ISSN 1859-316X

TẠP CHÍ

# KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI

# JOURNAL OF MARINE SCIENCE AND TECHNOLOGY

Số 54 - 04/2018

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM
VIETNAM MARITIME UNIVERSITY

ISSN 1859 - 316X

**TẠP CHÍ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI**

**SỐ 54**
**4/2018**

- **TỔNG BIÊN TẬP:**
  *GS.TS. Lương Công Nhớ*
- **PHÓ TỔNG BIÊN TẬP:**
  *PGS.TS. Phạm Xuân Dương*
- **HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP:**
  *PGS.TSKH. Đặng Văn Uy*
  *PGS.TS. Nguyễn Viết Thành*
  *PGS.TS. Đinh Xuân Mạnh*
  *PGS.TS. Lê Quốc Tiến*
  *TS. Nguyễn Khắc Khiêm*
  *PGS.TS. Đỗ Quang Khải*
  *PGS.TS. Lê Văn Điểm*
  *PGS.TS. Đào Văn Tuấn*
  *TS. Nguyễn Trí Minh*
  *PGS.TS. Trần Anh Dũng*
  *TS. Nguyễn Hữu Tuân*
  *PGS.TS. Đặng Công Xưởng*
  *PGS.TS. Vũ Trụ Phi*
  *TS. Phạm Văn Minh*
  *ThS. Hoàng Ngọc Diệp*
  *PGS.TS. Nguyễn Đại An*
  *PGS.TS. Lê Văn Học*
  *PGS.TSKH. Đỗ Đức Lưu*
- **THƯ KÝ HỘI ĐỒNG:**
  *PGS.TS. Nguyễn Hồng Vân*

**TÒA SOẠN**

**P. 206B - Nhà A1**
**Trường Đại học Hàng hải Việt Nam**
**484 Lạch Tray - Hải Phòng**

**Email: jmst@vimaru.edu.vn**

**Giấy phép xuất bản số 1350/GP-BTTTT cấp ngày 30/07/2012**

# TRONG SỐ NÀY

## KHOA HỌC - KỸ THUẬT

1 **Máy biến áp điện tử - những hứa hẹn cho công nghiệp truyền năng lượng điện**
The solid state transformer - many promising for distribution power system 3
**THÂN NGỌC HOÀN[1], PHẠM TÂM THÀNH[2]**
*[1]Trường Đại học Dân lập Hải Phòng*
*[2] Phòng Khoa học - Công nghệ, Trường ĐHHH Việt Nam*

2 **Kết nối giữa phần mềm c# và thiết bị NI**
Connect between C# software and NI equipments 9
**ĐỒNG XUÂN THÌN**
*Khoa Điện, Trường Cao đẳng VMU*

3 **Xây dựng phần mềm giải các bài toán kỹ thuật điện sử dụng Matlab**
Implementation software to calculate electrical circuits using Matlab 14
**PHẠM TÂM THÀNH[1], NGUYỄN KHẮC KHIÊM[2]**
*[1]Phòng Khoa học - Công nghệ, Trường ĐHHH Việt Nam*
*[2]Trường ĐHHH Việt Nam*

4 **Vấn đề sử dụng nhiên liệu nặng chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp cho động cơ tàu thủy**
Problems of using ultra low sulfur residual fuel for marine engines 21
**LƯU QUANG HIỆU**
*Khoa Máy tàu biển, Trường ĐHHH Việt Nam*

5 **Lập tuyến đường tránh va cho tàu biển áp dụng thuật toán Floyd**
Collision-avoiding route by applying Floyd algorithm 25
**ĐINH GIA HUY, NGUYỄN MẠNH CƯỜNG, PHAN VĂN HƯNG**
*Khoa Hàng hải, Trường ĐHHH Việt Nam*

6 **Đánh giá phương pháp đốt dầu tại chỗ để đề xuất áp dụng trong ứng phó tràn dầu trên các vùng biển Việt Nam**
Assessment of in-situ burning method to ropose applying in oil spill response in Vietnam waters 29
**HOÀNG XUÂN BẰNG**
*Khoa Hàng hải, Trường ĐHHH Việt Nam*

7 **Mô phỏng tiến trình xếp dỡ hàng trên tàu hàng rời phục vụ đào tạo và huấn luyện hàng hải**
The simulation of cargo handling process on bulk carriers for maritime education and training 34
**TỪ MẠNH CHIẾN[1], NGUYỄN CÔNG VỊNH[1], NGUYỄN KIM PHƯƠNG[2]**
*[1]Trường Cao đẳng VMU*
*[2]Viện Đào tạo Sau đại học, Trường ĐHHH Việt Nam*

8 **Nghiên cứu giải pháp kết cấu mới cho đập bê tông trọng lực nhằm giảm hiện tượng tập trung ứng suất trong thời kỳ khai thác**
Researching new type structures of concrete gravity dam for reducing stress concentration during working time 39
**NGUYỄN HOÀNG**
*Khoa Công trình, Trường ĐHHH Việt Nam*

9 **Nghiên cứu đề xuất bổ sung tiêu chí nguy cơ rủi ro ô nhiễm môi trường trong thông tư 26/2016/TT-BTNMT áp dụng cho các vùng biển có hoạt động hàng hải**
A study on proposing additional criteria of environmental pollution risk in the circulation no. 26/2016/TT-BTNMT on maritime areas 43
**LÊ THỊ HƯƠNG GIANG[1], NGUYỄN THỊ THẾ NGUYÊN[2]**
*[1]Khoa Công trình, Trường ĐHHH Việt Nam*
*[2]Khoa Kĩ thuật Biển, Trường Đại học Thủy lợi*

10 **Nghiên cứu và đề xuất phương pháp thiết kế và tính toán chập tiêu trên luồng**
Study and propose for design and calculation methods of leading lights on the navigation channel 49
**NGUYỄN TRỌNG KHUÊ**
*Khoa Công trình, Trường ĐHHH Việt Nam*

11 **Điều khiển tựa thụ động robot phẳng 6 bậc tự do**
Passivity-based control of 6-dof planar robot 54
**HOÀNG MẠNH CƯỜNG, NGUYỄN HOÀNG HẢI**
*Viện Cơ khí, Trường ĐHHH Việt Nam*

12 **Nâng cao hiệu năng tính toán cho thuật toán phân cụm FCM**
Improving the computing performance for FCM clustering algorithm 59
**VŨ ĐÌNH TRUNG, NGUYỄN TRỌNG ĐỨC**
*Khoa Công nghệ thông tin, Trường ĐHHH Việt Nam*

13 **Một cách tiếp cận trong giải quyết bài toán tự động hóa sinh dữ liệu kiểm thử phần mềm**
An approach to automated test data generation
**PHẠM ĐỨC TOÀN[1], PHAN NGUYÊN HẢI[2], PHẠM THỊ PHƯƠNG ANH[3]** 64
*[1]Phòng Tổ chức - Hành chính, Trường ĐHHH Việt Nam*
*[2]Học viện Kỹ thuật Quân sự*
*[3]Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự*

14 **Ứng dụng hiện nay của xúc tác quang hóa trên cơ sở graphene trong quá trình giảm thiểu khí $NO_x$**
Current graphene-based photocatalysts for NOx removal 69
**NGUYỄN XUÂN SANG**
*Viện Môi trường, Trường ĐHHH Việt Nam*

15 **Hoàn nguyên magie kim loại từ quặng Dolomit Thanh Hóa bằng quy trình Pidgeon**
Magnesium reduction from Thanh Hoa Dolomite ore by Pidgeon process
**LÊ THỊ CHIỀU[1], TRẦN ĐỨC HUY[2], NGÔ XUÂN HÙNG[3]**
**VŨ VĂN KHÁNH[4], NGUYỄN DƯƠNG NAM[5]** 76
*[1]Viện Nghiên cứu phát triển và Ứng dụng công nghệ mới; [2]Đại học Bách Khoa Hà Nội*
*[3]Viện Công nghệ Xạ hiếm; [4]Đại học SPKT Nam Định*
*[5]Viện Cơ khí, Trường ĐHHH Việt Nam*

16 **Về một lớp các dãy số nguyên bị chặn**
On a class of bounded integer sequences 81
**HOÀNG VĂN HÙNG**
*Khoa Cơ sở Cơ bản, Trường ĐHHH Việt Nam*

## KINH TẾ - XÃ HỘI

17 **Thực thi các biện pháp bảo đảm an ninh hàng hải của Úc và kinh nghiệm cho Việt Nam**
Enforce measures to ensure maritime security of Australia and experience for Vietnam 85
**LƯƠNG THỊ KIM DUNG**
*Khoa Hàng hải, Trường ĐHHH Việt Nam*

18 **Ứng dụng lý thuyết bất định trong dự báo nhu cầu hàng hóa: áp dụng tại doanh nghiệp cung ứng vật tư thiết bị hàng hải**
Application of uncertainty theory in forecasting customer demand: the case of maritime spare parts supplying company 91
**NGUYỄN MINH ĐỨC, VŨ LÊ HUY**
*Khoa Kinh tế, Trường ĐHHH Việt Nam*

# KHOA HỌC - KỸ THUẬT

## MÁY BIẾN ÁP ĐIỆN TỬ - NHỮNG HỨA HẸN CHO CÔNG NGHIỆP TRUYỀN NĂNG LƯỢNG ĐIỆN

THE SOLID STATE TRANSFORMER - MANY PROMISING FOR DISTRIBUTION POWER SYSTEM

**THÂN NGỌC HOÀN[1], PHẠM TÂM THÀNH[2]**

*[1]Trường Đại học Dân lập Hải Phòng*

*[2] Phòng Khoa học - Công nghệ, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Bài báo này giới thiệu biến áp điện tử (SST) là máy biến áp kích thước nhỏ, hiệu suất cao đang được nghiên cứu để sử dụng vào lưới điện phân phối. SST cho phép điều chỉnh điện áp và dòng điện theo cùng một cách FACTs (Flexible Alternating Current Transmission System) để bù chênh lệch điện áp, giới hạn lỗi hiện tại. Có thể dùng cáp DC để kết nối lưới điện siêu nhỏ tạo một lưới điện nhỏ mới. SST là một thiết bị quản lý năng lượng thông minh. Pin và các nguồn năng lượng tái tạo có thể được nối trực tiếp với SST trao đổi trực tiếp với lưới điện không cần khâu trung gian.*

***Từ khóa**: Biến áp, biến áp điện tử, lưới điện thông minh.*

***Abstract***

*This article introduces the Solid State Transformer (SST), a small, high-performance voltage transformer that is being studied for using in distribution grids. SST allows to regulate voltage and current in the same way FACTs to compensate the voltage difference, current error limits. You can use a DC cable to connect the micro grid to create a new small grid. SST is a smart power management device. Batteries and renewable energy sources can be connected directly to the SST exchanged directly with uninterruptible power supply.*

***Keywords**: Transformer, Solid State Transformer, smart grid.*

### 1. Giới thiệu

Nhiệm vụ chủ yếu của biến áp là biến đổi năng lượng điện xoay chiều có điện áp và dòng điện ở giá trị này vào năng lượng điện xoay chiều có điện áp và dòng điện ở giá trị khác khi tần số không đổi. Biến áp được dùng nhiều trong công nghiệp truyền năng lượng điện đi xa. Sở dĩ như vậy vì khi ta truyền một năng lượng điện $S_1$=UI đi xa và để đến nơi tiêu thụ ta nhận được số năng lượng có giá trị gần $S_1$ nhất ($S_2 \approx S_1$), thì tổn hao trên đường truyền đi phải nhỏ nhất. Để giảm tổn hao phải giảm dòng (I) và tăng điện áp U để cho S=const. Khi giảm dòng I sẽ giảm được tiết diện dây dẫn, giảm được chi phí cho các cột điện dọc đường dây. Điện áp trên các đường dây truyền năng lượng điện thường là 220 - 500kV trong khi điện áp định mức của máy phát đồng bộ thường là 6kV, do đó phải dùng biến áp để tăng điện áp. Nhưng ở nơi tiêu thụ, phải hạ điện áp xuống giá trị chuẩn là 110 - 220V nên phải dùng một biến áp hạ áp. Mặt khác trên đường truyền năng lượng điện áp bị giảm, để giữ cho điện áp không đổi ta phải dùng biến áp trung gian. Tóm lại trên đường dây truyền năng lượng đi xa ta cần các biến áp sau:

1-Biến áp nâng áp đặt ngay tại trạm phát điện;

2-Biến áp trung gian đảm bảo điện áp truyền đi không bị suy giảm;

3-Biến áp hạ áp đặt nơi tiêu thụ.

Ngoài ra biến áp còn được dùng trong các nhà máy, các khu dân cư để điều hòa năng lượng điện, được dùng cho các bộ biến đổi tĩnh hoặc dùng trong công nghiệp cho những mục đích cụ thể khác. Biến áp còn được dùng làm biến áp đo lường gồm biến dòng, biến áp đo điện áp. Các biến áp có công suất nhỏ dùng trong gia đình dạng sun-von-tơ (máy ổn áp) hay biến áp dùng trong truyền thông. Tuy nhiên biến áp năng lượng hiện nay được cấu tạo bằng vật liệu sắt từ (lõi thép), đồng (cuộn dây), các thiết bị phụ khác và làm việc ở tần số 50 - 60Hz nên kích thước, trọng lượng lớn, tổn hao nhiều.

Ngày nay mục tiêu tiết kiệm năng lượng điện đang được đặt lên hàng đầu do nguồn năng lượng hóa thạch - nguồn năng lượng chủ yếu để tạo năng lượng điện đang cạn kiệt và gây ô nhiễm môi trường, vì vậy việc sử dụng năng lượng tái tạo yêu cầu giảm tổn thất năng lượng điện là cấp

bách. Biến áp điện tử (Solid State Transformers - SST) là một thiết bị có nhiều đặc tính nổi trội hy vọng thay thế loại biến áp thông thường. Ở đây SST được dùng chuyển đổi điện áp có tần số 50-60Hz sang điện áp có tần số cao cách ly, nhằm giảm khối lượng, trọng lượng so với máy biến áp truyền thống. Qua thử nghiệm nhận thấy rằng một điện áp 50/60Hz được biến đổi thành điện áp tần số cao cỡ (kHz-đến hàng chục kHz), bằng một máy biến áp tần số cao, điện áp này được tăng lên hoặc giảm xuống để trở lại điện áp 50/60Hz cấp cho tải công nghiệp hay dân sinh đã giảm khối lượng và trọng lượng đáng kể [1].

Ngoài chức năng biến đổi điện áp tần số thấp sang điện áp tần số cao, SST còn có một số chức năng khác mà các biến áp truyền thống không thể có được, cụ thể như sau:

- Thứ nhất, do sử dụng các tổ hợp bán dẫn công suất và cấu trúc của các mạch bán dẫn khác nhau nên cho phép điều chỉnh điện áp và dòng điện tương tự như các thiết bị FACTs. Tính chất này cho phép bù điện áp, giới hạn lỗi mà các máy biến áp truyền thống không thể có.

- Thứ hai, bộ biến đổi nguồn điện áp từ đầu ra thứ cấp của SST có thể hỗ trợ cấp dòng một chiều điều chỉnh cho phép tạo một vi lưới mới này.

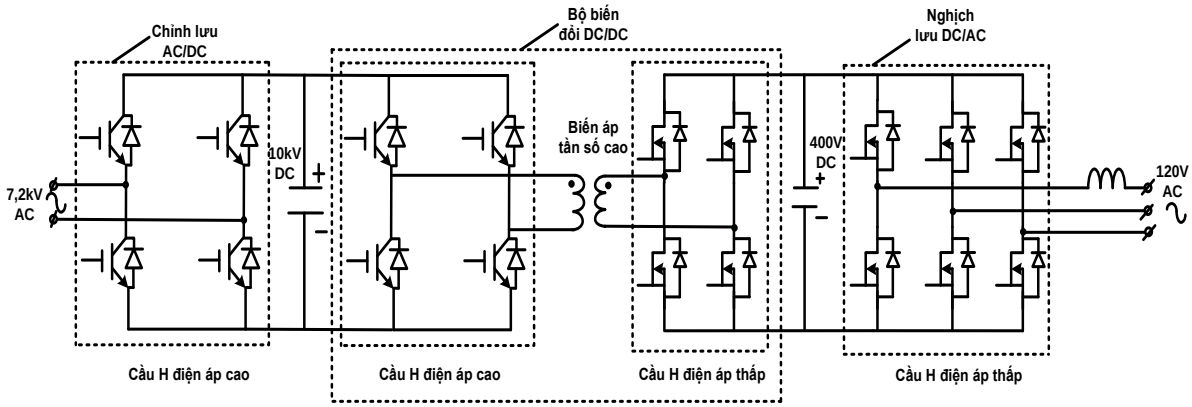
Ở biến áp truyền thống [4] để điều chỉnh điện áp cần có các tiếp điểm cơ khí, trong khi đó SST cho phép điều chỉnh điện áp một cách nhanh chóng mà không cần một tiếp điểm cơ khí nào. SST còn là thiết bị quản lý năng lượng thông minh, có khả năng phục hồi tốt hơn, có hiệu suất rất cao (96%), có kích thước và trọng lượng nhỏ. Trong các cổng ra của SST có cổng ra một chiều, do đó pin và các nguồn năng lượng tái tạo có thể kết nối trực tiếp vào cổng một chiều của SST thực hiện trao đổi trực tiếp với điện lưới, giảm tổn thất do chỉ cần qua một cấp chuyển đổi để hòa vào lưới điện mà không cần các bộ biến đổi trung gian [5].

