



ارائه طرح سکان جدید و افزایش قابلیت مانور کشتی

سید احسان قاضی عسگر^۱، حمید زراعتگر^۲، محمود غیاثی^۳

تهران، بلوار انقلاب، خیابان خارک، پلاک ۶۳، واحد ۳۳ - تلفن: ۰۹۱۲۱۹۰۱۸۰۰

ehs_gh@yahoo.com

چکیده

سکان عامل کنترلی و هدایت کشتی است و با توجه به نوع کشتی و ابعاد آن متنوع است. معمولاً سکان یک عضو منفعل در کشتی بوده و متناسب با سرعت جریان، نیرو و گشتاور لازم را برای کنترل و هدایت کشتی تولید می‌کند و در زمانی که سرعت کشتی کاهش می‌یابد از کارایی آن کاسته می‌شود. یکی از پارامترهای مهم در طراحی سکان ارتفاع آن می‌باشد، هر چه این ارتفاع بیشتر باشد ضریب منظری و سطح سکان بزرگتر بوده و توانایی سکان در هدایت کشتی بیشتر می‌شود. هر چه ضریب منظری سکان افزایش یابد ضرایب نیروهای هیدرودینامیکی آن افزایش می‌یابد، در عین حال ضریب تاثیر سکان^۴ نیز افزایش می‌یابد. این موضوع با تبدیل جریان سه بعدی به جریان شبه دو بعدی حاصل می‌شود. از آنجا که ارتفاع سکان را هر مقداری نمی‌توان اختیار کرد، مانور شناور محدود به ابعاد سکان خواهد بود. در مطالعه فوق طرحی جدید برای سکان ارائه می‌شود که امکان افزایش اختیاری ارتفاع سکان را فراهم کرده سکان موثرتری خواهیم داشت. همچنین عملکرد سکان مطرح شده از نظر قابلیت مانور شناور بررسی گردیده است. سکان موردنظر دو قسمتی بوده و به صورت تلسکوپی قابلیت باز و بسته شدن دارد. قسمت اصلی سکان مشابه سکان‌های متداول است و در حالت بسته بودن، همان سکان معمولی است. قسمت دوم سکان که داخل سازه سکان اول قرار دارد کوچکتر بوده و در مواقع لزوم با یک سیستم کنترلی بیرون آمده و ارتفاع سکان را افزایش می‌دهد در نتیجه ضریب منظری سکان متناسب با میزان افزایش طول، افزایش یافته و نیز با بزرگتر شدن سطح سکان، نیرو و گشتاور بیشتری تولید خواهد شد.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معماری کشتی، دانشکده مهندسی کشتی‌سازی و صنایع دریایی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

^۲ استادیار دانشکده مهندسی کشتی‌سازی و صنایع دریایی دانشگاه صنعتی امیرکبیر .

^۳ استادیار دانشکده مهندسی کشتی‌سازی و صنایع دریایی دانشگاه صنعتی امیرکبیر .

^۴ Rudder effectiveness



کلمات کلیدی: سکان- قابلیت مانور^۵ - ضریب منظری^۶ - هیدرودینامیک- سکان تلسکوپی

۱- مقدمه

هدف از داشتن سطوح کنترلی در کشتی، کنترل حرکات آن است. سطح کنترلی می‌تواند به طور کامل از یک تک صفحه محرک و یا ترکیبی از قسمت‌های محرک و ثابت ساخته شده باشد، که به طور نمونه می‌تواند: یک سکان برای کنترل حرکات افقی کشتی، یک بال برای حرکت به اعماق در زیردریایی و یا یک پره فعال جهت کنترل کاهش حرکات غلتشی شناور باشد.

سطح کنترلی یک عضو منحصر به فرد برای دستیابی به نیروی کنترلی است که در نتیجه‌ی جهت و حرکت نسبی خود با آب اطراف به وجود می‌آید. به طور مثال نیروی کنترلی تولید شده توسط سکان، در پاشنه کشتی ممان $N_{\delta} \delta_R$ را به کشتی وارد می‌نماید که منجر به چرخش کشتی شده و سکان را در جهت زاویه برخورد سیال، میزان می‌کند. نیروها و ممان‌های تولید شده حاصل از این چرخش و زاویه حمله، خصوصیات مانور کشتی را تعیین می‌کنند. [۴]

۲- اساس کار سکان

۲-۱- قابلیت مانور و عوامل موثر بر آن

قابلیت کنترل شامل تمامی جنبه‌های تنظیم خط سیر کشتی، سرعت و جهت آن در دریا و آب‌های محدود می‌باشد که موقعیت یابی و حفظ آن اهمیت خاص دارد. قابلیت کنترل یا مانور شامل: شروع به حرکت، هدایت و راندن کشتی در مسیر ثابت، چرخش، کاهش سرعت، توقف کردن و به عقب حرکت کردن و در مورد زیردریایی‌ها رفتن به اعماق می‌باشد.

مطالعه در مورد پدیده پیچیده قابلیت مانور معمولاً به سه قسمت تقسیم می‌شود.

۱- حفظ مسیر: حفظ کردن متوسط یکنواخت مسیر یا جهت حرکت کشتی

۲- مانور: تغییرات کنترل شده در جهت حرکت (چرخش و تغییر مسیر)

⁵ Controllability

⁶ Aspect ratio



۳- تغییر سرعت: تغییرات کنترل شده در سرعت شامل توقف و به عقب حرکت کردن.

