

ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG SỐ NGHIÊN CỨU CẢI THIỆN ĐẶC TÍNH THỦY ĐỘNG LỰC VÀ HIỆU SUẤT ĐẨY CHÂN VỊT TÀU THỦY

Ngô Văn Hệ*

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu về giải pháp nâng cao đặc tính thủy động lực và hiệu suất đẩy cho chân vịt tàu thủy thông qua sử dụng công cụ tính toán mô phỏng số CFD (Computation of Fluid Dynamic). Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết thủy động lực học chân vịt tàu thủy, một giải pháp tối ưu đặc tính thủy động lực và hiệu suất đẩy chân vịt tàu thủy được áp dụng. Một loại chân vịt mới được đề xuất phát triển cho tàu. Tác giả trình bày một số kết quả nghiên cứu, tính toán và so sánh hiệu quả ứng dụng đối với hai trường hợp cụ thể là chân vịt có bánh lái và không có bánh lái đi kèm, chân vịt có khả năng thay đổi bước đặt cánh. Đây là hai điểm quan trọng trong đề xuất phát triển loại chân vịt mới ứng dụng cho tàu không sử dụng nước dẫn. Nghiên cứu cải thiện đặc tính thủy động lực và hiệu suất chân vịt tàu thủy cũng là nghiên cứu nâng cao hiệu quả kinh tế khai thác tàu.

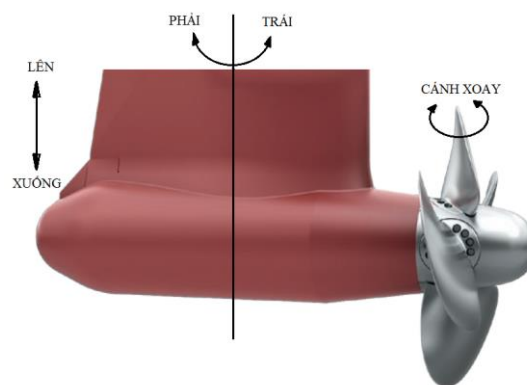
Keywords: Đặc tính thủy động lực, hiệu suất đẩy, chân vịt tàu thủy, CFD, hiệu quả kinh tế

ĐẶT VẤN ĐỀ

Nâng cao hiệu quả kinh tế vận tải đường thủy là một trong những vấn đề quan trọng trong quá trình phát triển kinh tế biển nói chung. Để thực hiện được vấn đề này, bên cạnh những giải pháp hữu ích về quản lý vận hành khai thác dịch vụ vận tải, vấn đề kỹ thuật, nghiên cứu phát triển hiện đại hóa và cải thiện hiệu năng khai thác tàu đối với các đội tàu vận tải cũng là giải pháp quan trọng. Những giải pháp kỹ thuật tác động trực tiếp lên tàu này nhằm mục đích cải thiện đặc tính thủy động lực học cho tàu, giảm sức cản, tiết kiệm nhiên liệu. Đây là cơ sở giúp cải thiện hiệu quả kinh tế khai thác tàu. Trong lĩnh vực kỹ thuật tàu thủy, quá trình thiết kế tàu thường được tối ưu. Mỗi tàu đóng mới đều được tính thiết kế tối ưu về đặc tính kỹ thuật, các tính năng hàng hải và đặc tính kinh tế. Tuy nhiên, sau quá trình khai thác, tính năng của tàu giảm đi, làm giảm hiệu năng kinh tế khai thác tàu. Hiện nay, để cải thiện hiệu năng kinh tế cho tàu có thể áp dụng giải pháp kỹ thuật thường xuyên như bảo dưỡng vỏ tàu, cạo hà, sơn mới tàu nhằm giảm lực cản vỏ tàu, bảo dưỡng máy tàu. Cải thiện đặc tính thủy khí động lực học cho tàu, nhằm giảm lực cản sóng, giảm lực

cản khí động tác động lên tàu [1] [2] [3] [4] [5]. Bên cạnh đó, việc áp dụng những nghiên cứu cải thiện đặc tính thủy động lực học để nâng cao hiệu năng kinh tế khai thác tàu đã được nhiều nước trên thế giới áp dụng. Một trong những giải pháp kỹ thuật được chú trọng là giải pháp nâng cao hiệu năng đẩy cho hệ thống chân vịt tàu thủy [6] [7] [8] [9] [10].

