هشتمین همایش صنایع دریایی
۹ لغایت ۱۱ آبانماه ۱۳۸۵
استان بوشهر

# بررسی وضعیت تعادلی هاورکرافت در زمان پرتاب موشک در حالتهای مختلف وزنی

**کامبیز عالم پور[۱] ، علی دهقانیان[۲] ، کاووس زارع[۳]**

دانشگاه صنعتی مالک اشتر ،مجتمع دانشگاهی علوم و فناوری دریایی ،پژوهشکده هوادریا

alempour@yahoo.com

## چکیده :

هاورکرافت (Hovercraft) شناوری دوزیسته است که با استفاده از بالشتک (Skirt) بر روی سطوح آبی- خاکی حرکت مینماید. این شناور بالشتک هوایی (Air Cushion Vehicle) دارای قابلیت‌های فراوان در زمینه انجام مانورهای دریایی و عملیات ساحلی میباشد. گستردگی محدوده عملیاتی هاورکرافت درآبهای کم عمق مناطق باتلاقی،شنزارهاومردابها نیز از اهمیت به سزایی برخوردار می باشد . باوجود هاورکرافت عملیات ساحلی وگشت در نواحی کم عمق تسهیل شده واین وسیله می تواند براحتی در سواحل کم عمق نیز تردد نماید. استفاده از موشکهای کوتاه برد در این شناور مورد توجه کارشناسان بوده و می توان از این سلاح در هاورکرافتهای کلاس سنگین استفاده نمود. در این مقاله ضمن تحلیل ویژگیهای ساختاری هاورکرافت و محدودیتهای موجود تغییرات مومنتوم و روشهای کنترل پذیری شناور در زمان پرتاب موشک مورد تحلیل قرار گرفته است . از نتایج بدست آمده در زمینه کنترل پذیری این شناور می توان در راستای طراحی هاورکرافتهای نظامی و مجهز به سیستمهای دفاعی پرتاب موشک استفاده نمود.

۱- کارشناس ارشد مهندسی دریا - مجتمع دانشگاهی علوم و فناوری هوادریا -دانشگاه صنعتی مالک اشتر
۲- کارشناس ارشد مهندسی دریا - مجتمع دانشگاهی علوم و فناوری هوادریا -دانشگاه صنعتی مالک اشتر
۳- کارشناس ارشد تبدیل انرژی - عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر- دفتر طرحهای هیدروآئرواستاتیک

Archive of SID
www.SID.ir

**کلمات کلیدی:** هاورکرافت - سلاح- موشک - کنترل

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Y$ | میزانheave | $K$ | سختی | $I_0$ | ممان اینرسی بدنه | $\Delta t$ | زمان اعمال نیروی شلیک |
| $\theta$ | زاویه انحراف | $L_i$ | مکان سختی | m | جرم شلیک | $F$ | برایند نیروهای خارجی |
| $C$ | دمپر | $M_0$ | جرم بدنه | V | سرعت شلیک | $d$ | محل اعمال برایندنیروها |
| $M$ | ممان برایند خارجی | $l_m$ | محل قرارگیری جرم شلیک | $F_V$ | نیروی شلیک | | |