**2. Cấu tạo của biến áp SST**

Cấu tạo cơ bản một pha của biến áp điện tử cho ở Hình 1, nó gồm 3 tầng biến đổi:

Tầng 1 (Chỉnh lưu AC/DC): Bộ chỉnh lưu biến đổi từ điện áp AC sang DC. Tầng này là một bộ chỉnh lưu đối xứng dùng 4 van điện tử công suất là các IGBT hay các MOSFET. Sở dĩ dùng van bán dẫn có điều khiển thay Diode vì tần số đóng ngắt các van này lớn hơn nhiều lần tần số lưới (50Hz hay 60Hz) nhờ đó có thể băm sóng hình sin tới mức cực mịn để loại bỏ nhiễu và sóng hài từ phía nguồn cấp vì sóng hài có thể gây ra tổn hao nhiệt.

Tầng 2 (Bộ biến đổi DC/DC): Bộ biến đổi dòng điện một chiều DC thành AC tần số cao cỡ kHz. Dòng điện xoay chiều này được truyền qua một biến áp tần số cao để hạ xuống điện áp thấp phù hợp với sự biến đổi tiếp sau này. Việc dùng biến áp tần số cao nhằm giảm kích thước, trọng lượng và tăng hiệu suất của biến áp. Ở phía hạ áp một bộ biến đổi điện tử công suất điện áp thấp lại biến đổi dòng AC tần số cao thành DC.




***Hình 1. Cấu trúc của biến áp điện tử***

Tầng thứ 3 (Nghịch lưu DC/AC) là biến tần để biến dòng DC thành AC có tần số lưới. Tùy thuộc vào việc sử dụng van bán dẫn công suất và cấu trúc của bộ biến đổi mà điện áp có mức khác nhau. Nếu biến áp SST dùng IGBT để hạ điện áp ví dụ từ 7,2kV xuống 120V hoặc 240V cần tới 3 van mắc nối tiếp và chỉ có thể làm việc ở tần số không quá 3kHz, nếu dùng MOSFET cũng ở điện áp này chỉ cần 1 van làm việc với tần số 20kHz, thì kích thước của bộ biến đổi công suất giảm xuống còn 20% so với khi làm việc với tần số 60Hz, vì thế kích thước tổng của SST chỉ bằng 1/3 so với biến áp thông thường.

Hiện nay SST chưa được dùng rộng rãi trong công nghiệp phân phối điện năng do công suất định mức của SST hạn chế. Sự hạn chế công suất định mức này là do điện áp và công suất định mức của các van bán dẫn bị giới hạn, các bộ biến đổi dùng trong SST là các bộ biến đổi kiểu cũ.

**3. Các lưu ý khi thiết kế SST**

Cấu trúc cơ bản một SST gồm: Mạch điện tử điện áp cao, công suất lớn, máy biến áp tần số cao, mạch điều khiển các van bán dẫn, bộ tản nhiệt, mạch điều khiển, hệ thống làm mát, và các mạch phụ trợ khác. Do cấu trúc phức tạp như vậy nên việc thiết kế máy biến áp SST cần đặc biệt chú ý, trước tiên là vấn đề tản nhiệt vì mục đích giảm kích thước và trọng lượng không được dùng dầu để làm mát, mặt khác các thiết bị điện làm việc với điện áp cao nên vấn đề cách điện để đảm bảo an toàn cho người và thiết bị cần phải được chú ý đặc biệt, nếu thiết kế không tốt thì mục đích giảm kích thước, trọng lượng hiệu suất cao làm việc an toàn sẽ không đáp ứng được.

Thiết kế bắt đầu từ lựa chọn các phần tử sau đây:

*a. Chọn vật liệu làm lõi thép*

Hiện nay vật liệu sắt từ làm lõi biến áp có các loại sau: Thép silic, ferrit, thép vô định hình và tinh thể nano. Lõi ferrit có tổn hao không lớn, giá thành rẻ nhưng mật độ từ thông bão hòa thấp, không đáp ứng được yêu cầu giảm kích thước, trọng lượng SST. Thép vô định hình có thể dùng để chế tạo lõi biến áp SST, tuy nhiên lõi được làm từ tinh thể nano lại có mật độ công suất, mật độ từ thông bão hòa cao hơn lõi thép làm từ thép vô định hình và vật liệu ferrit, thép vô định hình có tổn thất lõi thấp nhất, hứa hẹn hiệu suất sẽ cao. Khi so sánh các kết quả mghiên cứu về các loại lõi thép được làm từ các vật liệu từ khác nhau nhận thấy lõi tinh thể nano có hiệu suất (>99,5%), trọng lượng (<15kg), còn khi lõi ferrit có khối lượng lớn (>22kg), hiệu suất của lõi vô định hình chỉ đạt (98,5%) [1].

Rõ ràng thép tinh thể nano nên được chọn làm lõi của biến áp điện tử.

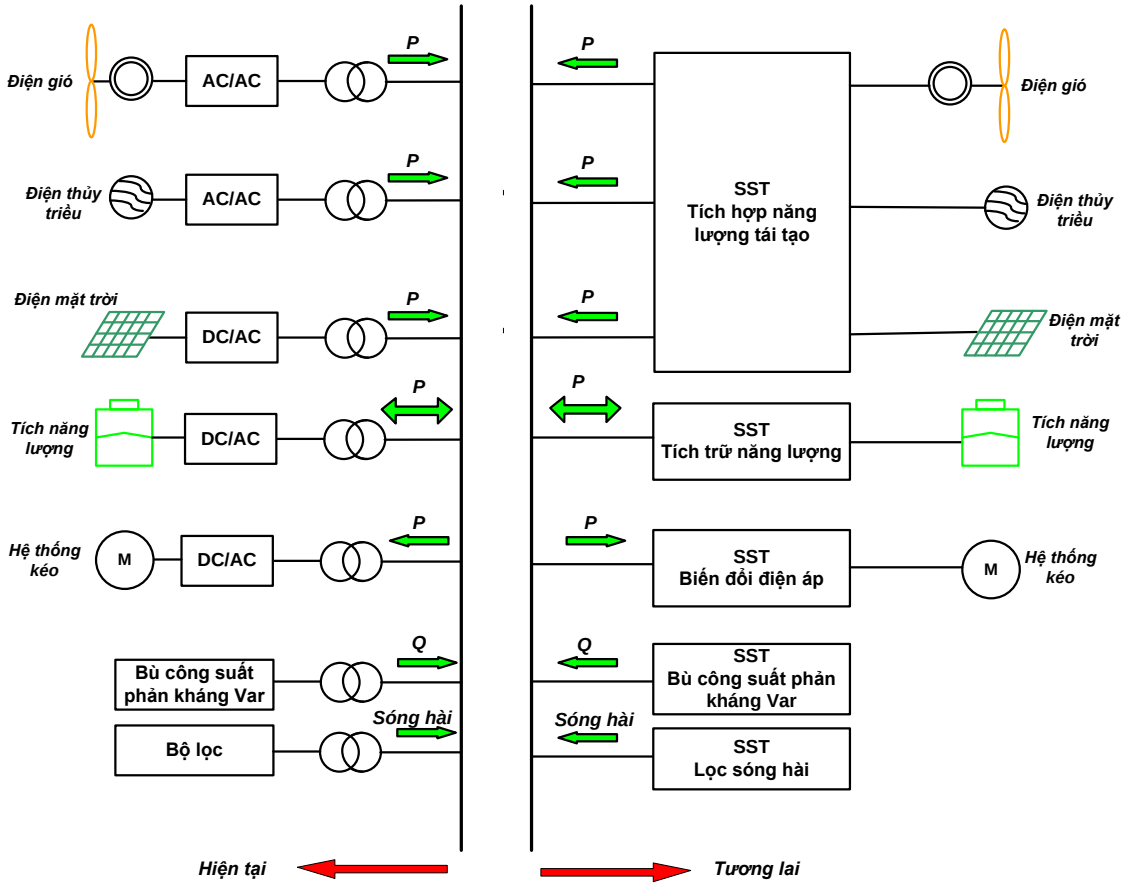
*b. Lựa chọn van bán dẫn công suất và sơ đồ bộ biến đổi*

Thyristor là thiết bị bán dẫn công suất có tần số đóng ngắt nhỏ hơn 1kHz và khi làm việc với tần số chuyển mạch cố định thì tổn hao lớn do đó không phù hợp với SST vì không đảm bảo được yêu cầu kích thước, trọng lượng nhỏ và hiệu suất lớn. Các MOSFET chỉ thích hợp công tác khi điện áp khóa <10 - 15kV, điện trở tiếp giáp tăng đáng kể khi điện áp khóa và nhiệt độ của tiếp giáp tăng lên, do đó không thích hợp cho SST làm việc với điện áp và tần số cao. Các thiết bị điện tử mới như IGBT có tổn hao dẫn điện nhỏ, thời gian chuyển mạch trung bình, nhiệt độ hoạt động cao, và vùng hoạt động an toàn tương đối tốt nên đáp ứng được yêu cầu của SST. Hiện đã có nhiều cơ sở nghiên cứu chế tạo thử SST sử dụng IGBT cho loại có công suất lớn, điện áp cao [2]. Để tăng điện áp và dòng điện cấu trúc module (nối tiếp hoặc song song các phần tử) có ưu thế nên đang được sử dụng. Cấu trúc bộ biến đổi nên được chọn là cấu trúc đa mức đảm bảo hoạt động ở điện áp cao [2].

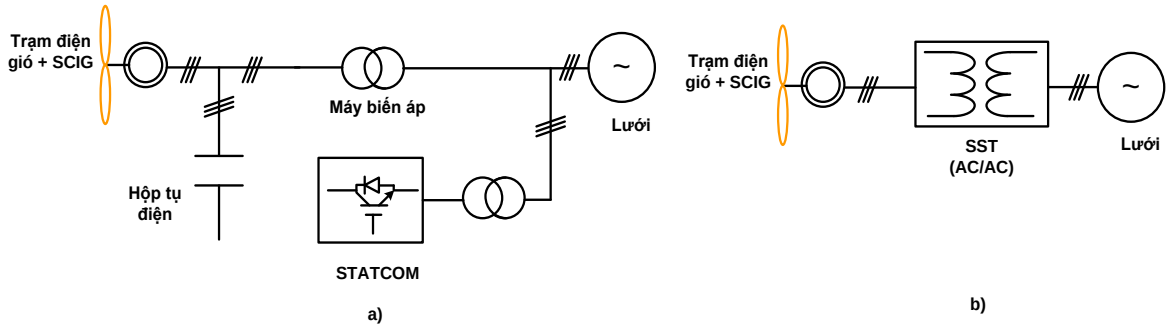
**4. Ứng dụng SST**

Đầu tiên được các nhà nghiên cứu và ứng dụng đưa SST vào lưới phân phối điện. Biến áp SST có nhiều ưu điểm nên đã có nhiều nghiên cứu thiết kế và chế tạo để SST thỏa mãn các tính năng, cũng như khai thác tiềm năng của nó trong các ứng dụng cho hệ thống phân phối. Trên Hình 2 biểu diễn các khả năng sử dụng SST cho truyền tải năng lượng điện, trong đó phía trái là hệ thống phân phối truyền thống, ở đây máy biến áp được dùng để lồng ghép các nguồn năng lượng tái tạo và các thiết bị lưu trữ năng lượng, cung cấp điện cho hệ thống lưới điện xe lửa, và các thiết bị ngoại vi FACTs, như bộ bù công suất phản kháng, các bộ lọc tích cực. Còn phía phải là hệ thống phân phối trong tương lai dựa trên SST.

Ở đấy SST thay thế máy biến áp truyền thống và một số thiết bị điện tử biến đổi, nên có khả năng tích hợp nhiều hơn và hệ thống nhỏ gọn hơn. Để có thể áp dụng vào truyền tải điện năng thì hiệu suất, độ tin cậy, tuổi thọ và giao tiếp của hệ thống phân phối SST cùng chi phí của SST phải hợp lý [1]. SST cũng có thể được áp dụng để kết nối trực tiếp các nguồn năng lượng tái tạo, như năng lượng mặt trời, sức thủy triều,… với hệ thống phân phối. Trên Hình 3a là hệ năng lượng gió điển hình sử dụng máy điện không đồng bộ (Hình 3a) gồm có hai máy biến áp, một STATCOM và một tụ điện cục bộ được thay thế hiệu quả bằng một SST duy nhất (Hình 3b) [9]. SST cũng có thể được tích hợp với thiết bị lưu trữ năng lượng do có sẵn liên kết DC. Một hệ thống nạp điện cho xe điện thông thường gồm một máy biến áp tần số 50/60Hz, bộ biến đổi AC/DC, và DC/DC, hiệu suất của hệ thống như vậy là ~90%. Nhưng khi sử dụng công nghệ SST hiệu suất có thể được tới >95% cùng với nó kích thước trọng lượng, giảm đáng kể do đó chi phí giảm xuống còn một nửa công nghệ thông thường [3].

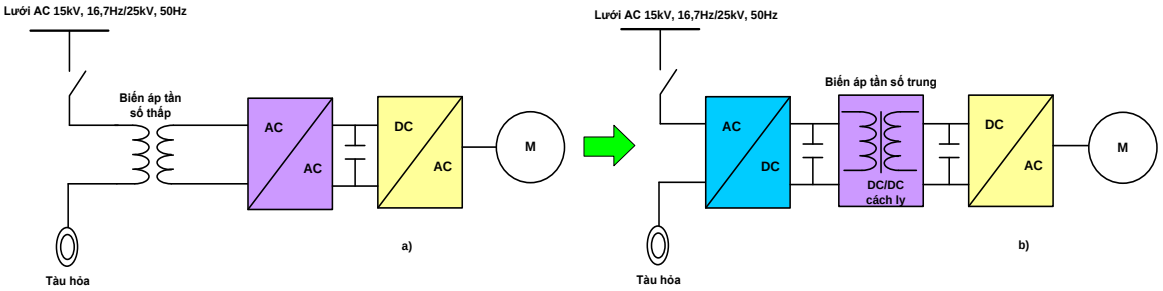



***Hình 2. Các khả năng sử dụng SST cho truyền tải năng lượng điện*** *[1]*




***Hình 3. Hệ thống năng lượng gió giao tiếp với SST***
*a) Hệ thống truyền thống, b) Hệ thống dùng SST [9]*

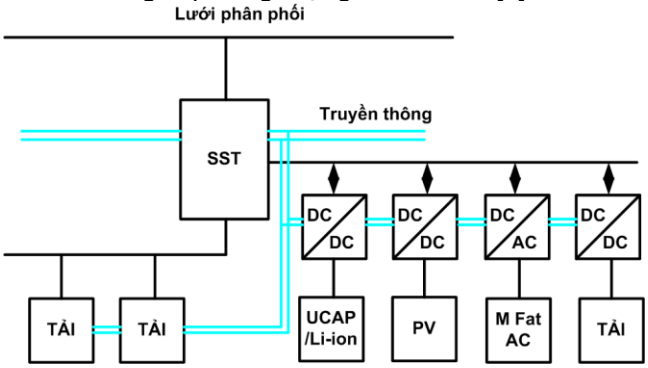
Ngoài tính năng thay thế biến áp thông thường và một số mạch điện tử ở lưới điện truyền thống của SST được dùng cho lưới phân phối điện, biến áp SST còn có thể sử dụng để biến đổi điện áp và điều chỉnh điện áp. Hình 4 biểu diễn sơ đồ hệ thống lưới điện tàu hỏa, trong đó Hình 4a là sơ đồ hệ thống truyền động điện tàu hỏa truyền thống, gồm một biến áp tần số lưới, bộ biến đổi AC/DC và bộ biến tần DC/AC cấp cho động cơ kéo của tàu hỏa, hiệu suất của một hệ thống như vậy khoảng ~88% - 92% [2]. Nếu sử dụng biến áp SST (Hình 4b) hiệu suất của hệ >95%, có kích thước trọng lượng nhỏ hơn. Kích thước thu gọn sẽ mang lại nhiều không gian hơn cho hành khách. Mật độ công suất của một hệ thống này đạt từ 0,5 đến 0,75 kVA/kg, hơn hẳn 0,2 - 0,35kVA/kg của máy biến áp thông thường cộng với cấu trúc của bộ chỉnh lưu. ABB đã công bố công suất của máy biến áp SST cỡ MW, được áp dụng vào năm 2012 [2].




***Hình 4. SST cho hệ thống tầu hỏa***
*a) Hệ thống dùng biến áp 50/60Hz, b) Dùng SST [2]*

Máy máy biến áp điện tử có thể sử dụng để bù công suất phản kháng và lọc sóng hài: Căn cứ vào cấu trúc của hệ thống, SST có thể làm nhiệm vụ bù công suất phản kháng. Một hệ thống năng lượng gió dùng SST làm các nhiệm vụ truyền công suất tác dụng, bù công suất phản kháng và biến đổi điện áp được giới thiệu trong [9]. Việc sử dụng khả năng bù công suất phản kháng của SST, đã làm cho khối lượng và trọng lượng hệ thống giảm, được thị trường quan tâm. Các nhà khoa học cũng đã nghiên cứu khả năng phục hồi điện áp, lọc sóng hài của SST. Khả năng lọc sóng hài phụ thuộc rất nhiều vào băng thông của bộ điều khiển và tần số chuyển mạch của SST. Như đã trình bày ở trên SST có thể dùng tích hợp lưới điện thông minh. SST được đề xuất như là một bộ định tuyến năng lượng để tích hợp các ứng dụng lưới điện thông minh [6]. Hình 5 là sơ đồ lưới mini dựa trên SST. Ở đây dùng liên kết điện áp một chiều thấp (LVDC) để kết nối tài nguyên năng lượng tái tạo (DRER) và phân phối năng lượng (DESD) cho các thiết bị lưu trữ. Như vậy chỉ có duy nhất một tầng biến đổi so với lưới điện AC bình thường, trong đó bộ biến đổi DC/DC cùng với biến tần để kết nối nguồn DC và tải vào lưới điện. Ngoài ra, lưới điện AC dân dụng cũng được tích hợp bằng cách sử dụng cổng điện áp thấp xoay chiều của SST. Ta nhận được một hệ thống nhỏ gọn hơn, nhẹ hơn, và tích hợp được nhiều lưới mini hơn [7].

