

## طراحی تراسترهای افقی یک ربات پویسگر زیر دریایی

احمد باقری

دانشیار گروه مهندسی مکانیک

دانشگاه گیلان

bagheri@guilan.ac.ir

سارا حلاجی ثانی

دانشجوی مهندسی مکانیک

دانشگاه گیلان

سالار بصیری

دانشجوی ارشد مهندسی مکانیک

دانشگاه گیلان

salarbasiri63@yahoo.com

### چکیده

در این مقاله طراحی تراسترهای حرکت افقی یک ربات پویسگر زیر دریایی مورد بررسی دقیق قرار گرفته است. نیروهای تأثیر گذار بر دینامیک حرکات پیشرونده اعم از شناوری، کابل، جرم اضافه شده و همچنین توان مورد نیاز برای انجام هدف توسط معادلات دیفرانسیلی حاکمه تعیین و ارایه گردیده است. مدلسازی حرکت افقی و قایم جهت پیشنهاد یک تراستر مناسب برای ایجاد حرکت لازم انجام شده و نتایج با ارایه تغییرات موزون ضریب پسا معتبر شده است.

**کلمات کلیدی:** ROV - CFD - پیشران - سیال تراکم ناپذیر - مدل دینامیکی

### مقدمه

با توجه به منابع دریایی و ضرورت استفاده از فضای دریا و بستر آن، ساخت وسیله ای که بتواند اطلاعات مورد نیاز انسان را به نحو مطلوب به او برساند از دیرباز مورد توجه محققان بوده است [۱ و ۲].

بهبود و افزایش کارایی این تکنولوژی نیازمند افزایش مطالعات مهندسی بر روی تمام اجزای ربات های زیر دریایی جهت انجام عملیات پیچیده تر است. هدف اصلی این مقاله بررسی دقیق عملکرد موتورهای حرکت افقی و انتخاب یک تراستر مناسب برای تامین حرکت افقی می باشد.

### مدلسازی ریاضی

در ابتدا آنالیزها و روابط تحلیلی جهت بدست آوردن نیروهای تأثیر گذار بر دینامیک حرکت عمقی ربات آورده شده و در مرحله بعد با توجه به قوانین شناوری و با استفاده از آنالیز CFD به بررسی نیروهای وارد بر ROV پرداخته شده است.

برای این کار از نرم افزار پیش پردازنده GAMBIT بهره جستیم. پس از بدست آوردن نیروهای وارده، توان مورد نیاز جهت انتخاب یک تراستر مناسب محاسبه گردیده است.

از میان تحلیل های موجود مدلی وجود دارد که میتواند تراسترهای ربات زیر دریایی را که در سرعت کم و تغییرات یکنواخت نیروهای پیشران کار میکنند را مدل کرده و فقط به سرعت دورانی پره ها بستگی دارد [۵].

با توجه به مدل دینامیک ربات معادلات زیر بدست می آید:

$$\text{DragForce: } D = \frac{1}{2} \rho v^2 A \sin \alpha C_D$$

$$\text{LiftForce: } L = \frac{1}{2} \rho v^2 A \sin \alpha C_L$$

$$\text{Force: } F = L \cos(\theta - \alpha) - D \sin(\theta - \alpha)$$

$$\text{Momentum: } M = L \sin(\theta - \alpha) + D \cos(\theta - \alpha)$$

$$V^2 = U^2 + V_p^2 = U^2 + (\pi d \omega)^2$$

$$\text{Coefficient of moving forward speed: } J = \frac{U}{\omega d}$$

$$F = \frac{1}{2} \rho (J^2 d^2 \omega^2 + \pi^2 d^2 \omega^2) \frac{\pi d^2}{4} \sin \alpha (C_L \cos \theta - \alpha) - C_D \sin(\theta - \alpha)$$

$$M = \frac{1}{2} \rho d^2 \omega^2 \frac{\pi}{4} (J^2 + \pi^2) \sin \alpha (C_L \cos \theta - \alpha) - C_D \sin(\theta - \alpha)$$



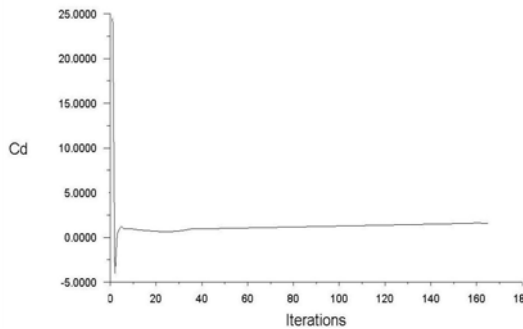
شکل ۱. پویسگر زیر دریایی ROV

استفاده از وسایل و ابزار مهندسی که قابلیت بکارگیری در اعماق آب را دارند و کاربری های متنوع در فضا و بستر دریا را با استفاده از تکنولوژی رباتیک ممکن میسازند، در سالهای اخیر چنان گسترش یافته که توانایی بشر را در بررسی و تحقیق در اعماق دریا متحول نموده است [۳ و ۴].