## مقدمه

وسائل نقلیه بالشتک هوایی(Air Cushion Vehicle) یکی از پیشرفته ترین طرحهای شناورهای دریایی هستند که قابلیت عبور از موانع و سطوح آبی _خاکی را دارا می باشد.این شناور اثرسطحی دارای قابلیت‌های فراوان در زمینه انجام مانورهای دریایی و عملیات ساحلی می باشد [۱].شکل (۱) نمای کلی از یک هاور کرافت را نشان می دهد. همانگونه که ملاحظه می گردد هوای ورودی به سیستم از طریق یک فن به زیر سازه و بالشتکها منتقل شده و سبب هاورینگ سیستم میگردد و با استفاده از سیستم رانش و ملخ هوایی هاورکرافت به حرکت در می آید. به سبب جدایی سطح و هاورینگ کل بدنه استفاده از سیستمهای رانش آبی نظیر واتر جت(WaterJet) و موتورهای آب خنک میسر نمی باشد[۲]. سیستمهای کنترلی خاصی در این شناورها در نظر گرفته شده که در سایر شناروهای دریایی وجود نداشته و به صورت انحصاری طراحی گردیده است . پس از گذشت دهه ۱۹۶۰ شتاب فزاینده ای در زمینه طراحی وساخت هاورکرافت بوجودآمد و بسیاری ازکشورهای پیشرفته صنعتی هزینه های هنگفتی را درزمینه طراحی وساخت این شناورمتقبل شدند[۳].عبور هاورکرافت ازروی موانع وسطوح آبی- خاکی واقعا" حیرت انگیزبودو مسئولین نظامی رابه استفاده همه جانبه ازاین شناورنوظهور ترغیب می نمود.ناظران نظامی وکارشناسان نقش انکارناپذیر هواناو را درمعادلات نظامی تحسین می کردندواین خود دست آویزی برای تولید هواناوهای بزرگتروپیچیده تر شد(شکل ۲). ویژگی بارز هاورکرافت در خصوص حمله های ناگهانی وانجام عملیات واکنش سریع کتمان ناپذیر است.یک هواناو درشرایط برابرتا ۲/۵ برابریک شناورسریع السیر قادربه حرکت می باشدواین به معنای برتری نظامی واستیلای عملیاتی درجریان نبردهای دریایی,پشتیبانی رزمی و پرتاب موشک است[۴]. گستردگی محدوده عملیاتی هاورکرافت درآبهای کم عمق مناطق باتلاقی،شنزارهاومردابها نیز از اهمیت بسزایی برخوردار می باشد . به عقیده تمامی کارشناسان نظامی ویژگی بارز هواناو گذر از مرحله خطرناک نوار ساحلی در کمترین زمان ممکن است و با

Archive of SID
www.SID.ir

بکار گیری هاورکرافت میزان تلفات انسانی به اندازه قابل ملاحظه ای کاهش یافته و درصد موفقیت در تک تهاجمی افزایش می یابد. در بسیاری از آبراههای پر تردد و مناطق جزیره ای امکان مخفی شدن هواناو از دید رادار بسیار زیاد است و در این مواقع با جابجایی سریع هواناو وشلیک موشکهای سطح به سطح می تواند خطوط دفاعی دشمن را به صورت کامل مورد هجوم قرار دهد(شکل ۳). شلیک موشک توسط هواناو به نوار ساحلی خطوط دفاعی دشمن را دچار اغتشاش نموده ودر صورت پشتیبانی منسجم میتواند نقش فزاینده ای را در پیروزیهای تهاجمی ایفا نماید[۵].

## توانمندیهای هاورکرافت و قابلیتهای عملیاتی

هاورکرافت به سبب ویژگیهای خاص طراحی دارای توانمندیهای خاص در زمینه های مختلف می باشد. هواناو با پرواز بر روی بستردریا براحتی از تمامی این موانع عبور میکند و سرعت بسیاربالای این شناور پروازی در بسیاری از موارد رادارهای دشمن را گمراه میسازد و امکان شناسایی را از بین میبرد. هواناوها در زمینه حمل بار وپشتیبانی عملیات نیز از نقش حائز اهمیتی برخوردار میباشند.هواناوهای سنگین به راحتی تانکهای رزمی را در هر نقطه از ساحل پیاده میکنند ودهها سرباز با کمک تجهیزات زرهی به پیشروی ادامه میدهند. به طور خلاصه توانمندیهای هاورکرافتهای کلاس متوسط را می‌توان به شرح زیر برشمرد[۶].

