷- مراجع

- [1] Kukner, A., Sariöz, K., High speed hull form optimization for seakeeping. Adv. Eng. Software, vol.22, pp. 179–189, 1995.
- [2] Journée, J.M.J., Experiments and calculations on four Wigly hull forms”, TU Delft, MEMT 21 1992.
- [3] Kukner, A., Sariöz, K., High speed hull form optimization for seakeeping. Adv. Eng. Software, vol.22, pp. 179–189, 1995.
- [4] Peacock, D., Smith, W.F.,Pal,P.K.: “Minimal ship motion hull-form design for high speed using multi-criteria optimization techniques”, Proceedings of Fourth International Conference on Fast Sea Transportation (FAST '97), Vol.2. Sydney, Australia, 1997.



شکل (۲۱): نتایج عددی رانو برای جابجایی قائم و غلتش طولی در اثر کاهش نسبت  $L/B$  به 6



شکل (۲۲): نتایج عددی رانو برای جابجایی قائم و غلتش طولی در اثر کاهش نسبت  $L/B$  به 7

در شکل ۲۱ در اثر افزایش نسبت ابعادی  $L/B$  به مقدار 6، رانوی جابجایی قائم و غلتش طولی به مقدار ناچیز افزایش یافته اما مقدار ماکزیمم رانوی غلتش طولی در مقدار  $\lambda/L=1.6$  رخ می دهد. شکل ۲۲ نتایج عددی رانو برای نسبت ابعادی  $L/B=7$  را نشان می دهد. ماکزیمم رانوی جابجایی قائم در  $\lambda/L=1.2$  و ماکزیمم رانوی پیچ در  $\lambda/L=1.3$  رخ می دهد. رانوی جابجایی قائم در اثر این تغییر افزایش یافته و شناور در این حرکت مانند یک چوب پنبه بر روی آب عمل خواهد کرد اما رانوی پیچ کاهش را نشان می دهد.

#### ۶- نتیجه گیری

در بررسی دریامانی شناورها ، نتایج بر مبنای خطی فرض شدن تئوری است. این بدان معنی است که نمودار رانو بصورت تابع بی بعدی از فرکانس برخورد داده می شود که رانو بعنوان هارمونیک اول پاسخ و همچنین هارمونیک اول موج منظم تعیین می شود.

در این مقاله با استفاده از روش عددی تحلیل هیدرودینامیکی شناور در امواج منظم مقابل جهت بررسی تحلیل و پیش بینی

- [11] Bhushan, S., Xing, T., Carrica, P., Stern, F., 2009, "Model- and Full-Scale URANS Simulations of Athena Resistance, Powering, Seakeeping, and 5415 Maneuvering", *Journal of Ship Research*, Vol. 53, No. 4, pp 179-198, December 2009.
- [12] Huang, Z.J., Danaczko, M.A., Esenkov, O.E. Martin, C.B., O'Donnell, B.J., Yung, T.W., 2009, "Coupled Tank Sloshing and LNG Carrier Motions", *ISOPE 2009*.
- [13] Bunnik, T., Daalen, E.V., Kapsenberg G., Shin Y., Huijsmans, R., Deng, G., Delhonmeau, G., Kashiwagi, M., Beck, B., "A comparative study on state-of-art prediction tools for seakeeping," *ONR 28th Symposium on Naval Hydrodynamics*, Pasadena, California, USA, September 2010.
- [14] Özüm, S., Şener, B., Yilmaz, H.: A parametric study on seakeeping assessment of fast ships in conceptual design stage, *Ocean Eng.*, Vol.38, pp.1439–1447, 2011.
- [15] Gammon, M. A.: Optimization of fishing vessels using a Multi-Objective Genetic Algorithm, *Journal of Ocean Engineering*, Vol. 38(10), pp. 1054-1064, 2011.
- [16] Bagheri, H. Ghassemi H. Dehghanian, A., Optimizing the Seakeeping Performance of Ship Hull Forms Using Genetic Algorithm, *the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, vol 8, No.1, March 2014.
- [17] Grigoropoulos, G. J. and Chalkias, D. S.: Hull-form optimization in calm and rough water, *Journal of Computer- Aided Design*, vol. 42, no. 11, pp. 977-984, 2010.
- [5] Bloor, M. I. G., and Wilson, M. J. "Parametric geometry and optimization of hull forms, Proceedings", 10th International Conference on Computer Application in Shipbuilding, Massachusetts Institute of Technology, June 7–11, Cambridge, MA, USA, 1999.
- [6] Saha, G. K., Suzuki, K. and Kai, H.: Hydrodynamic optimization of ship hull forms in shallow water, *Journal of Marine Science and Technology*, vol. 9, no. 2, pp. 51-62, 2004.
- [7] Sariöz, K., Sariöz E.: Practical seakeeping performance measures for high speed displacement vessels, *Nav.Eng. J.*, vol.118(4), pp. 23-36, 2006.
- [8] Clauss, G.F., "The Taming of the Shrew: Tailoring Freak Wave Sequences for Seakeeping Tests", *Journal of Ship Research*, Volume 52, September 2008.
- [9] Simonsen, C., Otzen, J. & Stern, F., EFD and CFD for KCS heaving and pitching in regular head waves'. In: *Proceedings of the 27th Symposium on Naval Hydrodynamics*, Seoul, Korea, 2008.
- [10] Greco, M., T. Bazzi, G. Colicchio, And C. Lugni, 3D ship-seakeeping problem: weak-scatter theory plus shallow-water on deck. In *23rd Int. Workshop of Water Waves and Floating Bodies*, Jeju, Korea, 2008.