Trong nghiên cứu này, tác giả giới thiệu một số kết quả nghiên cứu về giải pháp cải thiện đặc tính thủy động lực và nâng cao hiệu suất đẩy cho chân vịt tàu thủy, nhằm cải thiện hiệu năng kinh tế khai thác tàu.



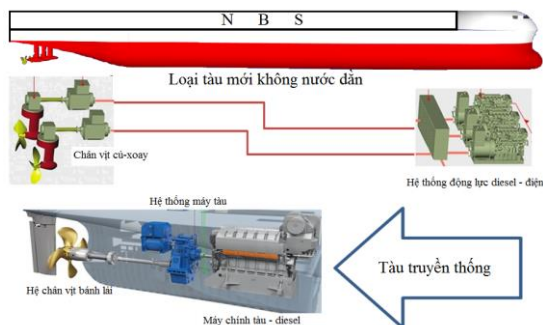
Hình 1. Hệ thống chân vịt củ - biến bước

GIẢI PHÁP CẢI THIỆN ĐẶC TÍNH THỦY ĐỘNG LỰC VÀ HIỆU SUẤT ĐẨY

Trong vấn đề nghiên cứu cải thiện đặc tính thủy động lực học hệ thống đẩy tàu thủy, có

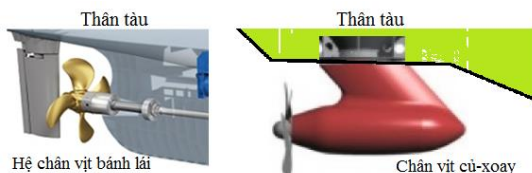
* Tel: 01679 482746, Email: he.ngovan@hust.edu.vn

thể tổng hợp đưa ra một số giải pháp chủ yếu như sau: tối ưu chế độ làm việc của chân vịt, nâng cao sự đồng bộ với đặc tính thủy động học thân tàu, máy chính; tối ưu đặc tính chân vịt, biên dạng, số lượng cánh chân vịt; điều khiển dòng vào, thay đổi tương tác thủy động giữa chân vịt với thiết bị khác như cánh hướng dòng, vòm đuôi, bánh lái hay hệ cánh phụ.



Hình 2. Hệ thống đẩy truyền thống và hệ thống mới sử dụng hệ chân vịt củ xoay

Trong một số nghiên cứu liên quan, nhóm nghiên cứu cùng với tác giả đã thực hiện một số nghiên cứu phát triển loại tàu mới không sử dụng nước dẫn tàu [5] [6] [7]. Với loại tàu mới này, do không sử dụng nước dẫn tàu nên chiều chìm của tàu khá thấp so với các loại tàu thông thường khác. Chính vì vậy, áp dụng giải pháp kỹ thuật sử dụng hệ chân vịt củ xoay đồng thời khắc phục được nhược điểm về chiều chìm thấp của loại tàu mới này. Trên hình 1 thể hiện hệ thống chân vịt củ được đề xuất phát triển ứng dụng trên tàu, với khả năng điều chỉnh được chiều chìm, thay đổi hướng và thay đổi được bước cánh. Hình 2, 3 thể hiện hệ thống đẩy tàu bao gồm hệ chân vịt bánh lái tàu thông dụng và hệ thống thiết bị đẩy sử dụng chân vịt củ xoay biến bước.



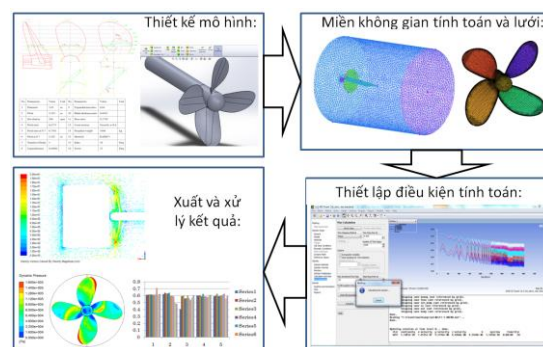
Hình 3. Hệ thống đẩy tàu

Trong nghiên cứu này, giải pháp kỹ thuật nhằm cải thiện đặc tính thủy động lực và hiệu suất đẩy cho chân vịt tàu thủy đưa ra là giảm

ảnh hưởng tương tác giữa chân vịt và bánh lái tàu, sử dụng chân vịt có khả năng thay đổi bước đặt cánh. Những giải pháp này đưa ra nhằm hướng tới phát triển hệ chân vịt củ xoay biến bước ứng dụng cho tàu hàng nói chung.