- انجام عملیات پشتیبانی و لجستیک در رزم‌دریایی، خصوصاً در مناطق باتلاقی، لجن‌زار، آبراههای ناشناخته، مناطق کم عمق و مردابهای پوشیده از گیاهان دریایی و نیزار
- انجام عملیات گشت ساحلی، مبارزه با قاچاقچیان و انجام عملیات تعقیب و گریز از نواحی کم عمق دریایی تا قسمتهای زیادی از نوار ساحلی
- انجام عملیات رزمی و پرتاب موشک های با برد متوسط به خطوط دفاعی دشمن و از بین بردن نوار دفاعی
- انجام عملیات امدادرسانی در خصوص حوادث غیرمترقبه (به ویژه سیل و آب گرفتگی) و کمک به مصدومین انجام انجام
- عملیات مین گذاری و مین روبی در سطح آبراههای بین‌المللی و تنگه‌های پر تردد

Archive of SID
www.SID.ir

## معادلات حاکمه

جهت بررسی معادلات مربوط به پرتاب موشک در هاورکرافت شرایط اولیه را به صورت زیر تعریف می گردد.شکل(۴)

۱- هواناو به صورت یک صفحه که دارای قابلیت حرکت عمودی (Heave)و انحراف طولی (Pitch)میباشد در نظر می گیریم و با این فرض شرایط بررسی مسئله در مدل دو بعدی فراهم می گردد[۷].

۲- در زمان پرتاب موشک هاورکرافت تحت اثر نیروی خارجی Fدر فاصله dاز مرکز ثقل هاورکرافت(Cg) به همراه ممان Mخارجی قرار می گیرد.

۳- بالشتک هاورکرافت و دامن به صورت یک مجموعه نامحدود از فنر-دمپر در نظر گرفته می شود که در فواصل Liاز محورمختصات قرار گرفته اند که می توان در ساده ترین حالت آن این مجموعه را به صورت یک مجموعه سه تایی از فنر-دمپر در نظر گرفت.

۴- از تغییرفرم بدنه در برابر تغییر شکل بالشتک صرفنظر شده است.

۵- جرم شلیک برابر mکه در فاصله Lmاز مرکز ثقل قرار گرفته است.

۶- مولفه عمودی شلیک فقط در نظر گرفته شده است واز تاثیر بقیه مولفه ها صرفنظر می گردد.

۷- هاورکرافت را به صورت جرم$M_0$با ممان اینرسی $I_0$در نظر می گیریم.

به طور کلی بالشتک و هوای زیر هاورکرافت را به صورت یک سری فنر-دمپر مدل می کنیم که نسبت به محور مختصات مستقر در روی CGبدنه هاورکرافت در فواصل معین قرار می گیرند[۸]. mجرم گلوله ای است که شلیک می شود ودر فاصله Lmاز محور مختصات قرار گرفته است . سیستم تحت اثر یک نیروی Fدر فاصله dاز مبدا مختصات وممان Mکه می توان اثرات نیروهای خارجی را نیز در آن لحاظ نمود.جهت مدلسازی بالشتک را به صورت سه فنر- دمپرکه در ابتدای هاورکرافت ،روی CG، و انتهای هاورکرافت قرار گرفته اند در نظر می گیریم که جرم گلوله ای معادل ۳۰کیلوگرم را با سرعت اولیه ۹۰متربرثانیه شلیک می کند.طول بدنه ۱۰/۶متر می باشد.

جهت ارزیابی حالتهای متفاوت شلیک ۲۷ حالت مجزا در نظر گرفته شده است. این حالتها شامل سه حالت متفاوت وزنی و وسه مکان متفاوت شلیک موشک و سه حالت متفاوت مرکز ثقل می باشد. مکان اول پرتاب در ناحیه سینه شناور و مکان دوم در ناحیه مرکز ثقل و مکان سوم در ناحیه پاشنه می باشد. نتایج نهایی معادلات حاکم بر حرکت heaveرا قبل از شلیک می توان به صورت زیر نوشت.