SST nhúng với các chức năng điều khiển nhất định có thể phát hiện lỗi cách ly và giới hạn lỗi. Phương pháp bảo vệ đã được đề xuất sử dụng SST trong hệ thống FREEDM, và cho thấy kết quả thỏa đáng trong kỹ thuật số và mô phỏng thời gian thực [8]. Khả năng bù công suất phản kháng của SST có thể được chấp nhận trong hệ thống điện cho lỗi quá độ tạm thời do STATCOM thực hiện trong hệ thống lưới điện yếu. Hơn nữa, nguồn năng lượng tái tạo và các thiết bị lưu trữ năng lượng nối tại cổng DC của SST có thể cung cấp chức năng cung cấp điện liên tục khi lỗi xảy ra ở tuyến phân phối, và do đó đảm bảo cung cấp năng lượng cao cho tải [1].




***Hình 5. SST cho tích hợp lưới thông minh*** *[1]*

## 5. Những vấn đề cần nghiên cứu

Những vấn đề sau đây cần được tiếp tục nghiên cứu đối với máy biến áp SST:

- Cần có nhiều số liệu kiểm tra kết quả hiện trường của SST để chứng tỏ có khả năng đạt được một hệ thống phân phối nhỏ gọn và thông minh hơn trong tương lai;

- Biến áp lai có nhiều điểm tương đồng và ưu thế hơn máy SST, cần tiến hành nghiên cứu về biến áp lai để thay thế SST;

- Như đã thấy các van bán dẫn công suất dùng trong SST có yêu cầu cao về điện áp công tác và điện áp khóa, về mật độ dòng điện, về tần số đóng ngắt và tổn hao ít. Tương lai cần tập trung nghiên cứu về các van điện tử công suất thuộc các khía cạnh sau: Cách đóng gói của các thiết bị

bán dẫn thương mại, các van bán dẫn công suất có dòng điện lớn, có nhiệt độ làm việc cao vấn đề tản nhiệt giảm tổn hao và tăng tuổi thọ để công suất của SST có thể đạt tới vài mega oat (MW) hoặc cao hơn;

- Tối ưu các thủ tục thiết kế để đạt được hiệu suất cao và ít khối lượng dựa trên vật liệu lõi, dây, và cách điện, mục đích giảm kích thước và trọng lượng của SST;
- Cần nghiên cứu việc thiết kế sử dụng các vật liệu từ là hợp kim có chỉ số năng lượng và từ tính tốt hơn, nhằm giảm tổn thất lõi khi vận hành với tần tần số cao.

**6. Kết luận**

SST đã nhận được sự quan tâm ngày càng tăng cả ở công nghiệp và đơn vị nghiên cứu phục vụ cho ứng dụng lưới điện thông minh. Bài báo này đã trình bày ngắn gọn những vấn đề chính về SST, gợi ý thiết kế các thành phần của SST, một số tính năng của biến áp điện tử dùng cho lưới điện phân phối, tích hợp lưới điện mini do nguồn năng lượng tái tạo cung cấp.

Bài báo cũng chỉ ra những nội dung cần tiếp tục nghiên cứu để phát triển SST cụ thể là nghiên cứu các van bán dẫn công suất có điện áp, dòng điện nhiệt độ làm việc lớn, nghiên cứu vật liệu làm lõi thép biến áp, nghiên cứu về SST ứng dụng trong hệ thống phân phối. Những tiến bộ đáng kể đã đạt được trong công nghệ SST. Sự tập trung nghiên cứu của các nhà sản xuất và ứng dụng cùng những tính chất vượt trội của SST, một ngày không xa SST sẽ được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp phân phối năng lượng.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Xu She, Member, Alex Q. Huang, and Rolando Burgos, “Review of Solid-State Transformer Technologies and Their Application in Power Distribution Systems,” *IEEE Journal of Emerging and selected Topics in Power Electronics*, Vol 1. No. 3, 2013.

[2] D. Dujic, C. Zhao, A. Mester, J. K. Steinke, M. Weiss, S. L. Schmid,T. Chaudhuri, and P. Stefanutti, “Power electronic traction transformer: Low voltage prototype,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 28, no. 12, pp. 5522-5534, 2013.

[3] D. Peeples, “The Next Big Thing? EPRI’s Fast, Flexible and Cheaper EV Charging System”, Available:http://www.smartgridnews.com, 2012.

[4] Thân Ngọc Hoàn, *Máy điện*, Nhà xuất bản Xây dựng, 2004.

[5] Nguyễn Huy Đỉnh, “Máy biến áp điện tử (SST) giải pháp giúp lưới điện sạch hơn và linh hoạt hơn,” *Tự động hóa ngày nay*, Tháng 10/2017.

[6] A. Q. Huang, M. L. Crow, G. T. Heydt, J. P. Zheng, and S. J. Dale, “The future renewable electric energy delivery and management system: The energy Internet,” *Proc. IEEE, vol. 99*, no. 1, pp. 133-148, Jan. 2011.

[7] X. She, A. Q. Huang, S. Lukic, and M. Baran, “On integration of solid state transformer with zonal DC microgrid,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 3, No. 2, pp. 975-985, Jun. 2012.

[8] P. Tatcho, Y. Jiang, and H. Li, “A novel line section protection for the FREEDM systems based on the solid state transformer*,” in Proc. IEEE PES General Meeting*, pp. 1-8., 2011.

[9] X. She, A. Q. Huang, F. Wang, and R. Burgos, “Wind energy system with integrated active power transfer, reactive power compensation, and voltage conversion functions,” *IEEE Trans. Ind. Electron*, Vol. 60, No. 10, pp. 4512-4524, 2013.

Ngày nhận bài: 25/01/2018
Ngày nhận bản sửa: 27/03/2018
Ngày duyệt đăng: 02/04/2018

# KẾT NỐI GIỮA PHẦN MỀM C# VÀ THIẾT BỊ NI
CONNECT BETWEEN C# SOFTWARE AND NI EQUIPMENTS

**ĐỒNG XUÂN THÌN**
*Khoa Điện, Trường Cao đẳng VMU*

***Tóm tắt***

*NI là thiết bị phần cứng của hãng National Instrument. Đây là một hãng rất nổi tiếng với nhiều thiết bị phần cứng được sử dụng trong lĩnh vực đo lường. Thiết bị NI rất dễ kết nối với phần mềm Matlab và LabView, hai phần mềm này có thể tạo giao diện giám sát và điều khiển. Ngoài ra, phần mềm C# cũng có thể được sử dụng để tạo giao diện giám sát và điều khiển, nhưng việc kết nối giữa phần mềm C# và thiết bị NI rất phức tạp.*

***Từ khóa**: C#, NI, kết nối C# và NI, NI9215.*

***Abstract***

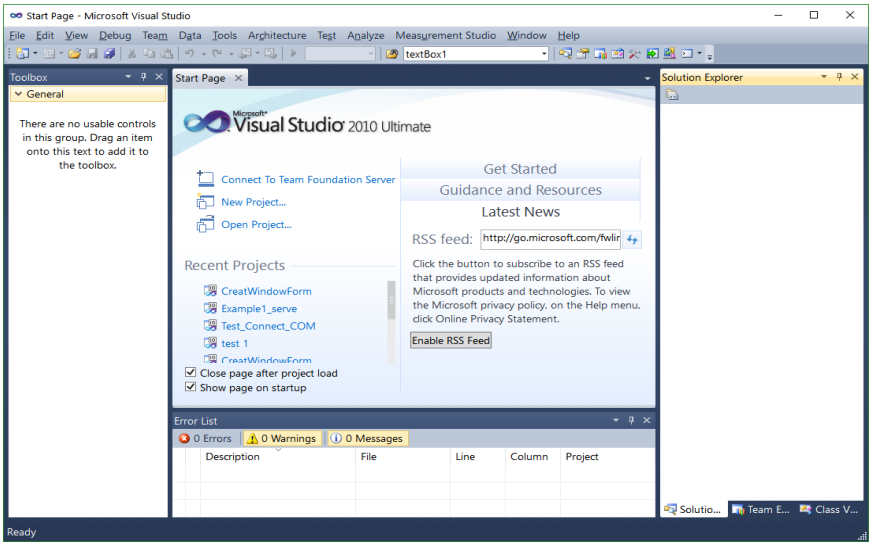
*NI equipments are the products of National Instrument Company that is very famous in measurement. It can easily connect with Matlab and LabView, these software can be used to create control interfaces. In additional, C# software also can create interfaces but it really complicate in programming and handshake with NI equipments.*

***Keywords**: C#, NI, connect C#&NI, NI9215.*

## 1. Giới thiệu

### *1.1. Phần mềm C#*

Phần mềm C# là một phần rất quen thuộc nằm trong bộ Visual.NET. Hầu hết những người xây dựng giao diện để giám sát và điều khiển hệ thống thực trên máy tính đều sử dụng phần mềm này. Việc tải về và cài đặt phần mềm này rất đơn giản, chúng ta có thể tham khảo các nguồn tài liệu trên internet. Giao diện chính của phần mềm Microsoft Visual Studio khi cài đặt thành công như Hình 1.



***Hình 1. Phần mềm Mirosoft Visual Studio 2010*** ***Hình 2. NI 9215***

### *1.2. Thiết bị NI*

Như đã biết, National Instrument là một hãng thiết bị rất nổi tiếng trong lĩnh vực đo lường và điều khiển. Một loại thiết bị thông dụng hay được sử dụng để kết hợp với phần mềm Matlab hoặc LabView đó là card PCI.

NI cũng là thiết bị phần cứng được phát triển bởi hãng này, đây là thiết bị chuyên dùng trong lĩnh vực đo lường và điều khiển. NI khá đa dạng về chủng loại, có thể kết hợp được với các phần mềm Matlab, LabView và cả C#. Việc lựa chọn thiết bị NI phụ thuộc vào yêu cầu kỹ thuật của bài toán điều khiển, một số thông số kỹ thuật cần thiết cho việc lựa chọn NI như sau:

- Loại tín hiệu vào/ra;
- Giới hạn mức tín hiệu vào/ra;

- Số kênh tín hiệu vào/ra;
- Độ phân giải động của tín hiệu;
- Tần số lấy mẫu tối đa cho phép.

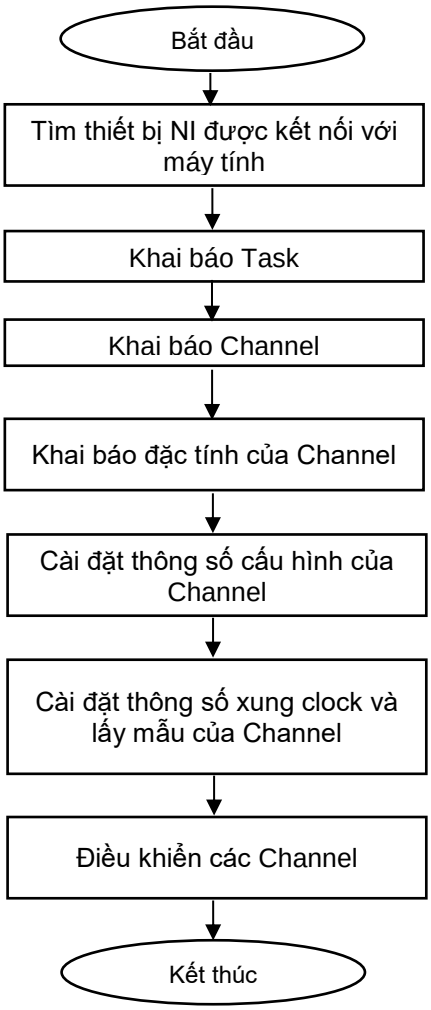
Để thực nghiệm việc kết nối giữa phần mềm C# tác giả lựa chọn thiết bị NI có tên NI9215. Hình ảnh thực tế của NI9215 như Hình 2. Thông số cơ bản của NI9215 như sau:

- Số lượng kênh vào: 04 kênh vào tương tự;
- Độ phân giải ADC: 16 bit;
- Dải tín hiệu vào: $\pm 10,0$ VDC;
- Tần số lấy mẫu: 100kHz;
- Nhiệt độ làm việc: -40$^o$C tới 70$^o$C;
- Điện áp bảo vệ: $\pm 30,0$ VDC.

**2. Kết nối giữa phần mềm C# và thiết bị NI**

***2.1. Thuật toán giao tiếp giữa C# và NI***

Để có thể bắt tay được giữa phần mềm C# và thiết bị NI thì ta cần thực hiện một số việc theo một trình tự nhất định. Trình tự này sẽ giúp cho phần mềm C# nhận diện được thiết bị NI và cài đặt các thông số phù hợp cần thiết cho thiết bị. Thứ tự công việc đó được thể hiện qua Hình 3. Thuật toán giao tiếp giữa C# và NI.




***Hình 3. Thuật toán giao tiếp giữa C# và NI***

Đầu tiên ta cần phải xác định các thiết bị NI được gắn với máy tính, sau đó chọn thiết bị NI mà chúng ta muốn dùng. Bước tiếp theo ta cần khai báo một "đối tượng" Task để quản lý toàn bộ việc cài đặt thông số cấu hình cho NI, cũng như nhận dữ liệu từ NI gửi về. Sau đó ta cần khai báo một đối tượng "được điều khiển" bởi Task, đó chính là Channel. Channel này sẽ liên kết trực tiếp

với channel vật lý của thiết bị NI, dựa vào các đặc tính kỹ thuật thực tế của thiết bị NI mà ta sử dụng và mục đích sử dụng để có thể khai báo một cách chính xác thông số này.

Bước tiếp theo là cài đặt các thông số cấu hình và xung clock cho channel, bước này cần lưu lý tra theo các thông số kỹ thuật của NI để nhận/gửi dữ liệu một cách chính xác. Cuối cùng là đọc/ghi dữ liệu từ/tới channel vật lý, nếu chỉ đọc/ghi dữ liệu một lần thì rất dễ nhưng không có tính ứng dụng nhiều trong điều khiển. Hầu hết các quá trình điều khiển là "Real Time" (RT) nên ta cần đọc/ghi dữ liệu từ/tới channel vật lý một cách liên tục, tức là ta phải dùng một vòng lặp vô hạn để phục vụ việc giao tiếp với NI. Như vậy thì chương trình điều khiển sẽ không thể làm gì khác ngoài việc giao tiếp với NI, để khắc phục tình trạng này thì ta phải dùng chương trình đa nhiệm.

***2.2. Các thông số cấu hình cho NI***

+) Khai báo Channel:

Việc khai báo channel có vai trò rất quan trọng trong việc xác định tín hiệu (vào hay ra) và dạng của tín hiệu (số hay tương tự). C# hỗ trợ 4 kiểu khai báo channels [1-3]:

- AIChannel;
- AOChannel;
- DIChannel;
- DOChannel.

+) Khai báo đặc tính Channel:

Khai báo đặc tính channel sẽ quyết định dạng của tín hiệu mà chúng ta sử dụng. C# hỗ trợ khai báo các dạng đặc tính như sau:

- AnalogSingleChannelReader;
- AnalogSingleChannelWriter;
- AnalogMultiChannelReader;
- AnalogMultiChannelWriter;
- DigitalSingleChannelReader;
- DigitalSingleChannelWriter;
- DigitalMultiChannelReader;
- DigitalMultiChannelWriter.

+) Cài đặt thông số cấu hình cho Channel:

Việc cấu hình chi tiết cho channel không phức tạp nhưng có rất nhiều dạng cảm biến khác nhau được hỗ trợ. Dưới đây là một số cấu hình đầu vào cho tín hiệu analog được hỗ trợ bởi phần mềm C# hay được sử dụng:

- CreateAccelerometerChannel: Dùng cho cảm biến gia tốc;
- CreateFrequencyVoltageChannel: Dùng để tính giá trị tần số của điện áp lấy mẫu;
- CreateLvdtChannel: Dùng cho cảm biến LVDT;
- CreateMicrophoneChannel: Dùng cho Microphone;
- CreateResistanceChannel: Dùng cho đầu vào là điện trở;
- CreateStrainGageChannel: Dùng cho cảm biến đo xoắn trục;
- CreateVoltageChannel: Dùng cho đầu vào là điện áp (thường dùng nhất).

Đối với mỗi hàm cấu hình cho tín hiệu thì sẽ có vài tham số cần cài đặt (có hướng dẫn cụ thể trong từng hàm cài đặt). Ví dụ với hàm CreateVoltageChannel() thì có các tham số cần cài đặt như sau:

- Tên của channel vật lý;
- Tên đặt cho channel vật lý;
- Dạng của điện áp đầu vào;
- Giới hạn trên và giới hạn dưới của tín hiệu vào;
- Đơn vị được quy đổi sau khi đọc giá trị đầu vào.