خصوصیات حفظ مسیر و مانور شناور به تریم کشتی حساس می‌باشند. در کشتی‌های قدیمی (سنتی) طبیعت حفظ مسیر و مانور گاهاً برخلاف هم عمل می‌کردند، کشتی‌هایی که به سادگی توانایی دور زدن داشتند در حفظ مسیر دچار مشکل بودند و بلعکس کشتی‌هایی که مسیر خود را به خوبی حفظ می‌کردند به سختی دور می‌زدند، خوشبختانه ایجاد سازگاری عملی بین این دو امکان‌پذیر است. [۱]

به طور عمومی داشتن قابلیت کنترل خوب برای کشتی با سه وظیفه همراه است:

۱- تعیین معیارها و مشخصات واقع بینانه برای مانور، حفظ مسیر و تغییر سرعت

۲- طراحی بدنه، سطوح کنترلی، ملحقات، سیستم جعبه دنده فرمان و سیستم کنترل برای رسیدن به ملزومات و پیش‌بینی عملکرد

۳- اجرا کردن آزمایش با مقیاس واقعی به منظور اندازه‌گیری عملکرد و مقایسه آن با معیارها و پیش‌بینی‌ها

پارامترهایی چون ابعاد اصلی کشتی، هندسه و فرم بدنه شناور، سکان و سایر سطوح کنترل و سیستم رانش شامل موتور، گیربکس، شافت و پروانه از مهمترین پارامترهای هدایت کشتی می‌باشند. هدایت کشتی به معنای تعیین محل قرارگیری و تعیین جهت قرارگیری کشتی است. بر این اساس حرکات سرچ، اسوی و یاو، حرکات اصلی در مانور هستند، حرکت رول کشتی در محاسبات مانور وارد نمی‌شود ولی به دلیل ایجاد رول در هنگام دور زدن، این حرکت نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۲- معادلات حرکت

با اعمال قانون دوم نیوتن برای سه حرکت سرچ، اسوی و یاو می‌توان نیروهای وارد بر شناور

(نیروهای کنترلی) را در سیستم مختصات محلی (متحرک) به صورت زیر نوشت:

$$\begin{aligned} X &= \Delta(\dot{u} - v\dot{\psi}) && \text{سرچ} \\ Y &= \Delta(\dot{v} + u\dot{\psi}) && \text{اسوی} \\ N &= I_z\ddot{\psi} && \text{یاو} \end{aligned} \quad (1)$$

که Δ جرم کشتی، I_z ممان اینرسی جرمی کشتی حول محور z و ترم‌های $v\dot{\psi}$ و $u\dot{\psi}$ ناشی از نیروهای جانب مرکز می‌باشند. نیروهای X, Y و ممان N تابعی از کلیه‌ی نیروهای محیطی و غیر محیطی وارد بر کشتی می‌باشند.



سیستم مختصات متحرک: در لحظه صفر با گرداندن سکان و یا بنا به هر دلیل دیگری شناور از مسیر مستقیم منحرف شده و در وضعیت جدیدی قرار می‌گیرد. سیستم مختصات متحرک به سیستم مختصاتی گفته می‌شود که به مرکز ثقل شناور متصل شده و دارای کلیه حرکات سه گانه شناور شامل حرکات سرج، اسوی و یاو می‌باشد. در این سیستم مختصات x همواره به سمت سینه کشتی، y همواره در سمت راست کشتی و z به سمت کف شناور می‌باشد. [۲]

همچنین معادلات حرکت را می‌توان به فرم زیر خلاصه کرد:

$$\begin{aligned} -X_u(u-u_1) + (\Delta - X_{\dot{u}})\dot{u} &= 0 && \text{سرج} \\ -Y_v v + (\Delta - Y_{\dot{v}})\dot{v} - (Y_r - \Delta u_1)r - Y_{\dot{r}}\dot{r} &= 0 && \text{اسوی} \\ -N_v v - N_{\dot{v}}\dot{v} - N_r r + (I_z - N_{\dot{r}})\dot{r} &= 0 && \text{یاو} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{که } \frac{\partial x}{\partial u} = x_u, \quad \frac{\partial y}{\partial u} = y_u, \quad \dots, \quad \frac{\partial N}{\partial \dot{y}} = N_{\dot{y}} = N_{\dot{r}}$$

(مخفف سازی SNAME)

با بی‌بعد ساده سازی معادلات و صرفنظر کردن از معادله سرج^۷ معادلات (۲) به فرم زیر در خواهند آمد.

$$\begin{aligned} -Y'_v v' + (\Delta' - Y'_{\dot{v}})\dot{v}' - (Y'_r - \Delta')r' - Y'_{\dot{r}}\dot{r}' &= 0 \\ -N'_v v' - N'_{\dot{v}}\dot{v}' - N'_r r' + (I'_z - N'_{\dot{r}})\dot{r}' &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\Delta' = \frac{\Delta}{0.5\rho L^3}, \quad v' = \frac{v}{V}, \quad \dot{v}' = \frac{\dot{v}L}{V^2}, \quad I'_z = \frac{I_z}{0.5\rho L^5}, \quad r' = \frac{rL}{V}, \quad \dot{r}' = \frac{\dot{r}L^2}{V^2}$$

$$Y'_v = \frac{Y_v}{0.5\rho L^2 V}, \quad Y'_r = \frac{Y_r}{0.5\rho L^3 V}, \quad N'_v = \frac{N_v}{0.5\rho L^3 V}, \quad N'_r = \frac{N_r}{0.5\rho L^4 V}$$

$$Y'_{\dot{v}} = \frac{Y_{\dot{v}}}{0.5\rho L^3}, \quad Y'_{\dot{r}} = \frac{Y_{\dot{r}}}{0.5\rho L^4}, \quad N'_{\dot{v}} = \frac{N_{\dot{v}}}{0.5\rho L^4}, \quad N'_{\dot{r}} = \frac{N_{\dot{r}}}{0.5\rho L^5}$$