Archive of SID
www.SID.ir

$$(M_0+m)\ddot{Y}+(\sum_{i=1}^{n}C_i-\frac{ml_m\sum_{i=1}^{n}C_il_i}{I_0+ml_m^2})\dot{Y}+(\sum_{i=1}^{n}K_i-\frac{ml_m\sum_{i=1}^{n}K_il_i}{I_0+ml_m^2})Y+(\sum_{i=1}^{n}C_il_i-$$
$$\frac{ml_m\sum_{i=1}^{n}C_il_i^2}{I_0+ml_m^2})\dot{\theta}+(\sum_{i=1}^{n}K_il_i-\frac{ml_m\sum_{i=1}^{n}K_il_i^2}{I_0+ml_m^2})\theta=(1-\frac{ml_md}{I_0+ml_m^2})F-(\frac{ml_m}{I_0+ml_m^2})M+ \quad (۱)$$
$$\left[(M_0+m)g-\frac{m^2gl_m^2}{I_0+ml_m^2}\right]$$

و برای حالت Pitch در معادله (۲) خواهیم داشت.

$$(I_0+ml_m^2)\ddot{\theta}+(\sum_{i=1}^{n}C_il_i^2)\dot{\theta}+(\sum_{i=1}^{n}K_il_i^2)\theta+(\sum_{i=1}^{n}C_il_i)\dot{Y}+(\sum_{i=1}^{n}K_il_i)Y=(d).F+(1).M+(mgl_m) \quad (۲)$$

در هنگام شلیک، ناگهان جرم m از سیستم کاسته میشود، ضمن آنکه نیروی برابر $F_v=\frac{mV}{\Delta t}$ در فاصله $L_m$ بر اثر شلیک به صورت Pulse بر سیستم وارد می شود و میزان Heaveو Pitchشناور و سرعتهای آن مورد ارزیابی قرار می گیرد. در این حالت معادلات نهایی حاکم بر دینامیک سیستم برای حرکت Heave بصورت زیر خواهد بود.

$$(M_0)\ddot{Y}+(\sum_{i=1}^{n}C_i)\dot{Y}+(\sum_{i=1}^{n}K_i)Y+(\sum_{i=1}^{n}C_il_i)\dot{\theta}+(\sum_{i=1}^{n}K_il_i)\theta=F+M_0g+l_m.F_V \quad (۳)$$

برای حالت Pitch معادلات بصورت زیر تغییر می کند.

$$I_0\ddot{\theta}+(\sum_{i=1}^{n}C_il_i^2)\dot{\theta}+(\sum_{i=1}^{n}K_il_i^2)\theta+(\sum_{i=1}^{n}C_il_i)\dot{Y}+(\sum_{i=1}^{n}K_il_i)Y=(d).F+(1).M+l_m.F_v \quad (۴)$$

در این معادلات مقدارعددیCبرابر ۹۵۱۲و مقدار عددی k برابر ۱۹۹۹۸در نظر گرفته شده است.

## نتیجه گیری:

ارزیابی حالتهای پرتاب موشک در نواحی متفاوت هاورکرافت بر اساس پرتاب از ناحیه جلویی، مرکز ثقل و پاشنه در شکل (۵) ارائه گردیده است. مشاهده می گردد که در این حالتها تاثیرعمد ه ای بر حرکت عمودی هاورکرافت (Heave)نداشته ,اما در رابطه با زاویه انحراف طولی شناور به مقادیر قابل ملاحظه ای بر می خوریم. مشاهده می گرددزمانی که شلیک از عقب صورت پذیرفته ،بدنه ناگهان به سمت عقب می رود ودر شلیک از جلو ، عکس حالت فوق رخ می دهد،اما میزان تاثیر شلیک در هنگامی که از روی Cgاست ناچیز می باشد.در شکل (۶)