+) Cài đặt thông số xung clock và lấy mẫu của channel:

Thông số xung clock thay đổi phụ thuộc vào dạng của tín hiệu là digital hay analog và là tín hiệu vào hay tín hiệu ra. Với NI9215 thì có 04 thông số cơ bản cần cài đặt cho xung clock gồm:

- Nguồn xung: Có thể sử dụng nguồn xung clock ngoài hoặc xung clock của NI;

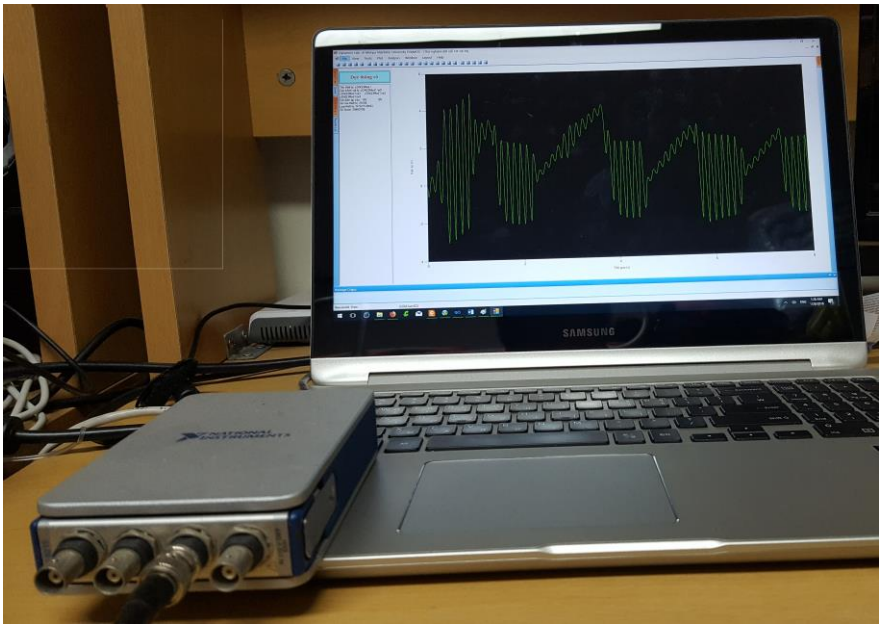
- Tốc độ lấy mẫu: Là số mẫu được lấy trong 1 giây, thông số này kiểu double;
- Cạnh tác dụng của xung clock: Có thể chọn cạnh lên hoặc cạnh xuống của xung clock;
- Chế độ lấy mẫu: Có 3 chế độ lấy mẫu nhưng ta thường dùng 2 chế độ đó là chế độ lấy mẫu xác định và chế độ lấy mẫu liên tục.

## 3. Kết quả và đánh giá

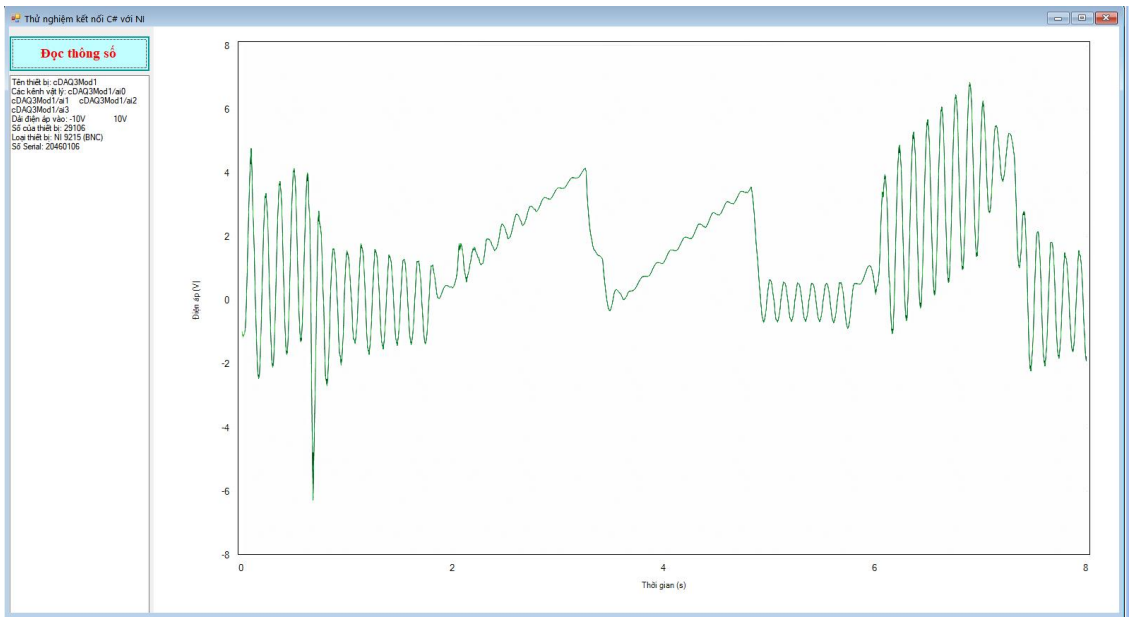
### *3.1. Kết quả*

Tác giả đã thực hiện thử nghiệm kết nối giữa phần mềm C# với thiết bị NI9215. Hình ảnh thí nghiệm như Hình 4.

Thí nghiệm bao gồm: thiết bị phần cứng NI9215, giao diện lấy các thông số cơ bản của NI9215 được xây dựng bởi phần mềm C#, thiết bị NI được kết nối với laptop thông qua dây nối USB. Trên giao diện gồm 2 phần: Textbox để hiển thị các thông số của NI, graph để hiển thị dữ liệu đọc về từ NI.




***Hình 4. Hình ảnh thử nghiệm***




***Hình 5. Kết quả mẫu tín hiệu thu được***

Trong thử nghiệm này, tác giả đã dùng tín hiệu đầu vào là điện áp lấy từ cảm biến dao động. Kết quả của mẫu tín hiệu được vẽ thành đồ thị bởi khối Graph như Hình 5 [4], [5].

Ở đây tác giả chọn Sampling Rates = 8192, tức là lấy 8192 mẫu tín hiệu vào trong một giây. Tốc độ lấy mẫu có thể chọn bất kỳ và nhỏ hơn tốc độ lấy mẫu tối đa cho phép của thiết bị. Tuy nhiên, để thuận tiện cho các thuật toán xử lý số nhị phân thì ta nên chọn tốc độ lấy mẫu là 2n. Cũng trong thử nghiệm này thì tác giả lấy đúng 8192 mẫu, tức là lấy số mẫu tín hiệu trong một giây. Lưu ý, việc lấy bao nhiêu mẫu và tốc độ lấy mẫu không hoàn toàn phụ thuộc vào nhau, điều này còn phụ thuộc vào chế độ lấy mẫu ta cài đặt. Nếu chọn chế độ lấy mẫu là xác định thì số lượng mẫu sẽ nhỏ hơn hoặc bằng tốc độ lấy mẫu, còn với chế độ lấy mẫu là liên tục thì số lượng mẫu không phụ thuộc vào tốc độ lấy mẫu. Tuy nhiên, số lượng mẫu có thể lấy được không phải là vô tận, nó phụ thuộc vào hai yếu tố đó là tốc độ xử lý tín hiệu của máy tính được sử dụng và nằm trong giới hạn của kiểu double.

***3.2. Đánh giá***

Thực hiện theo trình tự các bước được đề cập tại thuật toán giao tiếp giữa C# và NI đã có thể bắt tay được giữa phần mềm C# và thiết bị NI.

Với thử nghiệm đầu tiên này, tác giả không những lấy được mẫu tín hiệu trên một kênh AI của thiết bị NI9215 mà còn truy vấn được các thông số danh định của thiết bị NI9215 bao gồm: Tên thiết bị, tên các kênh vật lý, dải điện áp đầu vào, mã số thiết bị, loại thiết bị và số serial của thiết bị.

Hạn chế của vấn đề nghiên cứu: Mới chỉ lấy dữ liệu trên một kênh đầu vào của thiết bị NI9215, chưa lấy được tín hiệu trên tất cả các kênh đầu vào cũng như chưa thử nghiệm được trên các thiết bị NI khác.

Hướng phát triển nghiên cứu tiếp theo:

+ Một là xây dựng phần mềm lấy dữ liệu trên tất cả các kênh đầu vào của thiết bị NI9215;

+ Hai là thử nghiệm trên một vài thiết bị NI khác.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] www.ni.com/tutorial/5409/en/.

[2] http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/370473H-01/mstudiowebhelp/html/5de00fb2/.

[3] https://forums.ni.com/t5/Measurement-Studio-for-NET/How-to-properly-use-AOChannels-CreateFunctionGenerationChannel/td-p/669811.

[4] https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dd456769.aspx.

[5] https://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.windows.forms.datavisualization.charting.chart(v=vs.110).aspx.

Ngày nhận bài: 14/03/2018
Ngày nhận bản sửa: 02/04/2018
Ngày duyệt đăng: 04/04/2018

# XÂY DỰNG PHẦN MỀM GIẢI CÁC BÀI TOÁN KỸ THUẬT ĐIỆN SỬ DỤNG MATLAB

IMPLEMENTATION SOFTWARE TO CALCULATE ELECTRICAL CIRCUITS USING MATLAB

**PHẠM TÂM THÀNH[1], NGUYỄN KHẮC KHIÊM[2]**
*[1]Phòng Khoa học - Công nghệ, Trường ĐHHH Việt Nam*
*[2]Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Bài báo đã xây dựng phần mềm tính toán, giải một số bài toán kỹ thuật điện sử dụng công cụ Matlab. Các kết quả giải của phần mềm đã đáp ứng được yêu cầu. Trên cơ sở này có thể phát triển phần mềm để tính toán và giải các bài toán tổng quát về kỹ thuật điện. Bài báo có ý nghĩa thực tiễn trong công tác đào tạo nhân lực ngành Điện.*

***Từ khóa**: Mạch điện, tính toán, kỹ thuật điện.*

***Abstract***

*The paper proposed software to calculate electrical circuit using Matlab tool. These calculate results of software are suitable. Based on this software, we can develop this software for general problems. This paper is contributed in training electrical human resources.*

***Keywords**: Electrical circuit, calculate, eletrical engineering.*

## 1. Đặt vấn đề

Đối với kỹ sư điện, việc giải các bài toán kỹ thuật điện là rất quan trọng, là cơ sở, nền tảng để nghiên cứu đánh giá mạch điện và hệ thống điện. Các bài toán kỹ thuật điện được giới thiệu rất chi tiết trong [1], [2]. Việc giải các bài toán kỹ thuật điện thường rất phức tạp và mất nhiều thời gian nếu chúng ta không sử dụng các công cụ hỗ trợ. Để trợ giúp cho điều này cần phải xây dựng phần mềm tính toán và giải các bài toán kỹ thuật điện. Với sự phát triển của công nghệ thông tin, nhiều phần mềm, ngôn ngữ lập trình đã ra đời, có thể sử dụng để giải quyết yêu cầu này. Matlab là một công cụ mạnh về tính toán và mô phỏng [6] và rất hữu ích đối với kỹ sư điện, tiết kiệm thời gian lập trình, nâng cao năng lực tính toán. Một số tài liệu ứng dụng Matlab để giải các bài toán kỹ thuật, bài toán mô hình hóa [4], [5], [7] sử dụng giao diện đồ họa GUI trong Matlab để hiển thị kết quả tính toán. Tài liệu [3] hướng dẫn khá chi tiết một số ứng dụng Matlab để giải quyết bài toán kỹ thuật.

Bài báo này đề xuất ứng dụng công cụ Matlab để xây dựng phần mềm tính toán và giải các bài toán kỹ thuật điện.

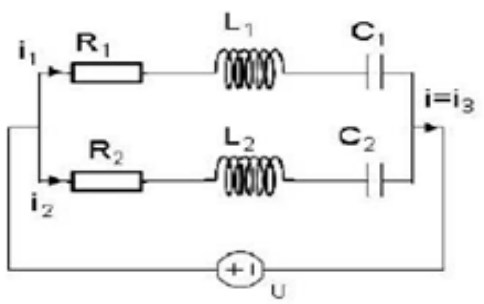
## 2. Phân tích và giải bài toán mạch điện một pha

Các định luật cơ bản và phương pháp được đưa ra trong một số tài liệu [1], [2]. Chúng ta sẽ ứng dụng các lý thuyết đó để giải một số mạch điện điển hình.

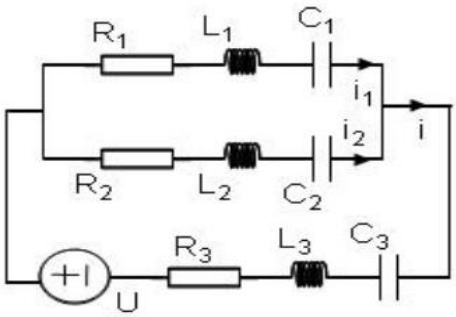
### 2.1. Mạch gồm 2 nhánh RLC mắc song song

Ta có mạch điện như Hình 1. Các bước để tính dòng điện, công suất trên các điện trở và của cả mạch như dưới đây:

- Biết $u=U_0\sqrt{2}\sin\omega t; R_1, L_1, C_1, L_2, R_2$.




***Hình 1. Mạch điện một pha gồm 2 nhánh RLC mắc song song***




***Hình 2. Mạch điện một pha gồm 2 nhánh RLC mắc song song và mắc nối tiếp với một nhánh RLC***

- Biểu diễn bằng số phức:

$$\dot{U} = U_0 e^{j0} = U_0 \quad (V)$$

$$\overline{Z_1} = R_1 + j\omega L_1 - \frac{j}{\omega C_1} \quad (\Omega)$$

$$\overline{Z_2} = R_2 + j\omega L_2 - \frac{j}{\omega C_2} \quad (\Omega)$$

- Tìm các dòng điện theo các biểu thức:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{\overline{Z_1}} = \frac{U_0}{\overline{Z_1}} \text{ (A)}; \quad I_1 = \left|\dot{I}_1\right| \text{ (A)}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}}{\overline{Z_2}} = \frac{U_0}{\overline{Z_2}} \text{ (A)}; \quad I_2 = \left|\dot{I}_2\right| \text{ (A)}$$

$$I = I_1 + I_2 \quad \text{(A)}$$

- Tìm các công suất theo các biểu thức :

$$P_1 = R_1.I_1^2 \quad (W)$$

$$P_2 = R_2.I_2^2 \quad (W)$$

$$P = P_1 + P_2 \quad (W)$$

***2.2. Mạch gồm 2 nhánh RLC mắc song song và mắc nối tiếp với một nhánh RLC***

Ta có mạch điện như Hình 2. Cách tính các dòng điện, công suất trên điện trở và của cả mạch:

- Biết: $u = U_0\sqrt{2}\sin\omega t$ ; $R_1$, $L_1$, $C_1$, $R_2$, $L_2$, $C_2$, $R_3$, $L_3$, $C_3$.

- Biểu diễn bằng số phức:

$$\dot{U} = U_0 e^{j0} = U_0 \quad (V)$$

$$\overline{Z_1} = R_1 + j\omega L_1 - \frac{j}{\omega C_1} \quad (\Omega)$$

$$\overline{Z_2} = R_2 + j\omega L_2 - \frac{j}{\omega C_2} \quad (\Omega)$$

$$\overline{Z_3} = R_3 + j\omega L_3 - \frac{j}{\omega C_3} \quad (\Omega)$$

$$\overline{Z} = \frac{\overline{Z_1}.\overline{Z_2} + \overline{Z_3}(\overline{Z_1} + \overline{Z_2})}{(\overline{Z_1} + \overline{Z_2})} \quad (\Omega)$$

- Tính dòng điện qua mạch theo biểu thức:

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\overline{Z}} = \frac{U_0}{\overline{Z}} \quad (\Omega)$$

- Tính hiệu điện thế $\dot{U}_{12}$ theo biểu thức:

$$\dot{U}_{12} = \dot{I}.\frac{\overline{Z_1}.\overline{Z_2}}{(\overline{Z_1} + \overline{Z_2})}$$

- Tính các dòng điện còn lại:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_{12}}{\overline{Z_1}} \quad (A)$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_{12}}{\overline{Z_2}} \quad (A)$$

- Áp dụng công thức tính độ lớn số phức để tìm độ lớn của các dòng điện. Áp dụng công thức $P=R.I^2$ để tìm công suất trên các điện trở. Công suất của mạch là bằng tổng các công suất thành phần.

***2.3. Mạch hai nút - ba vòng***

Ta có mạch điện như Hình 3. Cách tính các dòng điện, công suất trên các điện trở và của cả mạch như sau:

- Biết: $u_1 = U_{01}\sqrt{2}\sin\omega t$; $u_2 = U_{02}\sqrt{2}\sin\omega t$.
- Chọn chiều các vòng như Hình 4.
- Biểu diễn bằng số phức:

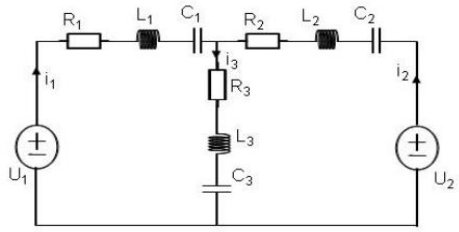
$$\dot{U}_1 = U_{01}e^{j0} = U_{01} \qquad (V)$$

$$\dot{U}_2 = U_{02}e^{j0} = U_{02} \qquad (V)$$

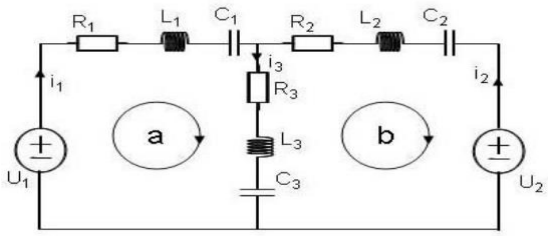
$$\overline{Z_1} = R_1 + j\omega L_1 - \frac{j}{\omega C_1} \qquad (\Omega)$$

$$\overline{Z_2} = R_2 + j\omega L_2 - \frac{j}{\omega C_2} \qquad (\Omega)$$

$$\overline{Z_3} = R_3 + j\omega L_3 - \frac{j}{\omega C_3} \qquad (\Omega)$$




*Hình 3. Mạch điện một pha hai nút - ba vòng*




*Hình 4. Quy ước chiều các vòng*

- Áp dụng phương pháp dòng điện nhánh.
- Phương trình Kirchhoff 1 tại nút A:

$$\dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \qquad (1)$$

- Phương trình Kirchhoff 1 cho hai vòng a, b:

$$\overline{Z_1}\,\dot{I}_1 + \overline{Z_3}\,\dot{I}_3 = \dot{U}_1 = U_{01} \qquad (2)$$

$$-\overline{Z_2}\,\dot{I}_2 - \overline{Z_3}\,\dot{I}_3 = -\dot{U}_2 = -U_{02} \qquad (3)$$

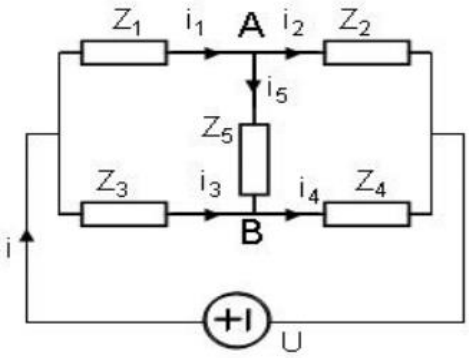
- Giải hệ 3 phương trình (1), (2) và (3) ta tìm được các dòng điện phức $\dot{I}_1$, $\dot{I}_2$, $\dot{I}_3$. Áp dụng công thức tính độ lớn số phức để tìm độ lớn của các dòng điện. Áp dụng công thức $P=R.I^2$ để tìm công suất trên các điện trở. Công suất của mạch bằng tổng các công suất thành phần.