در معادلات (۱) و (۲) می‌بایست اثر سکان کشتی، در زاویه صفر منظور گردد. به عبارت دیگر

اگر که بخواهیم مسیر حرکت کشتی را با عملکرد تجهیزات کنترلی در نظر بگیریم، در معادلات فوق باید

ترم سمت راست را با نیروهای کنترلی یا نیرو و ممان تولید شده توسط سکان به صورت تابعی از زمان

جایگزین کنیم. ترم خطی نیروی تولید شده توسط جابجایی سکان که در مرکز ثقل کشتی اثر می‌کند

$$Y_{\delta} \delta_R \quad \text{و ترم خطی ممان تولید شده توسط جابجایی سکان حول محور } z \text{ کشتی } N_{\delta} \delta_R \text{ است که}$$

مقدار زاویه سکان بوده و نسبت به صفحه xz کشتی با سکان اندازه‌گیری می‌شود و مقدار مثبت آن در

⁷ به مرجع [۱] مراجعه شود.



جهت چرخش به چپ می‌باشد، Y_δ, N_δ مشتقات خطی شده Y, N با توجه به مقدار تغییر زاویه سکان هستند. با در نظر گرفتن موارد فوق و کمی ساده سازی معادلات حرکت همراه با اثر سکان به صورت زیر در خواهند آمد: [۱]

$$\begin{aligned} \Delta'_y \dot{v} - Y'_v v' - (Y'_r - \Delta) r' &= Y'_\delta \delta_R \\ n'_z \dot{r}' - N'_v v' - N'_r r &= N'_\delta \delta_R \\ n'_z &= I'_z - N_r \cong 2I_z \\ \Delta'_y &= \Delta' - Y'_v \cong 2\Delta' \end{aligned} \quad (4)$$

۲-۳- عوامل کنترلی و نحوه عملکرد سکان

ساده‌ترین و متداول‌ترین نوع سطح کنترلی، سکان تمام متحرک^۸ می‌باشد که در شکل (۱) نمایش داده شده است. وتر^۹ سکان موازی با جهت حرکت، ارتفاع^{۱۰} سکان عمود بر جهت حرکت و ضخامت سکان عمود بر وتر و ارتفاع سکان است. لبه‌ای از سکان که نزدیک بدنه است و به آن متصل می‌گردد ریشه^{۱۱} سکان و لبه مقابل نوک^{۱۲} سکان نامیده می‌شود. بنابراین دو طول وتر c_r و c_l را می‌توان تعریف کرد و مقدار متوسط وتر را با \bar{c} نشان می‌دهند. ارتفاع متوسط، میانگین ارتفاع در لبه حمله و لبه پستی است و نسبت $\frac{\bar{b}}{c}$ را ضریب منظری λ می‌نامند. سطح سکان را می‌توان به صورت $A_r = \bar{b} \times \bar{c}$ تعریف کرد. بر خلاف بال در هواپیما، سکان باید توانایی تولید نیروی بالابرنده را در هر دو جهت دارا باشد، لذا مقطع بکار رفته در سکان متقارن خواهد بود.

سکان مستقلی را در نظر بگیرید که در سیال غیرویسکوز، کاملاً مغروق باشد و جریان یکنواختی که متاثر از حضور کشتی و پروانه نیست با زاویه حمله α به سکان برخورد کند. ترکیب سرعت رو به جلو و زاویه حمله برخورد، سبب ایجاد سیرکولاسیونی اطراف سکان شده که منجر به تولید نیروی لیفت توسط سکان می‌شود. تا زمانی که جریان، دوبعدی، ایده‌ال، غیرویسکوز و به اندازه کافی عمیق باشد هیچ نیروی درگی (مقاوم) وجود ندارد و نیروی کل تولید شده در اثر زاویه حمله، در راستای عمود بر سرعت جریان آزاد عمل می‌کند. با این حال به خاطر محدود بودن ضریب منظری سکان تئوری دوبعدی دقت کافی در تخمین نیروی فوق را ندارد. هنگامی که سکان دارای زاویه حمله است، گردابها از روی دو لبه ریشه و نوک سکان سرریز کرده منجر به القای سرعت‌هایی در صفحه ضخامت و ارتفاع

⁸ All-movable

⁹ chord

¹⁰ span

¹¹ root

¹² tip



سکان می‌شود. این سرعتها هنگامی که با سرعت جریان آزاد جمع می‌شوند منجر به تولید نیروی درگ القایی در جهت حرکت می‌کنند. علاوه بر این اثرات دو بعدی و سه بعدی که می‌توان توسط تئوری جریان غیراصطکاکی پیش‌بینی کرد، نیروهای اصطکاکی و جدایش در جریان‌های ویسکوز نیز وجود دارد.