Archive of SID
www.SID.ir

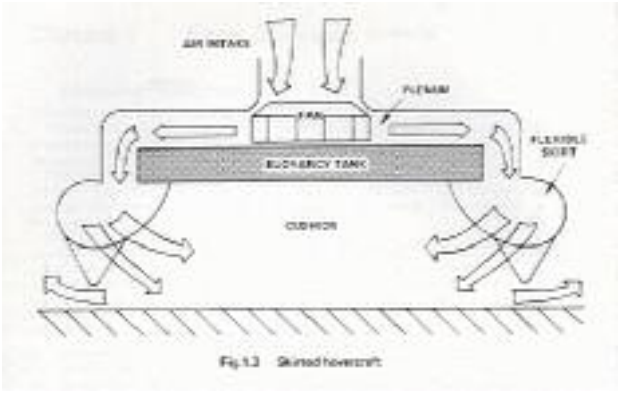
نمودارهای Have,Heave Speed,Pitch Speed, Pitchبر حسب زمان در حالت شلیک از ناحیه جلویی هاورکرافت با وزنهای متفاوت و موقعیت مرکز ثقل ثابت نمایش داده شده است. همانگونه که ملاحظه می گردد با افزایش وزن بدن شناور از اثرات مربوط به شلیک موشک کاسته می شود. در شکل (۷) نمودار های Heave,Heave Speed,Pitch Speed,Pitchبر حسب زمان در حالت شلیک از ناحیه جلویی هاورکرافت جهت وزن ثابت و سه تغییر مکان مرکز ثقل نمایش داده شده است و بررسی تغییرات مرکز ثقل در زمان پرتاب موشک صورت پذیرفته است. در این حالت مشاهده می شود که با پس رفت مرکز ثقل و افزایش فاصله بین مرکز ثقل تا مکان پرتاب موشک تغییراتHeave وPitch افزایش می یابد. بررسی تمامی حالتهای پرتا ب موشک نشان میدهد که می بایست نصب موشک بر روی هاورکرافتهای سنگین تر صورت پذیرفته تا از اثرات مربوط به پرتاب موشک کاسته شود و در غیر اینصورت شاهد تغییرات شدید حرکتی و دینامیکی در زمان پرتاب موشک می باشیم . ضمن آنکه می بایست در طراحی سیستمهای پرتاب موشک نزدیکترین فاصله به مرکز ثقل را مد نظر قرار داد و یا آنکه در هر مرحله با جابجایی سوخت و مکانیزمهای بالانس مرکز ثقل را به مکان پرتاب موشک نزدیک نمود. . از نتایج بدست آمده می توان در خصوص طراحی سیستمهای سلاح شناور های اثر سطحی بالشتک دار استفاده نمود و از نتایج تحلیلی ارائه شده , در راستای بهینه سازی طراحی مفهومی شناور های اثر سطحی بهره جست.

## مراجع :

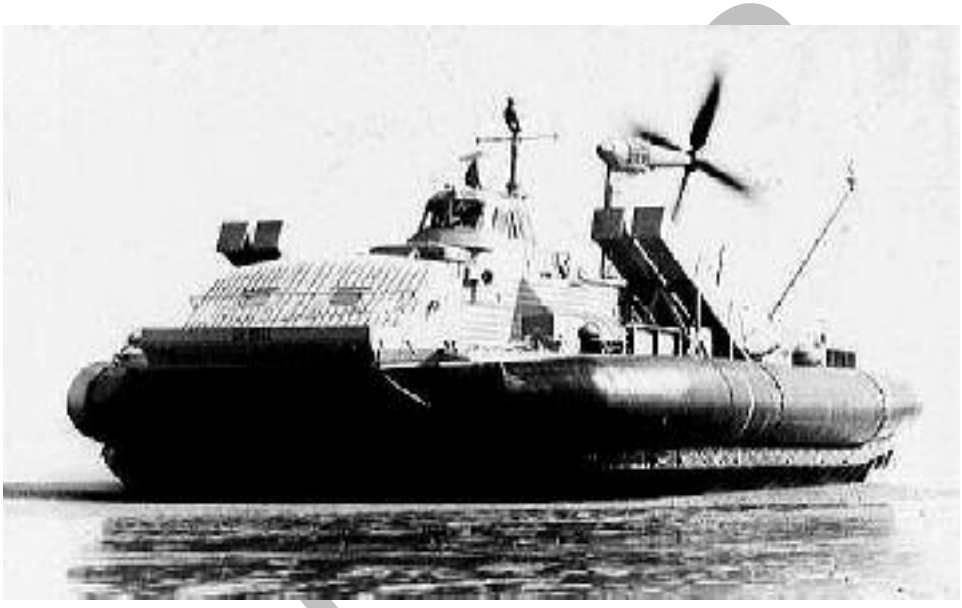
[1] John W.wood/Hovercraft and Hydrofoil/Bland ford press/England/1976 .
[2]G.H.Elesey/Hovercraft Construction and Design/Newton ABBOT,British Hovercraft corporation/England/1968 .
[3] N.B Plisov, Hovercraft Motion on The Sea Leningrad State Marine University/3 Edition/1994 .
[4] John Barham/Priliminary Design of Hovercraft Air Cushion Vehicles Vol 1/ Canada/December 1985 .
[5] R.A.Blek/Russian Safety Regulation for dynamically supported craft Russian Register/Moscow 1990 .
[6] Janes High Speed Marine Craftr and Air Cushion Vehicle/London/January 1980.
[7]peter J.Mantel/air Cushion Craft Development first Revision,/Bethesda/ Maryland/ January.
[8] L.Yuan/Theory and design of cushion vehicle/Arnold/London/2000 .