***2.4. Mạch cầu***

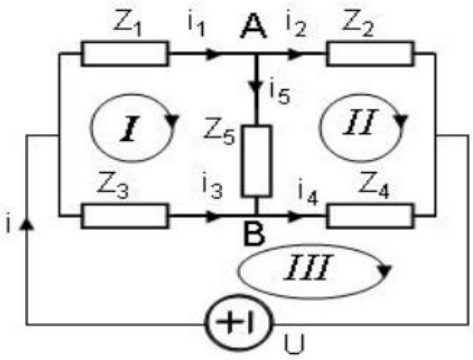
Ta có mạch điện như Hình 5. Chúng ta đưa ra cách tính các dòng điện, công suất trên các điện trở và của cả mạch.

Biết: U, $Z_1$, $Z_2$, $Z_3$, $Z_4$, $Z_5$.

Chọn chiều của các vòng như Hình 6.




*Hình 5. Mạch cầu*




*Hình 6. Chọn các vòng cho mạch cầu*

- Phương trình Kirchhoff 1 cho 3 nút (tùy ý) :

$$\dot{I}-\dot{I}_1-\dot{I}_3=0 \quad (4)$$

$$\dot{I}_1-\dot{I}_2-\dot{I}_5=0 \quad (5)$$

$$\dot{I}_3+\dot{I}_5-\dot{I}_4=0 \quad (6)$$

- Phương trình Kirchhoff 2 cho 3 vòng (đã chọn):

$$\bar{Z}_1\dot{I}_1+\bar{Z}_5\dot{I}_5-\bar{Z}_3\dot{I}_3=0 \quad (7)$$

$$\bar{Z}_2\dot{I}_2-\bar{Z}_4\dot{I}_4-\bar{Z}_5\dot{I}_5=0 \quad (8)$$

$$\bar{Z}_3\dot{I}_3+\bar{Z}_4\dot{I}_4=\dot{U} \quad (9)$$

Giải hệ 6 phương trình (4) ÷ (9) ta tìm được các dòng điện trên các nhánh. Áp dụng công thức $P=R.I^2$ để tìm công suất trên các điện trở. Công suất của cả mạch bằng tổng các công suất thành phần.

## 3. Xây dựng giao diện phần mềm tính toán và một số kết quả

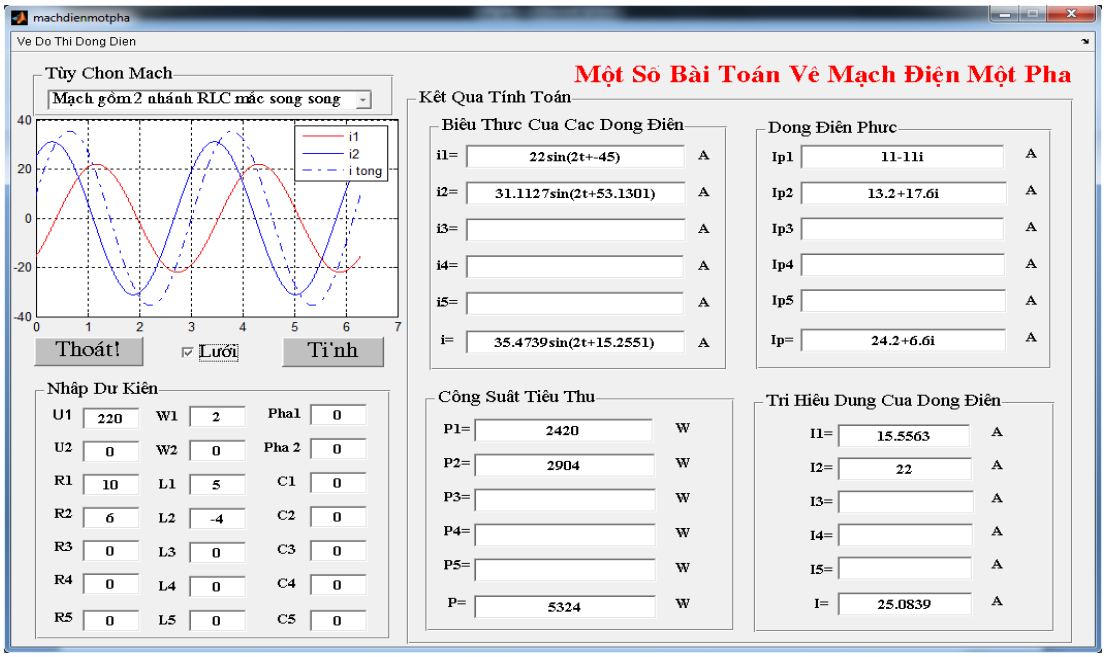
### *3.1. Giao diện giải bài toán mạch điện một pha*

Kết quả giải bài toán mạch điện một pha trong phần 2 được đưa vào phần mềm Matlab, giao diện hiển thị dùng công cụ GUI trong Matlab và kết quả được giao diện hiển thị như Hình 7.

Hình 7 là giao diện chính của chương trình, việc giải một số bài toán mạch điện một pha sẽ được thực hiện trên giao diện này. Tiến trình sử dụng Matlab để giải một số bài toán mạch điện một pha trong chương trình này gồm các bước cơ bản sau:

- Chọn dạng mạch điện;
- Quan sát mạch điện được hiển thị;
- Nhập các giá trị vào vùng “Nhập dữ kiện”;
- Nhấn nút “Tính” để hiển thị kết quả, sau đó có thể tùy chọn để vẽ biểu đồ các dòng điện;
- Quan sát kết quả hiển thị.

Trường hợp cụ thể: Một mạch gồm hai nhánh RLC mắc song song có các dữ liệu như sau: U=220; $X_{L1}$=10Ω, $X_{c2}$=8Ω ; $R_1$=10 $R_2$=6Ω. Ta chọn $\omega_1$=2.




*Hình 7. Giao diện kết quả*

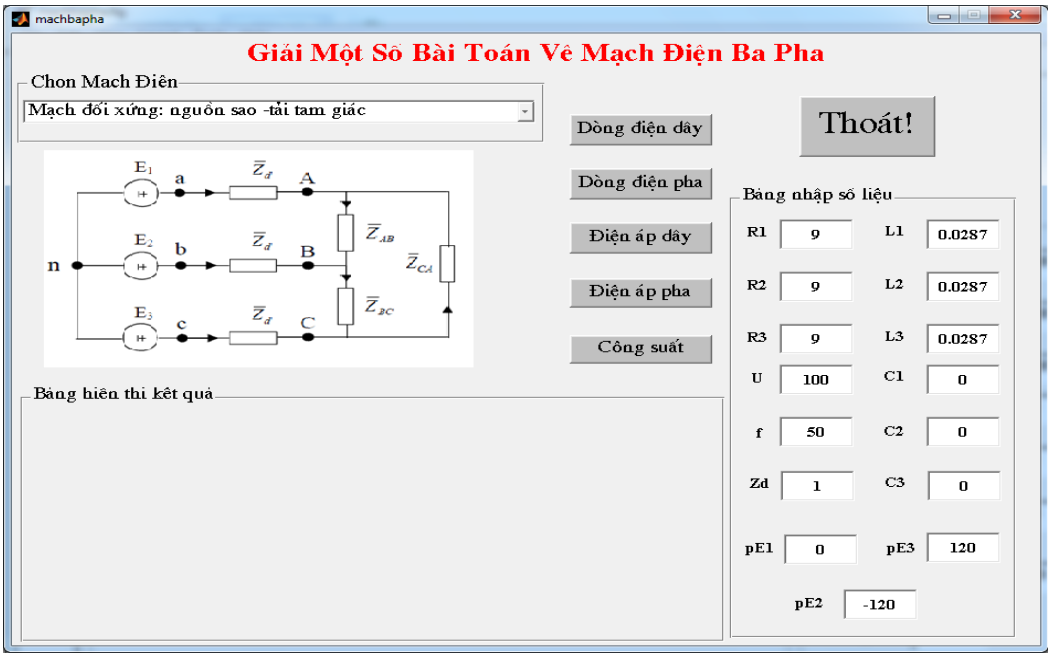
### *3.2. Giao diện giải mạch điện ba pha*

Tương tự như đối với mạch điện một pha, sau khi tiến hành giải mạch điện ba pha, chúng ta tiến hành cài đặt và viết chương trình tính, giao diện hiển thị sử dụng Matlab. Giao diện cho phép người dùng để giải một số bài toán mạch điện ba pha trong chương trình này gồm các bước cơ bản sau:

- Chọn dạng mach điện;
- Quan sát mạch điện được hiển thị;
- Nhập các giá trị vào vùng “Bảng nhập số liệu”;
- Nhấn các nút “Dòng điện dây”, “Dòng điện pha”, “Điện áp dây”, “Điện áp pha”, “Công suất” để hiển thị kết quả tương ứng;
- Quan sát kết quả hiển thị.

Ví dụ: Ta cần giải mạch điện ba pha đối xứng nguồn nối sao - tải nối tam giác có các thông số sau: Điện áp nguồn U=100V, Zd=1Ω, f=50hz, R1=R2=R3=9Ω, L1=L2=L3=28,7mH, cả ba pha đều không có tụ điện.

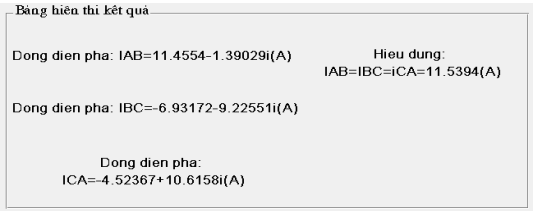
Ta sẽ chọn sơ đồ và nhập dữ liệu như sau:



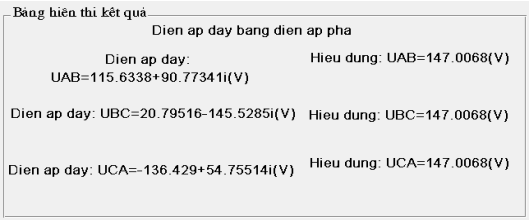

***Hình 8. Ví dụ chọn mạch đối xứng nguồn nối sao - tải nối tam giác***

Các kết quả được hiển thị:

***Hình 9. Giao diện hiển thị dòng điện dây***




***Hình 10. Giao diện hiển thị dòng điện pha***




***Hình 11. Giao diện hiển thị điện áp***

***Hình 12. Giao diện hiển thị công suất***

### *3.3. Tính toán máy biến áp hai dây quấn công suất nhỏ*

*a. Các bước thực hiện trên giao diện người dùng*

Các bước sử dụng giao diện người dùng để tính toán máy biến áp hai dây quấn trong chương trình:

Bước 1: Chọn loại mạch từ, số đầu vào, số đầu ra.

Bước 2: Nhập các giá trị vào vùng "Thông số vào ra" và vùng "Chọn các hệ số". Để trống các ô "Mật độ dòng điện j", "Bề dày $e_{kh}$" ở vùng "Chọn các hệ số" để nhập sau khi biết được công biểu kiến $S_2$.

Bước 3: Nhấn nút "Cập nhật" để tính các thông số $a_{max}$, $a_{min}$, $S_2$, sau đó với giá trị tìm được của $S_2$ ta tra các Bảng 1 hoặc Bảng 2 để chọn mật độ dòng điện j; tra Bảng 3 để chọn bề dày khuôn $e_{kh}$. Đồng thời chọn kích thước ngang của lõi thép a với $a_{min} < a < a_{max}$.

Bước 4: Nhấn nút "Tính" để tính các thông số còn lại.

Bước 5: Nhấn nút "Kết quả" để xem kết quả hiển thị. Dùng nút "Tiếp theo" hoặc "Quay lại" để xem các kết quả.

***Bảng 1. Quan hệ giữa J theo $S_2$ (khi biến áp làm việc dài hạn)***

| $S_2$ (VA) | 0 - 50 | 50 - 100 | 100 - 200 | 200 - 500 | 500 - 1000 |
|---|---|---|---|---|---|
| J (A/mm$^2$) | 4 | 3,5 | 3 | 2,5 | 2 |

***Bảng 2. Quan hệ giữa J với $S_2$ (khi biến áp làm việc dài hạn)***

| $S_2$ (VA) | 0 - 50 | 50 - 100 | 100 - 200 | 200 - 500 | 500 - 1000 |
|---|---|---|---|---|---|
| J (A/mm$^2$) | 6 - 5 | 5,5 - 4,5 | 5 - 4 | 4,5 - 3,5 | 4 - 3 |

***Bảng 3. Chọn bề dày khuôn $e_{kh}$ theo cấp công suất biến áp $S_2$***

| $S_2$ (VA) | 1 - 100 | 100 - 200 | 200 - 500 | 500 - 1000 | 1000 - 3000 |
|---|---|---|---|---|---|
| $e_{kh}$ (mm) | 0,5 ÷ 1 | 1 | 1,5 ÷ 2 | 2 ÷ 3 | 3 ÷ 4 |

*b. Quá trình tính toán máy biến áp hai dây quấn*

Giả sử ta cần tính một biến áp hai dây quấn. Máy biến áp là loại ba đầu vào và ba đầu ra. Các thông số vào ra như sau: Đầu vào: U11 = 110(V), U12 = 220(V), U13 = 380(V); Đầu ra: U21 = 30(V), U22 = 60(V), U23 = 18(V), I21 = 5(A), I22 = 2(A), I23 = 1(A); Loại mạch từ là EI: Chọn Khd = 1; Lá thép kỹ thuật điện có hàm lượng silic từ 2% ÷ 4%: Chọn B = 1,2; Loại dây quấn là dây đồng tiết diện tròn: Chọn Kq = 0,93; Các hệ số Ch như sau : Ch1 = 1,065, Ch2 = 1,075, Ch3 = 1,2. Sau khi nhập thông số trên cửa sổ nhập thông số ta có kết quả tính toán như Hình 13, 14 (gồm có 2 trang).

***Hình 13. Giao diện xuất kết quả tính toán MBA hai dây quấn (trang 1)***

***Hình 14. Giao diện xuất kết quả tính toán MBA hai cuộn dây (trang 2)***

## 4. Kết luận

Bài báo đã phân tích và giải một số mạch điện. Ứng dụng phần mềm Matlab xây dựng giao diện phần mềm tính toán, giải mạch điện một pha, mạch điện ba pha, tính toán máy biến áp. Với kết

quả đạt được ban đầu của bài báo là cơ sở để tiến hành phân tích, giải các bài toán tổng quát trong kỹ thuật điện, hệ thống điện, phục vụ cho học viên, sinh viên ngành Điện.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đặng Văn Đào, *Kỹ thuật điện*, Nhà xuất bản Giáo dục, 1997.
[2] Nguyễn Kim Đính, *Bài tập kỹ thuật điện*, Nhà xuất bản ĐHQG TP. Hồ Chí Minh, 2003.
[3] Nguyễn Hoài Sơn, *Ứng dụng Matlab trong tính toán kỹ thuật*, Nhà xuất bản ĐHQG TP. Hồ Chí Minh, 2000.
[4] Vương Tấn Sĩ, *Giáo trình Matlab*, Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ, 2000.
[5] Nguyễn Phùng Quang, *Matlab&Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2002.
[6] Phần mềm Matlab Version 7.0.1 Service Pack 2 của MatWork.
[7] Abdullah Eroglu, *Complete Modeling of Toroidal Inductors for High Power RF Applications*, IEEE Transactions on Magnetics, Vol.48, No.11, pp. 4526-4529, 2012.