نیروی هیدرودینامیکی کل در سیال واقعی که در اثر پدیده‌های فوق به وجود می‌آید در شکل (۲) نشان داده شده است و در یک نقطه به نام مرکز فشار عمل می‌کند. بر خلاف نیروی کل در سیال ایده‌آل دوبعدی که عمود بر راستای سرعت جریان آزاد بود، نیروی هیدرودینامیکی کل در سیال واقعی از حالت عمود بر سکان کمی منحرف می‌شود. این نیرو را می‌توان به مولفه‌هایی تقسیم کرد. سه مولفه نیروی کنترلی در کشتی، مولفه لیفت (عمود بر جهت حرکت)، مولفه درگ (موازی با جهت حرکت) و مولفه Y ، عمود بر محور کشتی هستند. مولفه آخری دلیل حضور سکان می‌باشد. اگر هیچ اندرکنشی بین میدان فشار اطراف سکان و کشتی وجود نداشته باشد، مولفه Y نیرو، همان نیروی کنترلی $Y_{\delta} \delta_R$ خواهد بود و ممان این نیرو حول محور z کشتی ممان کنترلی $N_{\delta} \delta_R$ می‌باشد.

$$Y_{\delta} \delta_R = Y_{rudder} = \pm(L \cos \beta_R + D \sin \beta_R)$$

$$N_{\delta} \delta_R = N_{rudder} = Y_{rudder} \cdot x_R \quad (5)$$

$$X_{rudder} = L \sin \beta_R - D \cos \beta_R$$

که β_R زاویه انحراف^{۱۳}، x_R فاصله مبدا کشتی تا مرکز فشار (C_P) و X_{rudder} مولفه x نیروی سکان است.

۳- طرح اولیه یک سکان جدید، سکان تلسکوپي

هیدرودینامیک. به دلیل محدود بودن ضریب منظری، الگوهای جریان مشابهی در صفحات موازی با مقطع سکان در راستای عمود بر محور آن وجود نخواهد داشت و در دو انتهای سکان جریان‌های سه بعدی متقاطع به وجود می‌آیند که با کاهش ضریب منظری جریان‌های فوق افزایش یافته و منجر به کاهش نیروی لیفت تولید شده توسط سکان در زوایای حمله مختلف می‌شوند. هر چه ریشه سکان به بدنه کشتی نزدیکتر باشد از ایجاد جریانهای متقاطع در منطقه فوق جلوگیری شده، ضریب لیفت سکان افزایش می‌یابد. همچنین به دلیل اینکه نوک سکان فاصله چندانی از محدوده جریانهای خروجی از پروانه ندارد جریانهای متقاطع در نوک نیز به شدت حضور خواهند داشت. علاوه بر این عوامل زیادی در طراحی سکان دخالت دارند که از مهمترین آنها شکل سکان (ابعاد)، مساحت و ارتفاع

¹³ Drift angle



آن است. سکان باید در محدوده ابعادی‌ای که از طرف فرم بدنه دیکته می‌شود قرار گیرد لذا پارامترهای فوق به شدت محدود خواهند شد. طرح سکان تلسکوپی این امکان را فراهم می‌کند که بتوان از محدوده تحمیلی از طرف فرم بدنه فراتر رفت و میزان کارایی سکان را به مقدار قابل توجهی افزایش داد.

افزایش ارتفاع سکان تاثیر مستقیمی در پارامترهایی چون ضریب منظری، سطح سکان، کاهش جریان‌های متقاطع سه بعدی در ریشه و نوک سکان دارد و همچنین افزایش پایداری کشتی‌های با ضریب لاغری بالا، کنترل بیشتر زاویه غلتش کشتی و کارآمدتر کردن سکان حتی در سرعت‌های کم در نزدیکی بنادر از مزایای افزایش ارتفاع سکان است. طرح تلسکوپی این امکان را فراهم می‌کند که با داشتن مزیت‌های فوق در مواقع لزوم مانند حرکت در کانال‌ها یا زمان داک کشتی سکان را به شکل اولیه درآورد.

سازه. به لحاظ ملاحظات سازه‌ای سکان باید دارای صفحات تقویتی عمودی و افقی در داخل خود باشد لذا برای قرار دادن سکان دوم در داخل سکان مادر می‌بایستی چیدمان فضای داخل به گونه‌ای باشد که علاوه بر حفظ استحکام هر دو سکان فضای لازم جهت حرکت (خارج و داخل شدن) سکان فراهم گردد. لازم به ذکر است برای مدل‌های مختلف سکان مانند تمام متحرک یا سکان با مهار لولایی^{۱۴} امکان اجرای طرح فوق وجود دارد. در اشکال (۳) و (۴) دو نمونه از چیدمان سازه‌ای و نحوه عملکرد سکان تلسکوپی برای مدل تمام متحرک نمایش داده شده است.

همانطور که در تصاویر دیده می‌شود در مدل A با افزایش تعداد صفحات تقویتی افقی به دلیل حذف صفحات تقویتی عمودی و توخالی بودن صفحات افقی، استحکام سازه حفظ شده و فضای لازم جهت حرکت سکان داخلی فراهم گردیده، مدل B به فرم رایج سکان تقویت شده با این تفاوت که به دلیل توخالی شدن صفحات تقویتی از تعداد بیشتری استفاده می‌کند. سکان داخلی مانند سکان‌های متداول تقویت می‌شود.