CÔNG CỤ MÔ PHỎNG CFD TRONG BÀI TOÁN THỦY ĐỘNG LỰC CHÂN VỊT

Trong nghiên cứu này, công cụ tính toán mô phỏng số được ứng dụng để thực hiện khảo sát đặc tính thủy động lực học chân vịt. Trong tính toán mô phỏng số CFD, để thực hiện được bài toán cần thực hiện các bước như sau: thiết kế mô hình tính toán, chia lưới và đặt điều kiện tính toán, thực hiện tính toán và xử lý kết quả bài toán. Hình 4 thể hiện sơ đồ ứng dụng công cụ mô phỏng số CFD tính toán đặc tính thủy động lực học chân vịt tàu thủy.



Hình 4. Sơ đồ thực hiện bài toán CFD

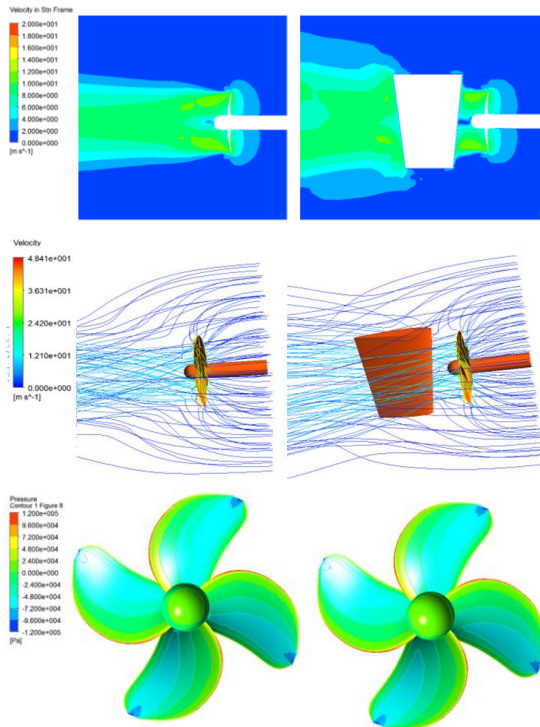
Trong nghiên cứu này, mô hình tính toán được thiết kế là các hệ thống chân vịt tàu thủy. Với mô hình gồm hệ chân vịt tự do và hệ chân vịt có bánh lái, chân vịt thay đổi bước cánh khác nhau. Việc thiết kế các mô hình được thực hiện thông qua các công cụ thiết kế chuyên dụng. Miền không gian tính toán được thiết kế cho bài toán đưa ra dựa trên cơ sở các tài liệu chỉ dẫn sử dụng CFD trong tính toán thủy động lực học tàu thủy [13], [14], đồng thời dựa trên kinh nghiệm của tác giả và tham khảo những kết quả nghiên cứu trong lĩnh vực này ([1]-[12]). Trên cơ sở miền không gian tính toán được thiết kế giới hạn với chiều dài 5D, đường kính 3.5D tương ứng với đường kính chân vịt D, thực hiện chia lưới tính toán với kiểu lưới không cấu trúc được 3.6 triệu lưới với chất lượng phù hợp. Trong bài toán

khảo sát đặc tính thủy động lực chân vịt, mô hình rối k- ϵ được sử dụng, điều kiện tường quay được thiết lập, đầu vào được lựa chọn với vận tốc vào, đầu ra được lựa chọn với áp suất ra. Các thông số kỹ thuật tương ứng với vận tốc dòng vào và tốc độ quay chân vịt được sử dụng tương ứng với bài toán cần khảo sát.

Trên cơ sở các điều kiện tính toán được thiết lập, bài toán được thực hiện chạy trên máy tính. Máy tính sử dụng cho tính toán này có cấu hình Core i7, 2.68Ghz, RAM2Gb. Sau khi quá trình tính toán kết thúc, sẽ thực hiện việc xử lý kết quả và phân tích dữ liệu thu được.