این ربات شامل یک بدنه اصلی می باشد که موتورها و پایه ها به آن متصل میشوند و در داخل بدنه تجهیزات الکترونیکی، پمپ خلاء و یک مخزن آب جهت ایجاد تعادل و نیروی شناوری جای داده شده است (شکل ۱).

## بحث و نتیجه گیری

با توجه به شکل ۲ که تغییرات Cd برحسب دفعات تکرار نشان میدهد باید در نظر داشت که جهت رسیدن به نتایج قابل اعتماد باید تکرار را بیش از ۱۰۰ مرتبه انتخاب کرد.



شکل ۲. تغییرات Cd برحسب دفعات تکرار

با تکرار ۲۰۰ بار و با استفاده از نتایج بدست آمده، نیروی مورد نیاز هر پیشران و توان لازم جهت ژرف پیمایی را بصورت زیر بدست می آوریم:  
 $P_{thave} = 4.5422 \text{ (watt)}$  ,  $F_{thave} = 15.14103 \text{ (N)}$

منابع:

- [1] V. Rigaud, Robotics state of the art versus subsea intervention, Report of the UNION project D1.2, ESPRIT-BRA, 1994.
- [2] I.D. Bonnon, Rov intervention for effective cable burial-an overview of recent achievements, Oceans 94, vol. 2, Brest, France, 1994, pp.515-520.
- [3] J. Amat, et al., Garbi: The UPC low cost underwater vehicle, Undersea Robotics & Intelligent Control, A joint US/Portugal Workshop, 1995, Lisbon, Portugal, pp. 19-24.
- [4] S.M. Smith, Modular low-cost AUV systems design, Undersea Robotics & Intelligent Control, A joint US/Portugal Workshop, Lisbon, Portugal, 1995, pp. 153-157.
- [5] کریمی، توحید، "طراحی کنترلر برای ربات پویسگر زیرآبی جهت حرکات توأم پیشرونده و عمقی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان، دانشکده فنی، گروه مهندسی مکانیک، (خرداد ۱۳۸۵)
- [6] H.A. Ruhla, P.A. Hastigsa, L.A. Zarubicka, R.M. Jensena, K. Zdiz Population Of Part Foster, Deception Island, Anta Vicinity "Deep-Sea Researches (2003).
- [7] Thor I. Fossen, "Guidance and Control Of Ocean Vehicles", U Trondheim, Norway (1994).

$$\begin{bmatrix} F_{th} \\ M_{th} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n F_i \\ \sum_{i=1}^n r_i \times F_i \end{bmatrix}$$

غیر خطی و وابسته بودن معادلات حرکت رباتهای زیر دریایی محاسبه آنرا در نرخ زمانی مناسب مشکل و زمان بر می سازد. همچنین ضرایب هیدرودینامیکی نیز با زمان و مکان تغییر می کنند و نیز مدلسازی اغتشاشات وارده مشکل و در برخی موارد غیر ممکن می باشد. لذا سرعت حرکت ربات را پایین و ضرایب هیدرودینامیکی را نسبت به مکان و زمان ثابت فرض میکنیم. (این فرضیات برای اغلب شناورهای زیر دریایی صادق است).

با توجه به آزمایش های تانک آب برای ربات با آرایش پیشران مشابه، میزان وابسته بودن حرکات و معادلات ربات میان چرخش  $\theta$  و حرکت افقی قابل اغماض است. همچنین اثرات توأم میان چرخش  $\theta$  و حرکت عمقی نیز قابل چشم پوشی است. بنابراین میتوان حرکات ربات در صفحه افقی را از حرکت عمقی مستقل فرض کرد [۷۶].

## تنظیم شرایط مرزی:

در مدل آماده شده برای پیش پردازنده GAMBIT جهت شبکه زدن و شبیه سازی جریان، تغییراتی ما نند ایجاد یک-کانال مکعبی شکل با حجمی حدود ۱۰ برابر حجم ROV (سعی و خطا) جهت اعمال ورودی ها و شرایط مرزی مختلف اعمال نمودیم که حتی الامکان شرایطی نظیر جریان دوردست را دارا باشد.

## مراحل تحلیل در نرم افزار FLUENT

در مدلسازی جریان فرض بر اینست که جریان گذرنده از روی ROV آرام و یکنواخت دارای سرعت افقی ۰٫۳ متر بر ثانیه است و سیال عبوری یعنی آب در دمای ۲۰ درجه بوده و تراکم ناپذیر است. و پویسگر مورد نظر نیز با سرعت ۰٫۳ متر بر ثانیه در جهت عمودی حرکت میکند. لذا سرعت مسئله ما  $m/s$  ۰٫۴۲ بوده و حرکت ROV خطی میباشد. چون هندسه ROV متقارن و کوچک است، محاسبه گر دو بعدی از نرم افزار انتخاب کرده و در بخش حلال نرم افزار فرمول بندی حل segregated را که برای جریانهای غیر قابل تراکم با سرعت کم، نتایج بسیار دقیقی ارائه میدهد، انتخاب می کنیم. سپس شرایط مرزی را با توجه به فیزیک مسئله برای نواحی مختلف مقدار دهی می کنیم.