تجهیزات. در این مقاله امکان ارائه کامل مطالعات میدانی در خصوص طرح فوق به دلیل گستردگی مبحث وجود ندارد. لذا در خصوص تجهیزات به ذکر نکات ذیل بسنده می‌شود.

۱- طراحی سیستم هیدرولیکی در خصوص کنترل حرکات تلسکوپی سکان

۲- طراحی سیستم جعبه دنده فرمان و یاتاقان‌های نگه‌دارنده

¹⁴ Semi-Balanced Hinged Rudder (Horn Type)



۳- آببند کردن سکان (برای نمونه می‌توان از هوای فشرده جهت جلوگیری از نفوذ آب به داخل در زمان باز و بسته شده استفاده کرد، یا آببندهای مناسبی طراحی گردد)

۴- محاسبات هیدرودینامیکی و مانورپذیری سکان تلسکوپی

در مقاله حاضر تنها با استناد به مراجع و اطلاعات تجربی و آزمایشگاهی ارائه شده در کتاب‌ها و مقالات، اثرات هیدرودینامیکی و مانورپذیری سکان تلسکوپی بررسی گردیده است.

نیروی لیفت و درگ تولید شده توسط سکان از روابط زیر بدست می‌آید: [۳]

$$L_r = \frac{1}{2} \rho U_r^2 A_r \Lambda \delta_r$$

$$D_r = \frac{1}{2} \rho U_r^2 A_r \frac{\Lambda^2 \delta_r^2}{\pi a_e}$$

$$\Lambda(a) = \frac{\partial C_{L_f}}{\partial \alpha_f} = \frac{1.8\pi}{1 + \frac{2.8}{a}}$$

که δ_r تغییر زاویه سکان، Λ شیب منحنی لیفت مبتنی بر ضریب منطری موثر، a ضریب منطری و a_e ضریب منطری موثر^{۱۵} سکان $EAR = \mu \cdot \lambda = f(d/b) \cdot \lambda$ است که d فاصله ریشه سکان تا بدنه و b ارتفاع سکان است.

همانطور که ملاحظه می‌شود افزایش ارتفاع سکان به میزان ۵۰٪، با فرض ثابت ماند طول وتر سکان، حدوداً افزایش

۵۰ درصدی نیروی لیفت را به همراه خواهد داشت $A_r = \bar{b} \times \bar{c}$ ، همچنین ضریب منطری، افزایش یافته $\lambda = \frac{\bar{b}}{\bar{c}}$ و

باز تاثیر مثبت بر روی شیب منحنی لیفت Λ و کاهش نسبی نیروی درگ خواهد داشت.

محاسبات نیروهای لیفت و درگ، توزیع فشار و ضرایب هیدرودینامیکی با استفاده از روش عددی المان

مرزی در حالت دو بعدی و سه بعدی نیز صورت گرفته که در اینجا تنها بخشی از نتایج ارائه می‌شود. شکل (۸) و (۹)

و ارائه کامل نتایج عددی در مقاله دیگری به چاپ خواهد رسید.

¹⁵ Effective Aspect Ratio (EAR)

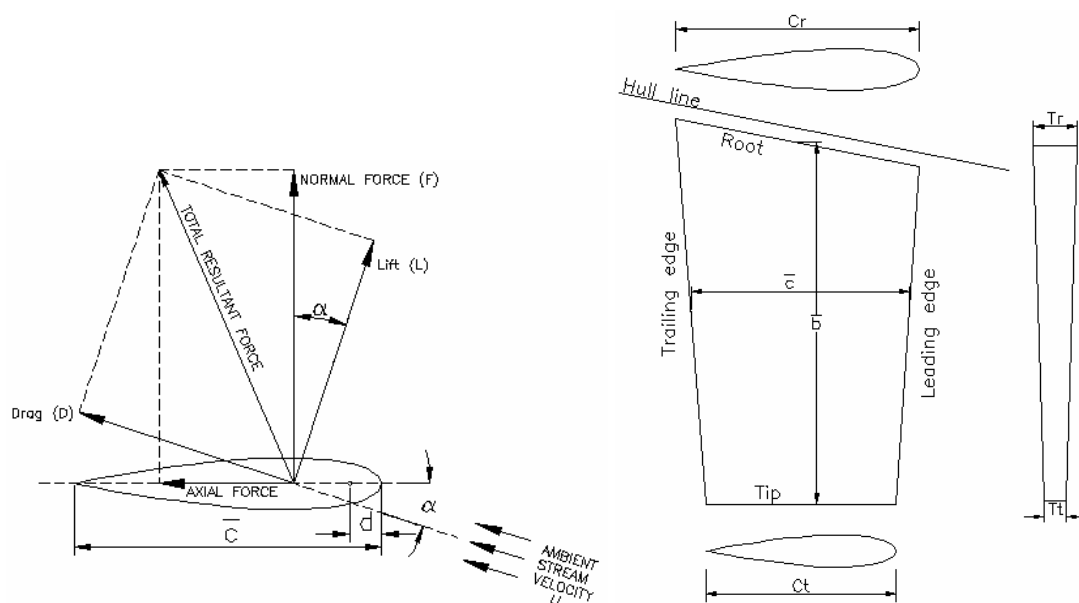
۵- نتیجه گیری

در اینجا با استفاده از نمودارهای (۵) الی (۷) مزیت‌های سکان تلسکوپی بررسی می‌گردد.