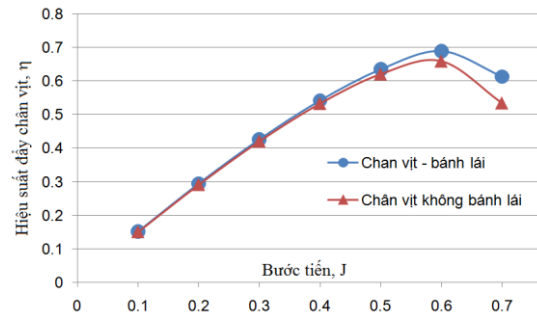
ẢNH HƯỞNG CỦA BÁNH LÁI ĐẾN ĐẶC TÍNH THỦY ĐỘNG LỰC

Trong phần này, ảnh hưởng của bánh lái trong hệ thống chân vịt truyền thống được khảo sát và so sánh với hệ thống chân vịt tự do không sử dụng bánh lái. Hình 5 thể hiện kết quả tính toán mô phỏng phân bố vận tốc và áp suất trong miền chất lỏng khảo sát chân vịt với bánh lái và không có bánh lái.



Hình 5. Phân bố áp suất và dòng bao quanh chân vịt khảo sát, $J=0.5$

Kết quả CFD về phân bố vận tốc và áp suất bao quanh chân vịt trong hai trường hợp khảo sát cho thấy ảnh hưởng của bánh lái trong hệ thống đẩy tàu. Hình 6 thể hiện đồ thị hiệu suất đẩy của chân vịt tương ứng với hai trường hợp khảo sát.



Hình 6. Hiệu suất đẩy của chân vịt

Kết quả trên hình 6 thể hiện hiệu suất đẩy của chân vịt η theo bước tiến J . Trong đó các thông số được xác định phụ thuộc vào số vòng quay của chân vịt n và vận tốc tiến của tàu V_a , các hệ số K_T , K_Q tương ứng là hệ số lực đẩy T và mô men Q .

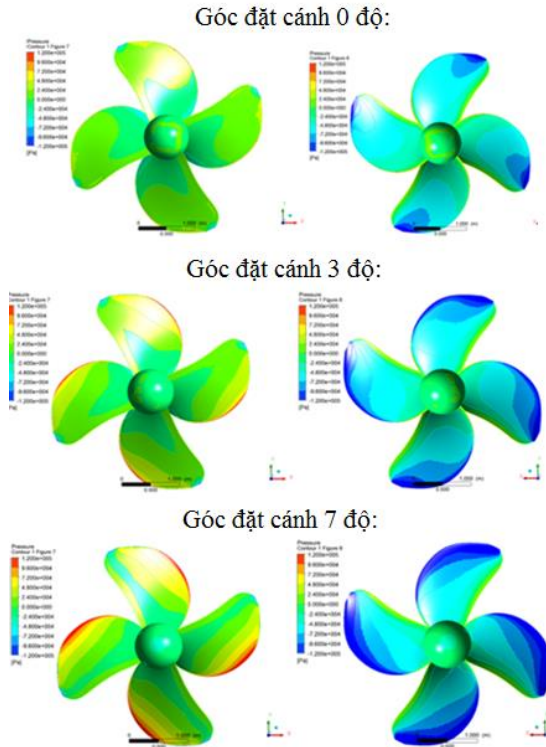
$$K_T = \frac{T}{\rho n^2 D^4}, K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5}, J = \frac{V_a}{nD}, \eta = \frac{K_T \cdot J}{K_Q \cdot 2\pi} \quad (1)$$

Kết quả này cho thấy, trong dải bước tiến nhỏ hơn 0.6 hiệu suất đẩy của chân vịt tự do thay đổi ít so với hệ chân vịt bánh lái. Trong khoảng bước tiến lớn hơn 0.6 hiệu suất của chân vịt tự do có giảm đi so với hệ chân vịt bánh lái, tuy nhiên trên đường đặc tính của chân vịt thì hiệu suất đang giảm dần.