Ngày nhận bài: 14/03/2018
Ngày nhận bản sửa: 02/04/2018
Ngày duyệt đăng: 06/04/2018

# VẤN ĐỀ SỬ DỤNG NHIÊN LIỆU NẶNG CHỨA HÀM LƯỢNG LƯU HUỲNH THẤP CHO ĐỘNG CƠ TÀU THỦY

PROBLEMS OF USING ULTRA LOW SULFUR RESIDUAL FUEL FOR MARINE ENGINES

**LƯU QUANG HIỆU**
*Khoa Máy tàu biển, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Các quy định nghiêm ngặt về phát thải đã bắt đầu có hiệu lực từ ngày 1 tháng 1 năm 2015 cho tất cả các tàu hoạt động trong khu vực kiểm soát phát thải $SO_x$ (SECA). Theo quy định của Phụ lục VI Công ước MARPOL 73/78, hàm lượng lưu huỳnh tối đa trong nhiên liệu được sử dụng trên tàu không được vượt quá 0,10% khi hoạt động tại SECA. Các loại nhiên liệu mới chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp đã có mặt trên thị trường để đáp ứng giới hạn 0,1% lưu huỳnh trong SECA. Nghiên cứu này đề cập đến những thách thức liên quan đến việc sử dụng nhiên liệu nặng chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp. Các vấn đề cần giải quyết là hàm lượng Al+ Si trong dầu nặng, tính tương thích giữa các nhiên liệu và sự ăn mòn ứng suất.*

***Từ khóa**: Nhiên liệu nặng, nhiên liệu chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp, khả năng bôi trơn, máy lọc, ăn mòn ứng suất.*

***Abstract***

*Stricter emission regulations came into force on 1 January 2015 for all the ships operating in $SO_x$ Emission Control Areas (SECA). As regulated by MARPOL 73/78 Annex VI, the maximum Sulphur content of any fuel used on board may not exceed 0,10% when operating in SECA. New types of low sulfur residual fuels are entering the market in response to the 0,1% sulfur SECA limit. The present study deals with the challenges associated with the utilization of low sulfur residual fuel. The issues dealt are cat fines in heavy fuel oil, compatibility between fuels and stress corrosion.*

***Keywords**: Residual fuel, ultra low sulfur fuel, lubricity, separator, stress corrosion.*

## 1. Đặt vấn đề

Theo quy định của phụ lục VI thuộc Công ước quốc tế MARPOL 73/78 về ngăn ngừa ô nhiễm do tàu gây ra, từ ngày 01 tháng 01 năm 2015, yêu cầu về hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu sử dụng cho tàu hoạt động trong khu vực kiểm soát phát thải ($SO_x$ Emission Control Area - SECA) đã chính thức có hiệu lực. Việc tuân thủ quy định mới về hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu sử dụng cho tàu biển, buộc chủ tàu phải lựa chọn sử dụng nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh dưới 0,1%, sử dụng nhiên liệu thay thế như khí tự nhiên hóa lỏng hay hệ thống xử lý khí thải đảm bảo giảm phát thải một cách có hiệu quả tương đương được thành viên tham gia Phụ lục VI của Công ước MARPOL phê chuẩn.

Sử dụng nhiên liệu khí tự nhiên hóa lỏng hay sử dụng nhiên liệu truyền thống chứa hàm lượng lưu huỳnh cao kết hợp với hệ thống xử lý khí thải cũng có thể áp dụng để bảo đảm hàm lượng phát thải khí độc hại nằm trong giới hạn cho phép. Tuy nhiên hiện nay, còn nhiều khó khăn về công nghệ, cơ sở hạ tầng, huấn luyện đội ngũ thuyền viên,… vì thế trong thời gian này các tàu hoạt động trong SECA buộc phải chuyển sang sử dụng nhiên liệu chứa hàm lượng lưu huỳnh dưới 0,1%.

Hiện nay, ngoài nhiên liệu chưng chất trên thị trường đã xuất hiện loại nhiên liệu nặng (residual fuel - RM) chứa hàm lượng lưu huỳnh nhỏ hơn 0,1% sử dụng khi tàu hoạt động trong vùng kiểm soát khí thải, đặc tính của nhiên liệu này thể hiện trên Bảng 1. Những loại nhiên liệu này thường được gọi là nhiên liệu lưu huỳnh siêu thấp (ULSFO). Chúng không phải là nhiên liệu chưng cất truyền thống, mà là hỗn hợp các sản phẩm thu được từ các nhà máy lọc dầu mà trước đây chưa từng được sử dụng rộng rãi cho động cơ tàu thủy.

## 2. Vấn đề sử dụng nhiên liệu nặng chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp

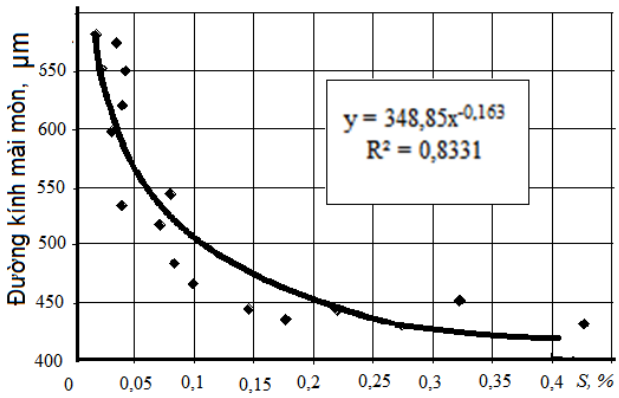
Các công ty lọc dầu như Lukoil, Shell,… đã đưa ra thị trường loại nhiên liệu tàu thủy mới, sử dụng khi tàu hoạt động trong vùng kiểm soát phát thải độc hại từ tàu. Về đặc tính kĩ thuật, các nhà cung cấp nhiên liệu quảng cáo rằng: nhiên liệu thân thiện môi trường là dạng nhiên liệu chưng cất loại nặng, kết hợp được các đặc tính mong muốn tốt nhất của nhiên liệu nặng và nhiên liệu chưng cất. Do tính chất lai của mình, loại nhiên liệu này chiếm vị trí trung gian giữa dầu nhiên liệu nặng và nhiên liệu chưng cất. Hiện tại, chưa có tiêu chuẩn chất lượng cụ thể loại nhiên liệu này. Nhiên liệu nặng chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp có độ nhớt động học cao hơn nhóm dầu DO loại DMA. Độ

nhớt cao hơn đảm bảo đạt được độ nhớt tối ưu trong quá trình phun nhiên liệu hiệu quả vào trong buồng đốt động cơ. Khả năng bôi trơn của loại nhiên liệu này cũng vượt qua DMA, vì thế không cần sử dụng thêm các chất phụ gia tăng khả năng bôi trơn. Hàm lượng lớn paraffin cao phân tử giúp giảm thiểu mài mòn các bề mặt ma sát của hệ thống nhiên liệu [1, 2].

***Bảng 1. Các chỉ số hóa-lý của nhiên liệu nặng chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp***

| Tên chỉ tiêu | SK Energy ULSFO | Shell ULSFO | RMD 80 ISO 8217 | LUKOIL ТСЭ «А» | DMA ISO 8217 |
|---|---|---|---|---|---|
| Độ nhớt động học ở 40°C, cSt, min-max | – | – | – | – | 6 |
| Độ nhớt động học ở 50°C, cSt, min-max | 30 - 40 | 10 - 60 | 80 | 65 | – |
| Khối lượng riêng ở 15°C, kg/m$^3$ | 928 | 790 - 910 | 975 | 910 | 889 |
| CCAI | 790 - 800 | 800 | 860 | 860 | – |
| Trị số xêtan | – | 40 | – | – | 40 |
| Hàm lượng lưu huỳnh, % khối lượng | 0,1 | <0,1 | – | 0,095 | 1,5 |
| Điểm chớp cháy cốc kín, °C | 70 | >60 | 60 | 60 | 60 |
| Trị số axit, mg KOH/g | – | <0,5 | 2,5 | 2,5 | 0,5 |
| Cặn cacbon, % | 6 | 2 | 14 | 14 | 0,3 |
| Điểm đông đặc, °C | 20 - 25 | 18 | 30 | 20 | -6 |
| Hàm lượng nước, % | 0,2 | 0,05 | 0,5 | 0,1 | Không có |
| Hàm lượng tro, % khối lượng max | – | 0,01 | 0,07 | 0,07 | 0,01 |
| Vanadi, mg/kg | 0,7 | 2 | 150 | 2 | – |
| Natri, mg/kg | 2 | 10 | 100 | 2 | – |
| Al + Si, mg/kg | 10 - 20 | 12 - 20 | 40 | 15 | – |

Tuy nhiên nghiên cứu của chúng tôi lại chỉ ra rằng, thực tế không hoàn toàn như vậy. Khả năng bôi trơn của nhiên liệu nặng chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp kém hơn DMA. Khả năng bôi trơn của nhiên liệu phụ thuộc vào hàm lượng lưu huỳnh chứa trong nó. Quá trình khử lưu huỳnh làm thay đổi số lượng cũng như thành phần các liên kết lưu huỳnh trong nhiên liệu, các liên kết còn lại có tính hoạt động bề mặt kém, không đủ khả năng lớp màng bảo vệ trên bề mặt ma sát [3]. Hình 1 thể hiện sử ảnh hưởng của hàm lượng lưu huỳnh trong nhiên liệu đến khả năng bôi trơn (thí nghiệm thực hiện trên máy đo khả năng bôi trơn "Bốn bi cầu" theo GOST 9490-75). Rõ ràng, khi hàm lượng lưu huỳnh nhỏ hơn 0,1% thì đường kính mài mòn các bi cầu tăng mạnh. Bên cạnh đó, nhiệt độ đông đặc của RM khá cao nên phải bố trí thiết bị hâm dầu ở két.




***Hình 1. Ảnh hưởng của hàm lượng lưu huỳnh đến khả năng bôi trơn của nhiên liệu***

Nghiên cứu các nguồn tài liệu cho thấy, khi sử dụng dầu nhiên liệu có hàm lượng lưu huỳnh thấp cho động cơ tàu thủy, một số vấn đề có thể nảy sinh, chẳng hạn như sự gia tăng hàm lượng

*alumin và silicat* (Al + Si) trong nhiên liệu, không tương thích với các nhiên liệu khác và hiện tượng ăn mòn ứng suất (*stress corrosion*).

Trong nhiên liệu nặng có hàm lượng lưu huỳnh nhỏ hơn 0,1%, có thể tìm thấy hạt mài mòn. AL+Si được sử dụng với vai trò chất xúc tác trong quá trình cracking dầu mỏ. Kích thước của các hạt xúc tác thường là 40 - 60µm, nhưng trong quá trình cracking tạo ra các hạt có kích thước 10 - 20µm và lắng đọng trong các phân đoạn dầu nặng. Những hạt này còn sót lại trong quá trình sản xuất nhiên liệu hay khi hòa trộn các phân đoạn dầu nặng. Sự có mặt của tạp chất này trong nhiên liệu dẫn đến gia tăng tỷ lệ mài mòn lên gấp hàng trăm lần [6].

Hiện nay, giới hạn cho phép sự có mặt của AL+Si trong nhiên liệu nặng theo ISO 8217-2017 là 40 - 50mg/kg, nhưng các công ty chế tạo diesel tàu thủy khuyến cáo rằng nồng độ các hạt mài mòn trong nhiên liệu trước khi vào động cơ nên thấp hơn 10ppm [7]. Vì vậy, cần phải sử dụng hệ thống lọc nhiên liệu để loại bỏ AL+Si. Các hệ thống lọc phải được điều chỉnh để làm việc ở nhiệt độ cao hơn và tốc độ lọc chậm hơn mức thông thường. MAN Diesel & Turbo đề xuất khoảng nhiệt độ cần hâm nhiên liệu khi lọc, được thể hiện trong Bảng 2.

***Bảng 2. Nhiệt độ yêu cầu nhỏ nhất khi lọc***

| **Loại nhiên liệu** | **Nhiệt độ nhỏ nhất của nhiên liệu trong máy lọc,** °C |
|---|---|
| Nhiên liệu chưng cất | 40 - 50 |
| Nhiên liệu nặng chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp | 98 |
| Nhiên liệu nặng | 98 hoặc cao hơn |

Các vấn đề tương thích phát sinh khi các thành phần trong nhiên liệu không kết hợp được với nhau, ví dụ khi trộn các nhiên liệu có hàm lượng hydrocacbon thơm cao (asphaltenes), chẳng hạn như trong HFO, với nhiên liệu của loại aliphatic/parafinic, ví dụ như nhiên liệu chưng cất mới có hàm lượng lưu huỳnh nhỏ hơn 0,1%. Kết quả, tạo ra lượng lớn cặn dầu trong két, phin lọc và máy lọc dầu [6].

Ngoài ra, một số loại nhiên liệu dạng này có thể có tác dụng tẩy rửa đối với các két chứa. Cặn dầu từ các loại nhiên liệu nặng hình thành theo thời gian trong két chứa và khi thêm nhiên liệu mới vào trong két có khả năng làm bong các mảng bám và mang chúng đến phin lọc.

Khi hòa trộn nhiên liệu nặng chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp với nhiên liệu thông thường, nguy cơ không tương thích là rất cao (Hình 2).

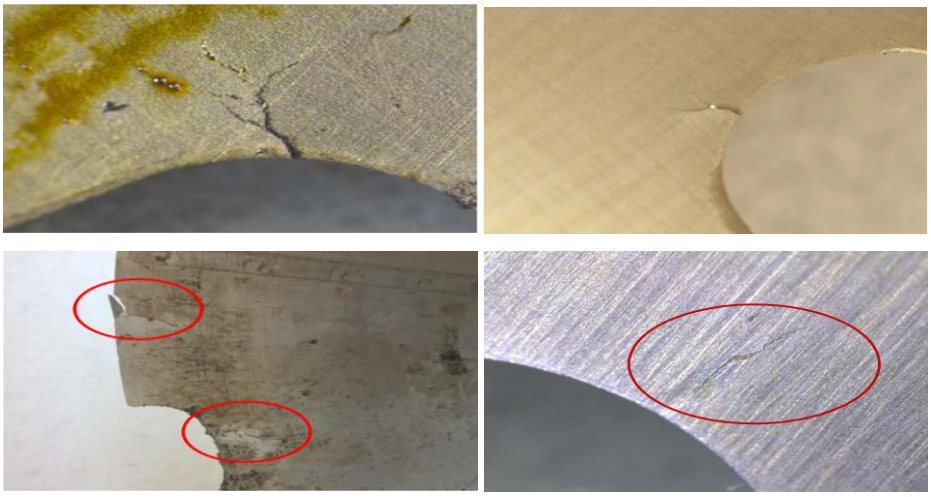
***Hình 2. Kiểm tra trên giấy lọc khi trộn hai loại nhiên liệu***

Sự bất ổn vốn có của nhiên liệu chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp sẽ tạo ra các mối đe dọa đến hoạt động an toàn của động cơ tàu thủy, cụ thể là: giảm chất lượng cháy, tăng đột biến muội bám trên động cơ, gia tăng phát thải bụi có thể nhìn thấy và hình thành bùn cặn trong hệ thống nhiên liệu. Giảm tính ổn định của nhiên liệu đồng thời có thể làm tăng lượng phát thải. Sử dụng nhiên liệu chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp thường hình thành các hợp chất cacbon không cháy và phát thải hạt bụi. Tính ổn định kém của nhiên liệu có thể tạo hắc ín và bùn trong thời gian bảo quản, đồng thời tạo muội ở vòi phun, cháy xém xupap [7].

Trong thông báo của các hãng *Alfa Laval* và *GEA Mechanical Equipment/ GEA Westfalia Separator Group* [4, 5], đưa ra gần như cùng thời điểm cũng đề cập tới vấn đề này. Trong khoảng thời gian gần đây xảy ra một vài trường hợp sự cố ở máy lọc, đặc biệt ở các đĩa lọc, dưới tác dụng của hóa chất chứa trong nhiên liệu nặng dẫn đến ăn mòn ứng suất. Ăn mòn ứng suất có thể gây ra do các halogen như là florua, clorua, bromua, iodua, astatide và sulfua lẫn trong nhiên liệu nặng.

Máy lọc trên tàu được chế tạo để lọc những loại nhiên liệu và dầu bôi trơn tiêu chuẩn. Làm việc với môi trường ăn mòn có thể dẫn đến những sự cố nghiêm trọng ở máy lọc. Một số trường hợp có thể phá hủy máy lọc và các thiết bị máy móc gần đó. Khi làm việc với loại nhiên liệu này cần

thường xuyên kiểm tra sự ăn mòn. Nếu quá trình ăn mòn gây ra các vết nứt ở máy lọc thì cần dừng khai thác ngay để tránh hỏng máy lọc và nguy hiểm cho người vận hành.



***Hình 3. Các vết nứt trên đĩa lọc Alfa Laval và GEA***

**3. Kết luận**

- Khi nhận dầu nặng chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp nên kiểm tra khả năng bôi trơn của nhiên liệu và mức độ tương thích với các loại nhiên liệu hiện có trên tàu. Nếu không thể kiểm tra thì nên tránh hòa trộn các loại nhiên liệu với nhau, làm sạch két trước khi nhận dầu, đường dầu hồi khi động cơ làm việc với nhiên liệu lưu huỳnh thấp nên dẫn về két riêng;

- Cần thường xuyên kiểm tra độ mài mòn của các thiết bị hệ thống nhiên liệu, đặc biệt ở bơm cao áp và máy lọc khi làm việc với nhiên liệu nặng chứa hàm lượng lưu huỳnh thấp.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] ЛУКОЙЛ запускает новое экологическое судовое топливо. <URL:http://portnews.ru/upload/basefiles/1117_lukoil.pdf >.

[2] Shell Trading & Supply marine fuels. <URL:https://www.shell.com/business customers/marine/fuel/ulsfo/_jcr_content/par/textimage.stream/1473174550832/3b2ee2813d9f9ceb756bd7b5ade60c1ea828f0abe6b8d3f7c1e0364fa6c2aea9/typical-properties-shell-ulsfo.PDF>.

[3] Надежкин, А. В., К. Х. Лыу. Разработка методики оценки влияния характеристик судовых дистиллятных топлив на их смазывающую способность. Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. № 2:148-152.

[4] Alfa Laval, Bulletin № 32390. Corrosion attacks on marine centrifuges used in fuel operation. 2016. 3 p.

[5] GEA Mechanical Equipment, Technical Bulletin № 115 Corrosion on disc stacks and bowl parts. 2015. 5 p.

[6] John E. Kokarakis, Emmanuel J. Kokarakis, Agamemnon Apostolidis. Challenges Associated with the Use of Low Sulphur Fuels. <URL:http://www.sname.org/HigherLogic/System/DownloadDocumentFile.ashx?DocumentFileKey=45f844b2-b532-4d5a-bd62-226e950491f2>.

[7] MAN Diesel & Turbo. Guideline for the Operation of Marine Engines on Low Sulphur Distillate Diesel. 2013. 23 p.