۱- شکل (۵): با افزایش ارتفاع سکان، ضریب منظری افزایش می‌یابد و در نتیجه در زوایای کوچک نیروی لیفت زیادی تولید می‌شود. همچنین با افزایش ضریب منظری ضریب نیروی لیفت افزایش می‌یابد. به عنوان مثال با استفاده از نمودار (۵) در زاویه سکان ۱۵ درجه با افزایش ضرب منظری از ۱ به ۵ حدود ۲۰ برابر افزایش در ظریب لیفت خواهیم داشت.

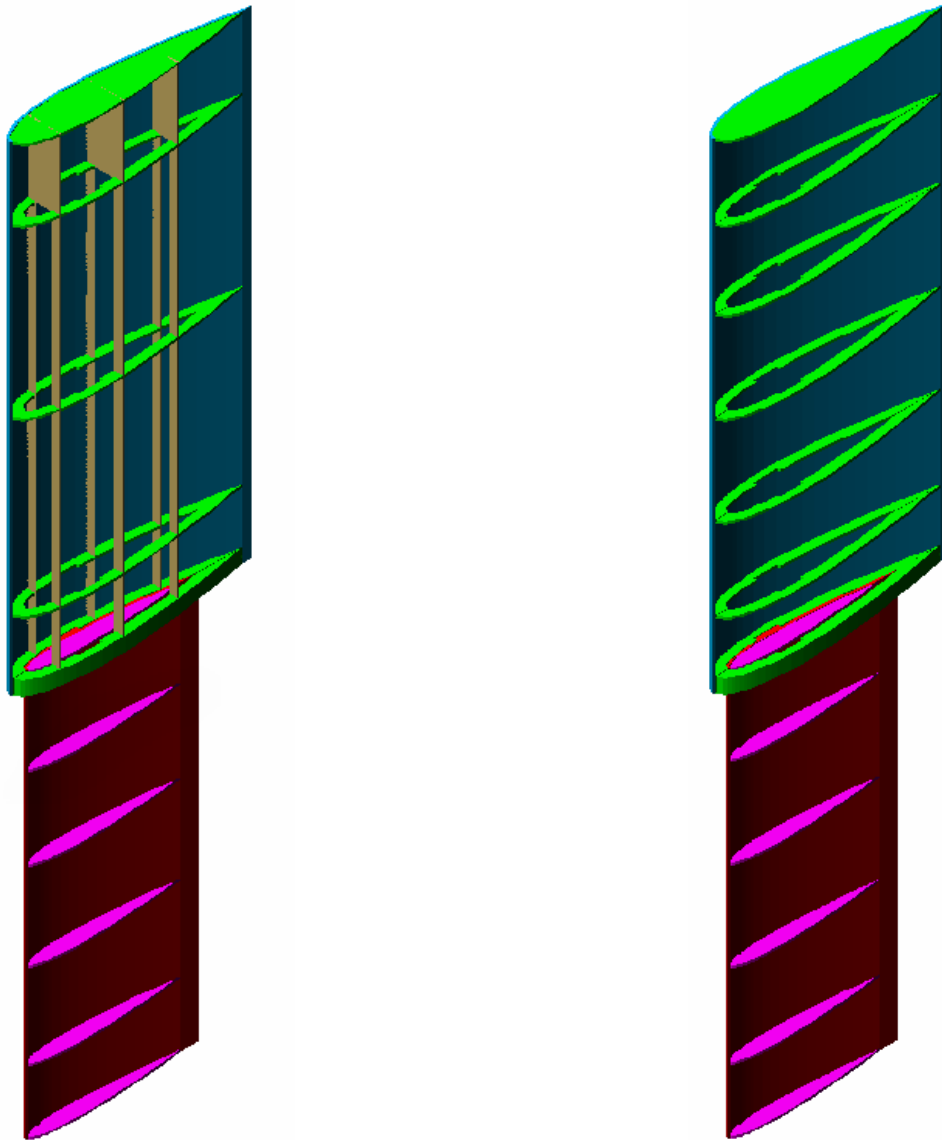
۲- شکل (۶) و (۷): افزایش هر دو مقدار سطح سکان و ضریب منظری منجر به کاهش شعاع چرخش و نیز افزایش معیار پایداری می‌گردد. در شکل (۶) با ثابت گرفتن سطح سکان و افزایش ضریب منظری (که به معنی کاهش طول وتر است) در زاویه سکان ۱۵ درجه، ۲۵٪ افزایش ارتفاع منجر به ۵٪ کاهش در نسبت قطر چرخش به طول کشتی می‌شود. در شکل (۷) با ۱/۵ برابر کردن سطح سکان نسبت قطر دایره چرخش کشتی به طول آن در زاویه ۲۰ درجه ۰/۸ برابر می‌شود.

۳- شکل (۸) و (۹) محاسبات اولیه در خصوص توزیع فشار روی سطح یک سکان همراه با مدل شبکه بندی شده نمونه‌ای از یک سکان تلسکوپی به روش المان مرزی است. نتایج کامل تحقیق در مقاله‌ای منتشر خواهد شد.