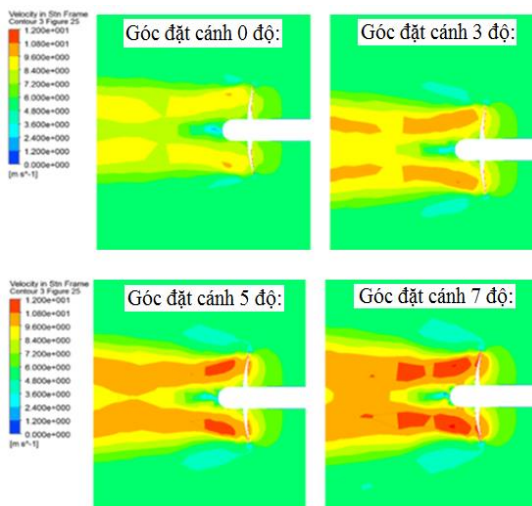
ẢNH HƯỞNG CỦA BƯỚC CÁNH ĐẾN ĐẶC TÍNH THỦY ĐỘNG LỰC

Trong phần này trình bày kết quả tính toán mô phỏng đặc tính thủy động lực học của chân vịt khi thay đổi bước đặt cánh. Đây là loại chân vịt biến bước, việc điều chỉnh bước đặt cánh chân vịt có thể giúp nâng cao hiệu suất đẩy cho chân vịt tương ứng với điều kiện khai thác tàu cụ thể. Với mỗi loại tàu, thường có hai trạng thái khai thác chủ yếu là tàu không hàng và tàu đầy hàng. Do vậy việc điều chỉnh bước chân vịt có thể giúp tiết kiệm được công suất chạy tàu đáng kể trong quá

trình khai thác. Hình 7, 8 thể hiện kết quả phân bố áp suất trên bề mặt chân vịt và vận tốc dòng trong miền khảo sát khi thay đổi bước đặt cánh chân vịt khác nhau.



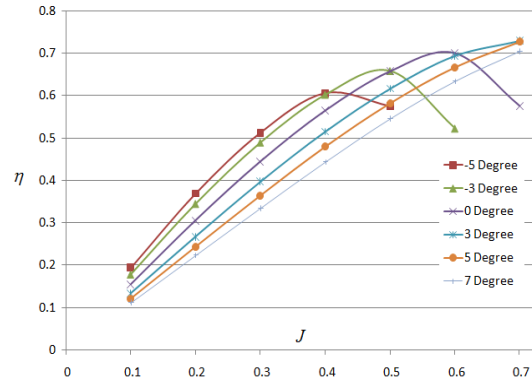
Hình 7. Phân bố áp suất trên bề mặt chân vịt với bước đặt cánh thay đổi, $J=0.5$



Hình 8. Phân bố vận tốc trong miền khảo sát với bước đặt cánh thay đổi, $J=0.5$

Kết quả trên hình 7 và 8 cho thấy rõ sự thay đổi áp suất trên bề mặt cánh chân vịt và vận tốc dòng bao quanh chân vịt khi thay đổi

bước đặt cánh. Hình 9 thể hiện kết quả tính toán hiệu suất đẩy của chân vịt với bước đặt cánh thay đổi khác nhau.



Hình 9. Hiệu suất đẩy của chân vịt khi thay đổi bước đặt cánh khác nhau

Kết quả hiệu suất đẩy của chân vịt cho thấy rõ sự phụ thuộc của bước cánh chân vịt đến hiệu suất đẩy. Khi thay đổi bước đặt cánh, hiệu suất của chân vịt giảm dần tương ứng, tuy nhiên hiệu suất đẩy lại tăng dần theo bước tiến của tàu. Điểm cực đại của đường đặc tính thay đổi đến vị trí có bước tiến lớn hơn và đạt được hiệu suất cao hơn so với bước đặt cánh ở góc độ thấp hơn.