Ngày nhận bài: 14/03/2018
Ngày nhận bản sửa: 28/03/2018
Ngày duyệt đăng: 30/03/2018

# LẬP TUYẾN ĐƯỜNG TRÁNH VA CHO TÀU BIỂN ÁP DỤNG THUẬT TOÁN FLOYD

COLLISION-AVOIDING ROUTE BY APPLYING FLOYD ALGORITHM

**ĐINH GIA HUY, NGUYỄN MẠNH CƯỜNG, PHAN VĂN HƯNG**

*Khoa Hàng hải, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Sự nở rộ của ngành khoa học máy tính vào những năm 1990 đã bổ sung một hướng đi mới cho các nghiên cứu tự động tránh va tàu biển. Việc nghiên cứu áp dụng các thuật toán tìm đường của máy tính vào quá trình tránh va tàu biển đã được quan tâm đến. Bài báo này đề xuất một phương pháp tránh va dựa vào thuật toán Floyd, một mạng lưới điểm waypoint dựng sẵn sẽ được thiết kế để bao phủ khu vực tàu chủ hành hải. Các điểm waypoint an toàn sẽ được kết nối với nhau để tạo ra đường chạy tàu mới, đảm bảo cho con tàu luôn đến đích an toàn và tránh khỏi các nguy cơ đâm va. Chương trình mô phỏng sẽ được xây dựng nhằm ghi lại toàn bộ chuyển động tàu và đưa ra những phân tích đánh giá cụ thể để chứng minh tính hiệu quả của hệ thống.*

***Từ khóa***: *Mô hình MMG, thuật toán Floyd, mạng, điểm chuyển hướng tàu, nhóm Heuristic.*

***Abstract***

*The computer science has been booming as never before from 1990s, contributing to an enlargement of novel concepts for automatic collision avoidance at sea. The study of applying shortest path search in computer field into an automatic collision avoidance performance has been considered. This article proposes a collision avoidance method based on the Floyd algorithmic, a net of waypoints is constructed to cover the own ship's navigable area. The safety waypoint will be connected together in order to product new route, ensuring that own ship's will arrive safety and avoid the risk of collisions. The simulation is generated to record the entire dynamic motion of ship and provide detailed analysis to demonstrate the effectiveness of the system.*

***Keywords***: *MMG model, Floyd algorithm, net, waypoint, Heuristic group.*

## 1. Đặt vấn đề

Các hệ thống lập tuyến đường tự động cho tàu biển có thể được phân chia thành 2 nhóm cơ bản phụ thuộc vào phương pháp tiếp cận để thiết kế thuật toán nguồn của hệ thống. Cụ thể nhóm thứ nhất là deterministic approach, các hệ thống luôn tuân theo một tập hợp các bước tính toán và luật phức tạp để tìm ra đường tránh va hiệu quả. Trong khi đó ở nhóm thứ hai, heuristic approach lại đi tìm các khoảng trống của không gian tìm kiếm để đưa ra những đường chạy tàu gần như tối ưu thỏa mãn đủ yêu cầu của nhà thiết kế hệ thống. Cho đến nay, các nghiên cứu ở trên cả 2 nhóm đều đưa ra được những hệ thống tự động tránh va (TĐTV) hiệu quả, tuy nhiên ưu thế của cả hai là tương đương khi các hệ thống TĐTV ở nhóm thứ nhất có ưu thế trong việc dễ dàng tuân thủ theo các quy tắc tránh va quốc tế hay các mục đích tránh va nhất định, còn nhóm thứ hai lại nhanh chóng đưa ra đường đi ngắn nhất và gần như tối ưu.

Để áp dụng các thuật toán nhóm Heuristic vào hệ thống TĐTV, một ma trận điểm chuyển hướng (waypoint) sẽ được xây dựng bao phủ toàn bộ khu vực tàu hành hải, được gọi là "mạng (net)". Phương pháp xây dựng mạng rất phổ biến trong các hệ thống TĐTV và như một tiền đề để áp dụng các thuật toán nhóm Heuristic. Phương thức này được sử dụng trong các nghiên cứu: Gia Huy Dinh & Nam-Kyun Im (2017) [1], Ki-Yin Chang (2003) [2], Minh Duc Nguyen [3], Blaich, M. et al (2012) [4],… Các thuật toán sẽ tự bỏ đi các điểm trong mạng bị che khuất bởi mục tiêu hay vùng nguy hiểm xung quanh mục tiêu, một đường chạy tàu ngắn nhất nối từ vị trí tàu hiện tại đi qua các điểm còn lại trong mạng tới vị trí điểm đích sẽ được đáp ứng bởi thuật toán. Những thuật toán rất hiệu quả thường được sử dụng đó là Dijkstra do Dijkstra giới thiệu năm 1959 hay thuật toán di truyền (Genetic algorithm), thuật toán đàn kiến, A*,... Bài báo này đề xuất việc sử dụng thuật toán Floyd, ưu điểm của thuật toán này là có thể áp dụng cho một mạng có kích thước lớn hơn nhiều so với một số thuật toán nhóm Heuristic khác. Ngoài ra với sự thay đổi đột ngột và nhanh chóng của các mục tiêu, đường chạy tàu mới sẽ được vẽ lại ngay mà không cần thực hiện quá trình tính toán mới.

## 2. Thuật toán Floyd

Thuật toán Floyd được nhà khoa học Robert Floyd giới thiệu năm 1962, lý thuyết thuật toán Floyd có thể được mô tả như sau: Với một đồ thị có hướng, trọng số $G = (V, E)$ với $n$ đỉnh và $m$

cạnh. Mục tiêu là đi tìm *d(u, v)*, tất cả lộ trình từ đỉnh *u* tới đỉnh *v* trong đồ thị. Trong đó, thuật toán đi tính chi phí của các lộ trình và tìm ra *c[u, v]*, lộ trình có chi phí thấp nhất từ đỉnh *u* tới *v.* Với mỗi đỉnh *k* thuộc đồ thị cho ta 1 tới *n* lộ trình. Lộ trình có chi phí thấp nhất *c[u, v]* được tính bằng công thức:

$$c[u,v] = \min(c[u,v], c[u,k] + c[k,v]) \quad (1)$$

Cách tìm lộ trình có chi phí nhỏ nhất:

For *k:=1* to *n* do

For *u:= 1* to *n* do

For *v:= 1* to *n* do

$$c[u,v] = \min(c[u,v], c[u,k] + c[k,v])$$

Giả định $C^k[u,v]$ là chi phí của lộ trình ngắn nhất từ *u* tới *v* đi qua các đỉnh của tập hợp {1,2, ..., *k*}. Hiển nhiên, khi *k*=0 thì:

$$c^0[u,v] = c[u,v] \quad (2)$$

Lộ trình ngắn nhất từ *u* tới *v* chỉ đi qua các đỉnh chuyển tiếp {1, 2, …, *k*}, tuy nhiên:

- Nếu không đi qua đỉnh *k*, mà chỉ đi qua các đỉnh {1, 2, 3, …, *k*-1}, thì:

$$c^k[u,v] = c^{k-1}[u,v] \quad (3)$$

- Đi qua đỉnh *k* sau đó đường đi ngắn nhất là sự kết hợp của 2 đoạn từ *u* tới *k* và từ *k* tới *v*:

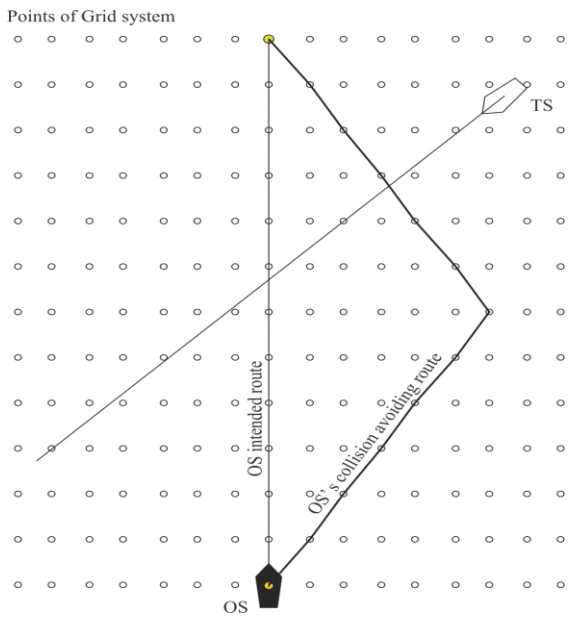
$$c^k[u,v] = c^{k-1}[u,k] + c^{k-1}[k,v] \quad (4)$$

Mục tiêu là đi tìm $C^k[u,v]$ để xác định chi phí nhỏ nhất, nên:

$$c^k[u,v] = \min(c^{k-1}[u,v], c^{k-1}[u,k], + c^{k-1}[k,v]). \quad (5)$$

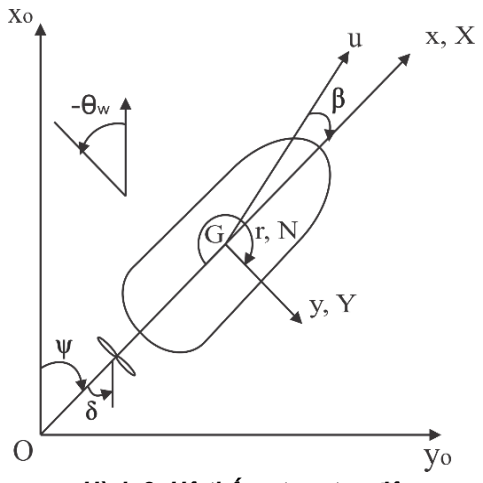
Tổng kết, *Cn[u,v]* được tính toán. Lộ trình ngắn nhất từ *u* tới *v* chỉ đi qua các điểm trung gian trong tập {1, 2, …, n}.

**3. Nguyên lý hệ thống**




***Hình 1. Nguyên lý tìm đường đi của hệ thống thông qua mạng***

Kết quả tính toán vùng nguy hiểm xung quanh tàu (domain) của Gia Huy Dinh & Nam-Kyun Im (2017) [1] sẽ được sử dụng trong bài báo này. Mạng lưới điểm waypoint được xây dựng với các điểm cách đều nhau 0,5NM theo chiều trái qua phải và từ trên xuống dưới. Nguyên lý hoạt động như sau: Khi di chuyển, domain của tàu mục tiêu (Target ship) (TS) sẽ che đi các điểm mà nó đè lên trong mạng (Hình 1), hệ thống sẽ loại bỏ các điểm này như là các điểm nguy hiểm nằm trong khu vực xung quanh TS. Thuật toán Floyd sẽ sử dụng các điểm còn lại trong mạng để tìm đường đi ngắn nhất dẫn tàu chủ (Own ship) (OS) đến điểm đích.




*Hình 2. Hệ thống trục tọa độ*

## 4. Kết quả mô phỏng

Mô hình MMG sẽ được sử dụng trong chương trình mô phỏng này (Mathematical Models of Maneuvering Motion Group) để mô phỏng đặc tính động học của tàu chủ. Các chuyển động tịnh tiến surge, sway and yaw được xác định trong mô phỏng này trên hệ trục tọa độ Hình 2: $Ox_oy_oz_o$ (hệ trục trái đất); Gxyz (hệ trục tọa độ gắn lên trọng tâm tàu).

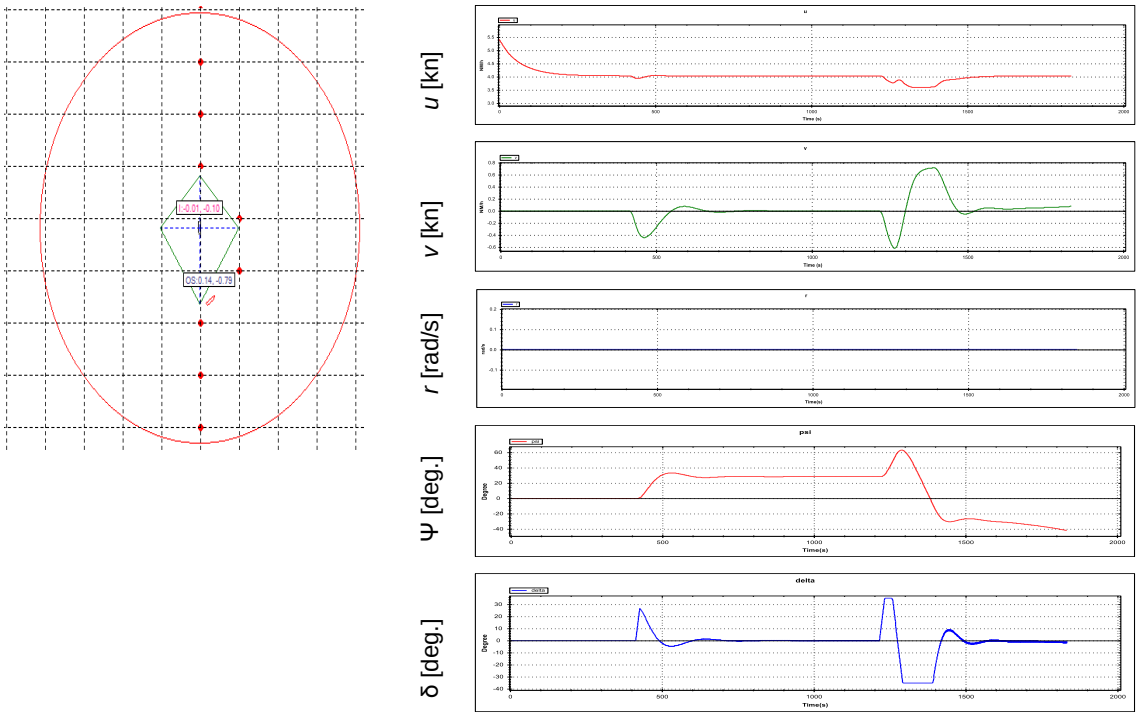
$$\begin{cases} (m+m_x)\dot{u}-(m+m_y)vr = X_H + X_P + X_R \\ (m+m_y)\dot{v}+(m+m_x)ur = Y_H + Y_P + Y_R \\ (I_{zz}+J_{zz})\dot{r} = N_H + N_P + N_R \end{cases} \quad (6)$$

Trong đó, *m:* trọng lượng tàu; $m_x$: Added mass in surge (trọng lượng cộng thêm theo hướng dịch chuyển phía trước); $m_y$: Added mass in sway direction (trọng lượng cộng thêm theo hướng dịch chuyển ngang) $I_{zz}$: Mass moment of inertia (mô men quán tính gây ra bởi trọng lượng tàu); $J_{zz}$: Added mass moment of inertia (mô men quán tính gây ra bởi trọng lương tàu cộng thêm); *u,v,r*: Surge, sway and yaw velocity of ship (Vận tốc tàu theo hướng dịch chuyển về phía trước, ngang và quay); $X_H$, $Y_H$,$N_H$: hydrodynamic forces and moment acting on rudder of ship (các lực thủy động học và moment tác động lên vỏ tàu.

Cụm từ tàu chủ (OS) được sử dụng đại diện cho tàu huấn luyện, SAE NURI của trường Đại học Hàng hải Quốc gia Mokpo, Hàn Quốc. Các hệ số thủy động học của mô hình tàu được mô tả trong Bảng 1 cùng với kịch bản mô phỏng.

***Bảng 1. Hệ số thủy động học của OS và kịch bản mô phỏng***

| Hydrodynamic coefficients of model ship | Simulation scenario |
|---|---|
| $X'_{\beta r}$=-0.5012;$X'_{uu}$=0.183;<br>$Y'_{\beta}$=0.2496;$Y'_{r}$=0.0542;<br>$Y'_{\beta\beta}$=0.8755;$Y'_{rr}$=-0.0028;<br>$Y'_{\beta\beta r}$=0.8937;$Y'_{\beta rr}$=-0.3561;<br>$N'_{\beta}$=0.1379;$N'_{r}$=-0.0488;<br>$N'_{\beta\beta}$=-0.00782;$N'_{rr}$=-0.0430;<br>$N'_{\beta\beta r}$=-0.0480;$N'_{\beta rr}$=-0.3789. | OS: $X_{current}$: 00.00 $X_{wp}$: 00.00<br>$Y_{current}$: -50.00 $Y_{wp}$: 75.00<br>TS: $X_{current}$: 00.00 $X_{wp}$: Unknow<br>$Y_{current}$: 37.50 $Y_{wp}$: Unknow<br>OS's course: 0°<br>TS's course: 180°<br>OS's velocity: 5.44 (kn) TS's velocity: 5.00 (kn)<br>$LOA_{OS}$: 103 (m) $LOA_{TS}$: 300 (m)<br>OS: Traning ship TS: Container<br>Grid: On Index: 0<br>Wind: No Current: No<br>Trace: 0n Determined Situation: Head-on |




***Hình 3. Kết quả mô phỏng ghi lại theo thời gian quá trình tránh va***

Từ khi tình huống tránh va bắt đầu cho đến khi kết thúc là lúc OS cắt mặt phẳng sườn ngang của TS, bánh lái của OS bẻ góc lớn nhất 35$^o$ tại t=1230 (s) cho tới 1385 (s). Quá trình tránh va kết thúc khi t≈1500 (s) cùng thời điểm với giá trị Collision risk <0 (được tính toán từ bộ tự động đánh giá đâm va của hệ thống). Các chỉ số thể hiện sự ít vận động của bánh lái (MIA) và độ mượt của quá trình tránh va (MTV) cũng được tính toán có giá trị lần lượt là: 3,882 và 0,4932, hai chỉ số này được thể hiện rõ ràng trong đồ thị dịch chuyển tiến (*u*), dịch chuyển ngang (*v*) tại Hình 3. Kết quả mô phỏng là rất tốt, OS đã hoàn thành quá trình tránh va rất nhanh chóng và đi qua TS an toàn.