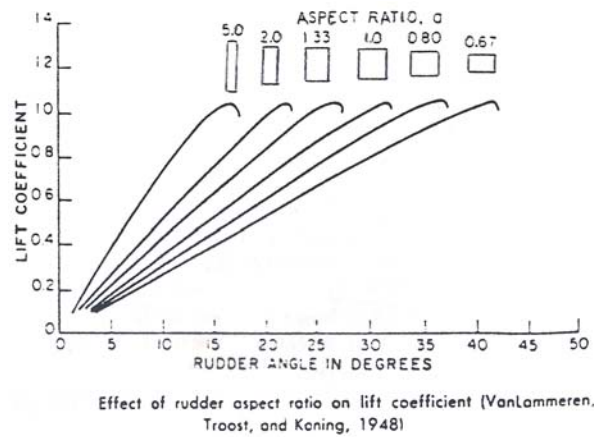
شکل (۱) - ابعاد سکان

شکل (۲) - مولفه‌های نیروی سکان

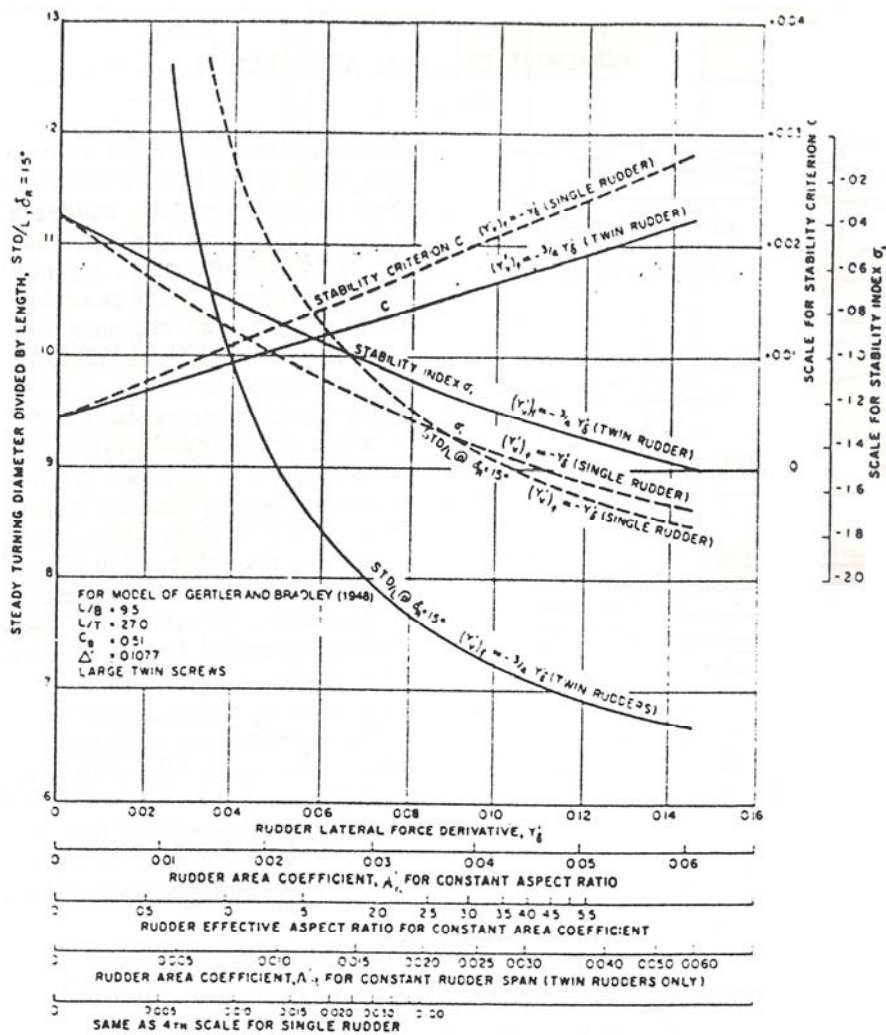


شکل (۳) - سکان تلسکوپی - مدل A

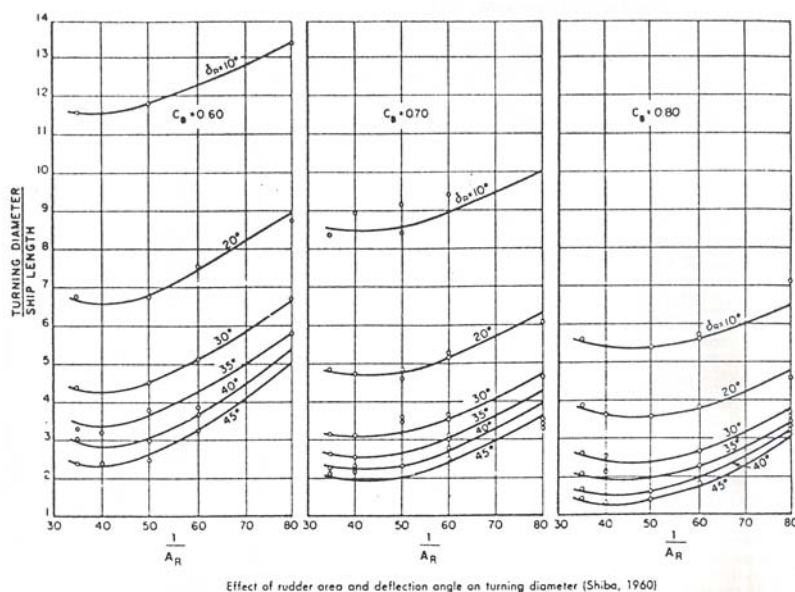
شکل (۴) - سکان تلسکوپی - مدل B



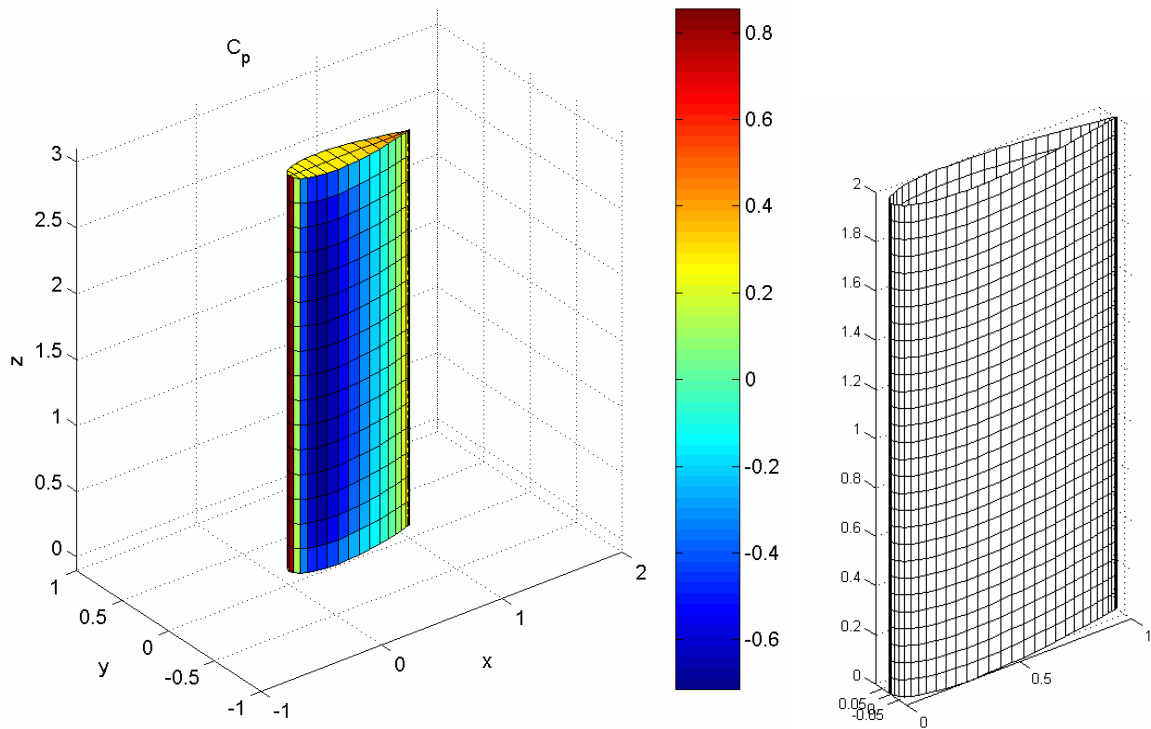
شکل (۵) - تاثیر ضریب منظری بر روی ضریب لیفت [۱]



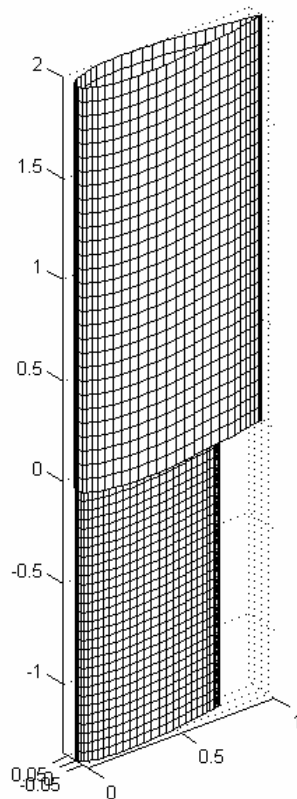
شکل (۶) - تاثیر سطح سکان و ضریب منظری بر مانور دور زدن [۱]



شکل (۷) - تاثیر سطح سکان بر مانور دور زدن در زوایای مختلف سکان [۱]



شکل (۸) – المان بندی سکان سه بعدی و توزیع ضریب فشار روی سطح سکان در زاویه حمله صفر و $U_\infty = 1$



شکل (۹) – المان بندی سکان تلسکوپی سه بعدی



مراجع

- 1- Edward V. Lewis, Editor, "Principles of Naval Architecture, Volume.III, Motion in Wave and Controllability", Published. By SNAME 1989
- ۲- زراعتگر حمید ، "فرمان و قابلیت مانور کشتی" دانشکده مهندسی کشتی سازی و صنایع دریایی، دی ۱۳۸۳
- 3- Edward M. Lewandowski, "The Dynamics of Marine Craft: Maneuvering and Seakeeping", World Scientific Pub. Co. 2004
- 4- Hamid Zeraatgar, S.Ehsan Ghaziasgar. "Degradation of Rudder Performance in Sea Waves". 16th International Conference on Hydrodynamics in Ship Design & 3rd International Symposium on Ship Manoeuvring. Gdansk - Ostroda, Poland Sep. 2005.