Archive of SID

www.SID.ir



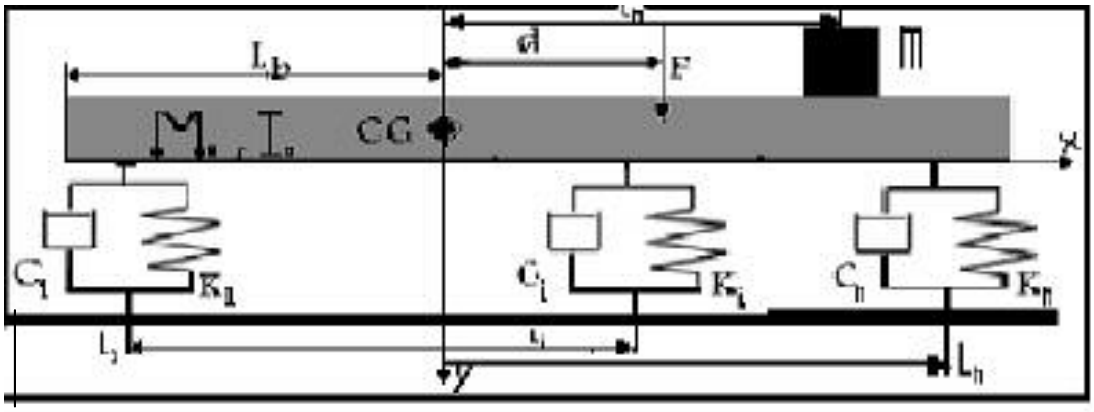

شکل(۱): ساختار سیستماتیک و شماتیک عملکرد هواناو



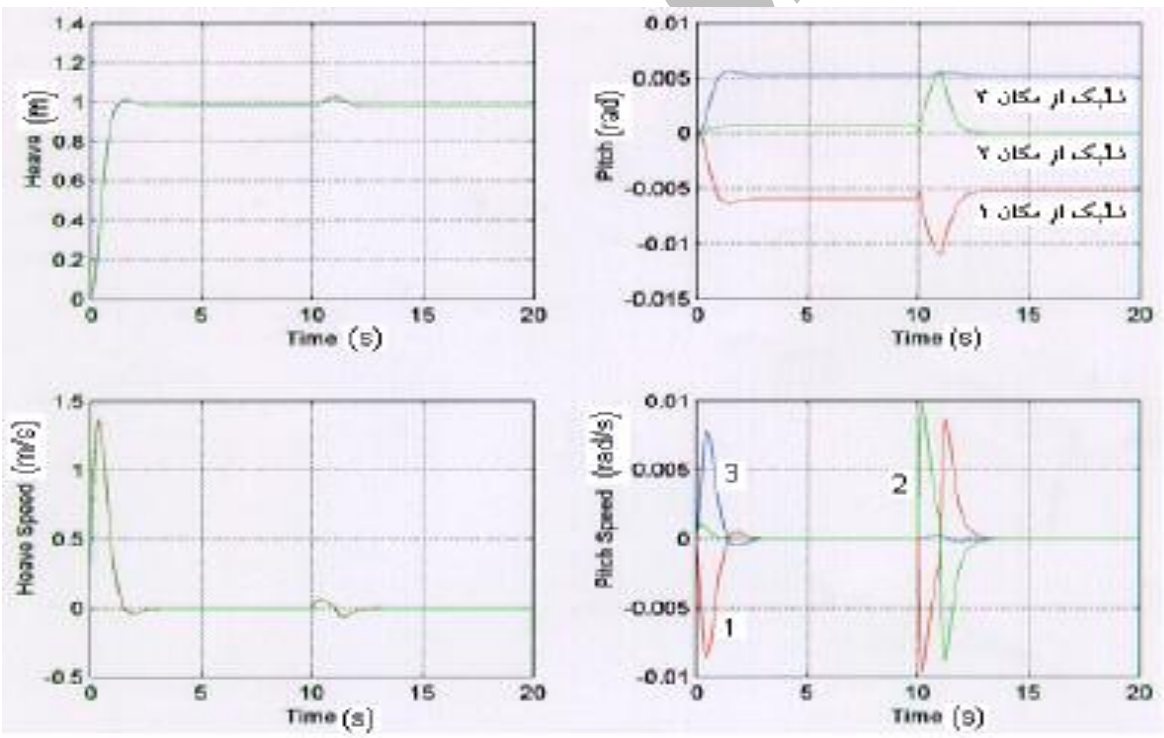
شکل (۲): نمایی از هاورکرافت BH-7همراه با لانچر پرتاب موشک