KẾT LUẬN

Trong bài báo này, loại chân vịt củ xoay, biến bước có khả năng điều chỉnh chiều chìm được đề xuất áp dụng cho tàu nhằm cải thiện đặc tính thủy động lực và hiệu suất đẩy cho chân vịt tàu thủy. Thông qua việc sử dụng công cụ tính toán mô phỏng số CFD, đặc tính thủy động lực và hiệu suất của chân vịt được khảo sát với ảnh hưởng của bánh lái và khi thay đổi bước đặt cánh chân vịt. Kết quả nghiên cứu trong bài báo này có ý nghĩa bước đầu trong quá trình nghiên cứu phát triển loại chân vịt củ xoay biến bước nhằm ứng dụng cho đội tàu hàng. Đây là loại chân vịt có tính cơ động cao, có khả năng tiết kiệm công suất chạy tàu trong nhiều trạng thái khai thác khác nhau được đề xuất phát triển ứng dụng cho loại tàu mới không sử dụng nước dẫn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. N.V. He and Y. Ikeda (2013), "A Study on Interaction Effects between Hull and Acc on Air Resistance of a Ship", *Proc. 16th JASNAOE*, Hiroshima, Japan, pp.281-284.
2. K. Mizutani et al. (2013), "Effects of cargo handling equipment on wind resistance acting on a WCC", *Proc. 16th JASNAOE*, Hiroshima, Japan, pp.421-425.
3. Ngo. V.H, Le. T.T, Le. Q, Ikeda. Y (2015), "A Study on interaction effects on hydrodynamic performance of a system rudder-propeller by distant gap". *Proceeding of the 12th International Marine Design Conference*, Tokyo, Japan, pp. 179-193.
4. Ngo. V. H, Le. T. T, Ikeda. Y (2016), "A study on improving hydrodynamic performances of a system rudder and propeller by attaching a fix plate on the rudder". *The 8th Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics - APHydro 2016*, Hanoi, Vietnam, pp.277-284.
5. T. Tatsumi et al. (2011), "Development of a new energy saving tanker with non ballast water - Part 1", *The JSNAOE*, Fukuoka, (2011) 216-218. (in Japanese)
6. N.V. He, Y. Ikeda (2014), "Added resistance acting on hull of a non ballast water ship", *Journal of Marine Science and Application*, Vol. 13 No1, pp. 11-12.
7. N.V.He, (2017), "A study on development of a new concept cargo river ship with reduced resistance acting on hull in calm water", *Journal of Science and Technology*, Vol. 121, pp.89-94.
8. Lee, S. K (2008), "Ice Controllable Pitch Propeller Strength Check based on IACS Polar Class Rule". *Originally presented at the IceTech Conference held July 20 - 23, 2008*, in Banff, Alberta, Canada, pp. 9-15.
9. Ghassemi, H (2009), "The effect of wake flow and skew angle on the ship propeller performance". *Sharif University of Technology*, Vol. 16: p. 10.
10. Wang. Z, Xiong. Y, Qi. W (2012), "Numerical prediction of contra-rotating propellers open water performance". *Journal of Huazhong University of science and technology*, Vol.40, pp.77-88.
11. H.K. Versteeg et al. (2015), "An Introduction to Computational Fluid Dynamics, the Finite Volume Method", *2nd Edition*, Pearson Education.
12. B. Mohammadi, O. Pironneau (1994), "Analysis of the K-epsilon turbulence model", *Wiley & Sons*.
13. ITTC (2011), "The resistance committee", *Final report and recommendations to 26th ITTC*, Vol.1.
14. ANSYS Inc (2015), "ANSYS FLUENT User's Guide", *Theory Guide, Release 15.0*.

SUMMARY

A STUDY ON IMPROVING HYDRODYNAMICS PERFORMANCES AND POWER EFFICIENCY OF A PROPELLER BY USED CFD

Ngo Van He*

Hanoi University of Science and Technology

In this paper, the authors presents some results of a study on improving hydrodynamic performances and power efficiency of a propeller by theoretical calculations and Computation of Fluid Dynamics (CFD). Base on the hydrodynamic theory of a propeller, an optimal solution on hydrodynamic performances and power efficiency of a propeller is applied. A new kind of propeller is proposed for the ships. The authors present some results of computation and comparison on hydrodynamics performances of the two cases as well as a propeller with and without rudder, and a propeller able to change the blade pitch angle. These are the two important points which propose for the new kind of propeller to apply for the non ballast water ship. The research on improving hydrodynamic performances and power efficiency of propeller is also a study to improve the economics efficiency of the ship in transportation.

Keywords: *Hydrodynamics, power efficiency, propeller, CFD, economic efficiency*

Ngày nhận bài: 16/3/2018; **Ngày phản biện:** 11/4/2018; **Ngày duyệt đăng:** 31/5/2018

* Tel: 01679 482746, Email: he.ngovan@hust.edu.vn