شکل (۳): هواناو LCACدر حال پرتاب موشک

www.SID.ir



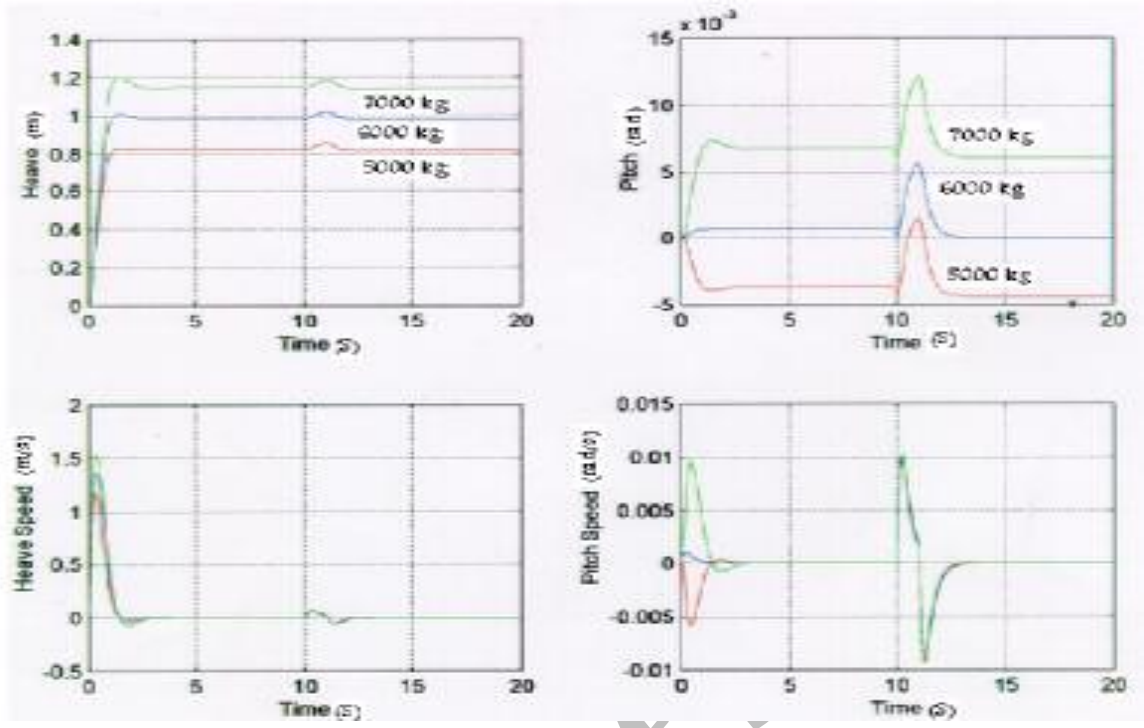

شکل(۴):نحوه مدلسازی سیستم تعلیق بالشتک در هاورکرافت



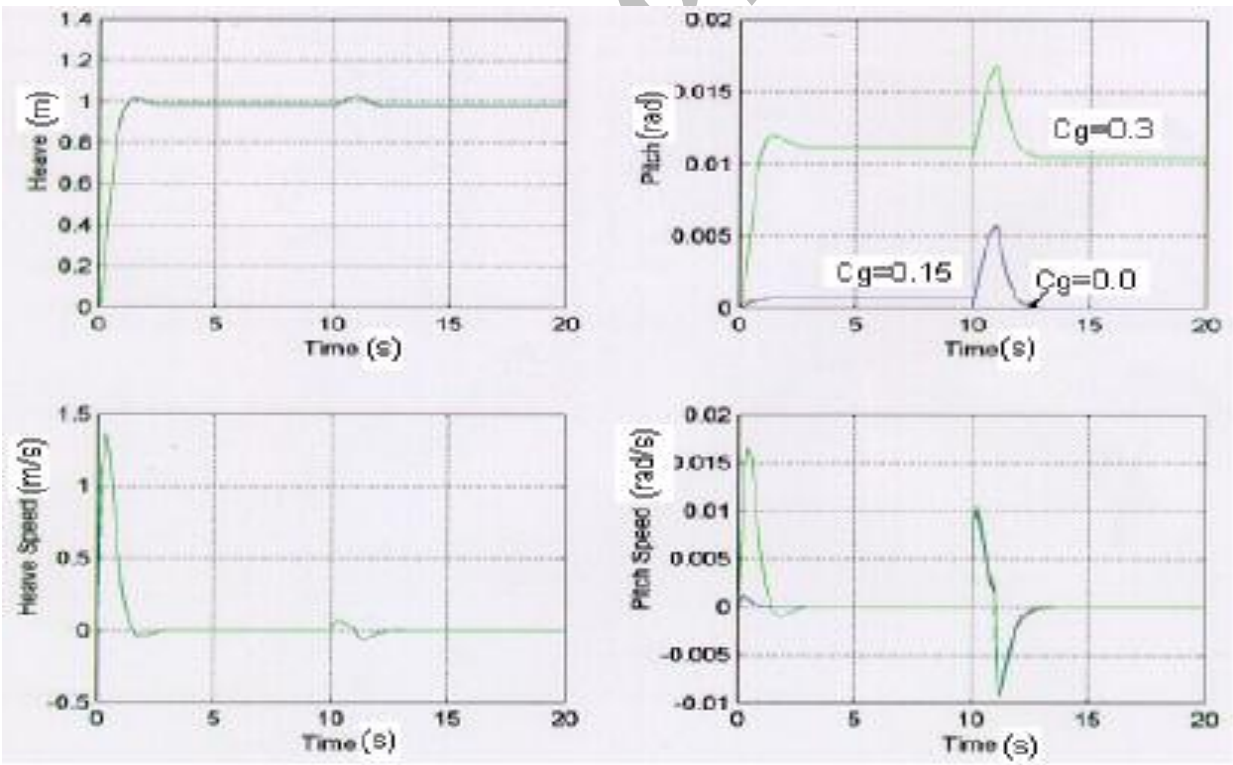

شکل(۵)نمودار های Heave,Heave Speed,Pitch Speed,Pitchبر حسب زمان در حالت شلیک ازسه ناحیه

هاورکرافت با وزن ثابت و مرکز ثقل ثابت

www.SID.ir




شکل(۶)نمودار های Heave,Heave Speed,Pitch Speed,Pitchبر حسب زمان در حالت شلیک از ناحیه جلویی هاورکرافت با وزنهای متفاوت وCg=0.15




شکل(۷)نمودار های Heave,Heave Speed,Pitch Speed,Pitchبر حسب زمان در حالت شلیک از ناحیه جلویی هاورکرافت جهت وزن ثابت و سه تغییر مکان مرکز ثقل

www.SID.ir