## 5. Kết luận

Bài báo đề xuất một phương pháp tự động tránh va tàu biển dựa trên thuật toán tìm đường đi ngắn nhất của ngành khoa học máy tính. Bằng cách tạo các điểm chuyển hướng cách đều nhau được bố trí thành một mạng lưới đã giúp hệ thống dễ dàng áp dụng các thuật toán tìm đường nhóm Heuristic vào công tác tránh va tàu biển. Thuật toán Floyd đã được sử dụng trong bài báo cho ra kết quả tránh va rất tốt, tàu chủ đã tránh va thành công và đến điểm đích an toàn trong tất cả các tình huống mô phỏng tương tự. Thuật toán cho phép tính toán trên một mạng rộng các điểm waypoint, điều này rất thuận lợi cho công tác khảo sát mục tiêu trên diện rộng để sớm phát hiện ra các nguy cơ đâm va. Trong nghiên cứu tiếp theo, bố trí điểm trong mạng lưới sẽ được tự động khởi tạo sao cho phù hợp với từng tình huống tránh va, giảm thiểu các điểm thừa.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Gia Huy Dinh and Nam-Kyun Im, “A Study on the Construction of Stage Discrimination Model and Consecutive Waypoints Generation Method for Ship’s Automatic Avoiding Action”, *International Journal of Fuzzy logic and Intelligent System*, Vol. 17, pp. 294-306, 2017.

[2] Ki-Yin Chang and Gên Eu Jan, A method for searching optimal route with collsion avoidance on raster charts, Journal of navigation, Vol. 56, pp. 371- 384. 2013.

[3] Minh Duc Nguyen’s doctoral thesis, Tokyo University of Marine Science and Technology. 2012

[4] Blaich, M., Rosenfelder, M., Schuster, M., Bittel, O., and Reuter, J. Fast Grid Based Collision Avoidance for Vessels using A * Search Algorithm. In Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR), 17th International Conference on. Miezyzdroje. 2012.

Ngày nhận bài: 14/03/2018
Ngày nhận bản sửa: 27/03/2018
Ngày duyệt đăng: 29/03/2018

# ĐÁNH GIÁ PHƯƠNG PHÁP ĐỐT DẦU TẠI CHỖ ĐỂ ĐỀ XUẤT ÁP DỤNG TRONG ỨNG PHÓ TRÀN DẦU TRÊN CÁC VÙNG BIỂN VIỆT NAM

ASSESSMENT OF IN-SITU BURNING METHOD TO PROPOSE APPLYING IN OIL SPILL RESPONSE IN VIETNAM WATERS

**HOÀNG XUÂN BẰNG**

*Khoa Hàng hải, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Hiện nay, đốt dầu tại chỗ đã được công nhận như là một phương pháp thay thế khả thi để làm sạch dầu tràn trên biển. Khi thực hiện trong điều kiện thích hợp, đốt tại chỗ có thể làm giảm nhanh chóng lượng dầu tràn, giảm thời gian thu gom, vận chuyển, bảo quản và xử lý dầu thu hồi. Đồng thời làm giảm khả năng dầu lan truyền trên mặt biển, ngăn chặn dầu tiếp xúc với các khu vực nhạy cảm, khó làm sạch và do đó giúp bảo vệ môi trường Việt Nam là quốc gia ven biển đang đứng trước nguy cơ tràn dầu ngày càng cao. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào về đốt dầu tại chỗ trong ứng phó sự cố tràn dầu trên biển. Trong nghiên cứu này, tác giả phân tích các ưu, nhược điểm của phương pháp đốt dầu tại chỗ cũng như so sánh với các phương pháp ứng phó tràn dầu khác. Từ đó, đề xuất áp dụng phương pháp đốt dầu tại chỗ trên các vùng biển Việt Nam.*

***Từ khóa**: Sự cố tràn dầu, ứng phó tràn dầu, đốt tại chỗ, vùng biển Việt Nam.*

***Abstract***

*Currently, in-situ burning has been recognized as a viable alternative to clean up oil spills at sea. When performed in proper conditions, in-situ burning can rapidly reduce the amount of oil spill, reduce the recovery, transport, storage and treatment of recovered oil. At the same time it reduces the ability of oil to spread on the surface of water, preventing oil contact with sensitive areas, difficult to clean up and thus help to protect the environment. Vietnam is a coastal country facing increasing oil spill risks. However, there are not studies on in-situ burning in response to oil spill incident. In this study, the author analyzes the advantages and disadvantages of in-situ burning methods as well as the comparison with other oil spill response methods. Since then, in-situ burning methods have been proposed for application in Vietnam waters.*

***Keywords**: Oil spill incident, oil spill response, in-situ burning, Vietnam waters.*

## 1. Đặt vấn đề

Việt Nam là quốc gia có bờ biển dài, có hệ sinh thái biển đa dạng, và nhiều khu vực nhạy cảm môi trường ven bờ trải dài qua 28 tỉnh, thành phố ven biển. Trong những năm gần đây, nền kinh tế Việt Nam đã và đang phát triển nhanh dẫn đến nhu cầu về năng lượng tăng cao trong đó dầu mỏ và các sản phẩm từ dầu mỏ đóng vai trò rất quan trọng. Kéo theo, các hoạt động liên quan đến dầu như khai thác, chế biến và vận chuyển dầu tăng nhanh. Bên cạnh đó, hoạt động vận chuyển dầu quốc tế ngang qua vùng biển Việt Nam để kết nối các nền kinh tế lớn ở Châu Á như Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc với Trung Đông và Liên minh Châu Âu. Do đó, nguy cơ xảy ra các sự cố tràn dầu trên biển Việt Nam ngày càng gia tăng [1]. Yêu cầu về khả năng ứng phó sự cố tràn ở các cấp tại Việt Nam cần được trang bị các nguồn lực phù hợp để xây dựng các bản kế hoạch sẵn sàng ứng phó các sự cố tràn dầu có thể xảy ra trong tương lai.

Trên thế giới hiện hay đang phổ biến một số phương pháp để ứng phó với sự cố tràn như thu hồi dầu cơ học bằng skimmer, sử dụng chất hấp thụ dầu, dùng hóa chất phân tán dầu, đốt dầu tại chỗ,… Trong đó, đốt dầu tại chỗ được xem là phương pháp đem lại hiệu quả ứng phó cao và được sử dụng trong thực tế ứng phó các sự cố tràn dầu lớn. Chi tiết ưu điểm và nhược điểm của mỗi phương pháp sẽ được tóm tắt trong Bảng 3. Do đó, nghiên cứu áp dụng phương pháp đốt tại chỗ là việc làm cấp thiết, là một phần không thể thiếu trong quá trình xây dựng kế hoạch chuẩn bị, sẵn sàng ứng phó sự cố tràn dầu, đặc biệt đối với các sự cố tràn dầu lớn ở khu vực biển ngoài khơi. Tuy nhiên, hiện nay chưa có nghiên cứu đánh giá nào về phương pháp đốt dầu tại chỗ để ứng dụng tại Việt Nam. Cùng với đó là sự thiếu hụt các tài liệu liên quan đến phương pháp đốt dầu tại chỗ trong ứng phó sự cố tràn dầu tại Việt Nam.

Trong nghiên cứu này, tác giả phân tích các ưu, nhược điểm của phương pháp đốt dầu tại chỗ và so sánh với các phương pháp khác từ đó đề xuất áp dụng tại một số khu vực trong ứng phó sự cố tràn dầu dầu tại Việt Nam.

## 2. Tổng quan về phương pháp đốt cháy tại chỗ

### *2.1. Lịch sử phát triển [1] [4] [6]*

Việc đốt cháy tại chỗ dầu trên nước được biết đến đầu tiên là sử dụng vật chắn nổi để đốt dầu trên sông Mackenzie năm 1958. Việc đốt cháy dầu không thành công ở sự cố tràn dầu Torry Canyon vào năm 1968 dẫn tới việc mở rộng nghiên cứu về phương pháp đốt dầu tại chỗ ở Mỹ, Canada vào nhưng năm 1970. Rất nhiều thử nghiệm đã được tiến hành như cuộc thử nghiệm ngoài khơi lớn nhất, rộng nhất đã diễn ra tại bờ biển Newfoundland, Canada vào tháng 8 năm 1993 với sự tham gia của 25 tổ chức từ Mỹ và Canada. Hai thùng dầu 50.000 lít đã được đổ và đốt cháy trong một phao quây dầu. Trong thử nghiệm, hơn 200 thông số đã được đo và đánh giá.

***Bảng 1. Tóm tắt lịch sử áp dụng và thử nghiệm phương pháp đốt tại chỗ** [1] [4] [6]*

| Năm | Quốc gia | Sự cố/địa điểm | Miêu tả |
|---|---|---|---|
| 1958 | Canada | Mackenzie, NWT | Lần đầu tiên sử dụng phương pháp đốt dầu trên sông |
| 1967 | Anh | Torrey Canyon | Khó khăn trong việc nhóm lửa khi sử dụng các thiết bị quân sự để đốt dầu |
| 1969 | Hà Lan | Nhiều thử nghiệm | KONTAX nhóm lửa thành công |
| 1970 | Canada | Arrow | Đốt cháy thành công trong bể hạn chế |
| 1970 | Thụy Điển | OTHELLO/KATELYSIA | Đốt dầu trên băng và trong bể |
| 1973 | Canada | Thử nghiệm Rimouski | Một vài đám cháy của nhiều loại dầu trên bùn lầy |
| 1975 | Canada | Thử nghiệm Vịnh Balaen | Nhóm lửa thành công nhiều vệt dầu |
| 1976 | Mỹ | Argo Merchant | Cố gắng nhóm lửa cho lớp dầu mỏng |
| 1976-82 | Canada | Chuỗi các thử nghiệm | Nghiên cứu nhiều thông số của đốt cháy |
| 1979 | Mid-Atlantic | Atlantic Empress/ Aegean Captain | Dầu được đốt trên biển sau tai nạn |
| 1979 | Canada | Imperial ST. Clair | Đốt dầu ở điều kiện bang giá |
| 1980 | Canada | Thử nghiệm McKinley | Thử nghiệm đốt dầu ở các độ dày khác nhau |
| 1983 | Canada | Edgar Jordain | Tàu chở dầu nhiên liệu và dầu nhiên liệu gần đó bốc cháy |
| 1983 | Canada | Chuỗi thử nghiệm | Kiểm tra đốt cháy các vệt dầu tự do |
| 1989 | Mỹ | Exxon Valdez | Thực hiện kiểm tra đốt cháy sử dụng phao quây dầu |
| 1993 | Canada | Newfoundland offshore | Đốt thành công toàn bộ khu vực ngoài khơi |
| 1994, 96, 2001 | Mỹ | North Slope | Đốt quy mô lớn để đo khói |
| 1994 | Na Uy | Chuỗi Spitzbergen | Đốt quy mô lớn dầu thô và nhũ tương |
| 1994 | Anh | Thử đốt | Lần đầu kiểm tra phao quây dầu |
| 1997 | Mỹ | North Slope | Kiểm tra đốt trên sóng |
| 2004 | Na Uy | Đốt trên băng | Kiểm tra đốt trên băng tảng và vụn |
| 2010 | Mỹ | Deepwater Horizon | Đốt thành công 401 lần |
| 2013 | Đan Mạch | Dư lượng sau đốt | Xem xét theo điều kiện thời tiết |
| 2014 | Mỹ, Anh | Đốt dầu trong hốc băng | Tính toán khả năng cháy |
| 2015 | Đan Mạch | Hiệu quả đốt | Theo độ dày vệt dầu |
| 2017 | Đan Mạch | Grant DDF - 1335-00282 | Sự bốc hơi và hiệu suất đốt |

Đáng chú ý là tất cả mức phát thải khí và mức ô nhiễm cách 150m so với vị trí đốt có ảnh hưởng đến sức khỏe, tuy nhiên ở khoảng cách trên 500m thì mức độ là rất khó phát hiện. Mức độ khí thải là thấp hơn so với phương pháp đốt truyền thống. Có nhiều cuộc thử nghiệm khác được tiến hành vào các năm 1991, 1992 và 1994 tại các cơ sở của Cảnh sát biển Hoa Kỳ để đo các thông số vật lý và giữ liệu phát thải. Việc đốt cháy thành công rất nhiều vết dầu loang tại sự cố tràn dầu Deepwater Horizon là một minh chứng quý giá cho việc áp dụng phương pháp này (Hình 1).

### *2.2. Cơ sở khoa học của phương pháp đốt dầu tại chỗ*

Các nguyên tắc cơ bản của đốt cháy dầu tại chỗ tương tự như cũng bất kỳ đám cháy nào đó là hội tụ đầy đủ 3 yếu tố: Nguyên liệu cháy, ô-xy và nguồn đánh lửa [2], [3], [4] Nguyên liệu cháy được cung cấp bởi sự bốc hơi của dầu. Sự bốc hơi của dầu phải đủ để tạo ra sự đốt cháy ở trạng thái ổn định, thông thường là 1 đến 4mm/phút (khoảng 2000 - 5000lít/m$^2$/ngày). Tỉ lệ này giới hạn bởi lượng ô-xy sẵn có và lượng nhiệt bức xạ trở lại vệt dầu, cũng như công năng của loại dầu và điều kiện môi trường. Nếu không đủ lượng dầu bốc hơi, lửa sẽ không bắt cháy hoặc sẽ nhanh chóng bị tắt. Hơi dầu được tạo ra phụ thuộc vào lượng nhiệt bức xạ trở lại với dầu (khoảng 2 - 3%). Nếu dầu quá mỏng, lượng nhiệt này sẽ truyền xuống lớp nước biển. Phần lớn lớp dầu phải dày khoảng 0,5 - 3mm mới đủ để tiến hành đốt. Nếu lượng bốc hơi lớn hơn lượng có thể đốt cháy sẽ xuất hiện bồ hóng do sự cháy không hoàn toàn, các giọt nhiên liệu bay dưới gió hay các vụ nổ nhỏ hay các quả cầu lửa. Hiện tượng này thường được quan sát khi xăng hoặc dầu nhẹ cháy. Dầu diesel và dầu hỏa khi đốt cháy có xu hướng tán nhỏ hơn là bốc hơi như các loại dầu khác. Điều này dẫn đến sự hình thành bồ hóng rõ ràng và nặng hơn. Đặc tính cháy của một số loại dầu phổ biến được tóm tắt trong Bảng 2.

***Hình 1. Đốt dầu trong ứng phó sự cố tràn dầu Deepwater Horizon***

***Bảng 2. Đặc tính cháy của một số loại dầu phổ biến***

| **Loại dầu** | **Khả năng cháy** | **Dễ bắt lửa** | **Cháy lan rộng** | **Tốc độ cháy** (mm/phút) | **Bồ hóng** | **Phạm vi hiệu quả** (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dầu hỏa | cao | rất dễ | rất nhanh | 4 | trung bình | 95-99 |
| Dầu DO | cao | dễ | vừa phải | 3,5 | rất cao | 90-98 |
| Dầu thô nhẹ | cao | dễ | vừa phải | 3,5 | cao | 85-98 |
| Dầu thô trung bình | vừa phải | dễ | vừa phải | 3,5 | trung bình | 80-95 |
| Dầu thô nặng | vừa phải | trung bình | vừa phải | 3 | trung bình | 75-90 |
| HFO | rất thấp | khó | chậm | 2 | thấp | 40-70 |

## 3. Ưu, nhược điểm của đốt dầu tại chỗ

### *3.1. Ưu điểm*

Phương pháp đốt dầu tại chỗ có ưu điểm khác biệt so với các phương pháp ứng phó sự cố tràn dầu khác, bao gồm:

+ Loại bỏ nhanh chóng một lượng dầu lớn trên mặt nước;
+ Giảm đáng kể lượng dầu yêu cầu xử lý;
+ Tỉ lệ hiệu quả cao;
+ Yêu cầu thiết bị và nhân lực ít;
+ Có thể là lựa chọn duy nhất trong một số trường hợp chẳng hạn điều kiện dầu trong băng.

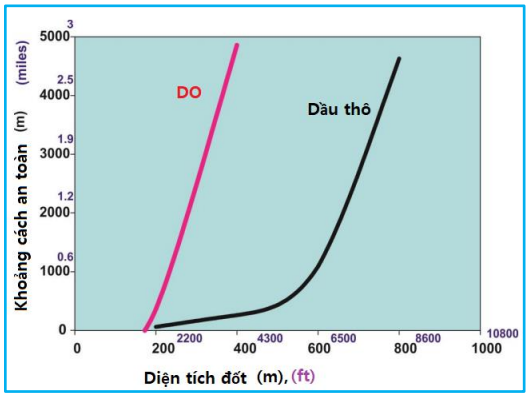
Điểm nổi bật nhất của những ưu điểm này là khả năng nhanh chóng loại bỏ lượng lớn dầu. Khi sử dụng đúng thời điểm và đúng điều kiện, đốt cháy tại chỗ có thể loại bỏ dầu với hiệu quả rất cao trên mặt nước. Điều này ngăn cản dầu lan truyền sang các khu vực khác và gây ô nhiễm bờ biển và sinh vật. So với phương pháp thu hồi dầu cơ học, một lượng lớn dầu lẫn nước được thu hồi phải lưu trữ, vận chuyển, xử lý. Trong khi đốt dầu chỉ tạo ra dư lượng nhỏ các chất dễ thu hồi và có thể giảm khi đốt tiếp.

***3.2. Nhược điểm***

Đốt cháy tại chỗ cũng tồn tại một số nhược điểm sau:

- Làn khói đen lớn tạo ra có chứa khí độc đi vào không khí và nước;
- Khung thời gian có thể đốt hạn chế;
- Dầu phải dày tới vài mm mới có thể bắt lửa, đốt theo định lượng và thường phải được quây để đạt được độ dày này.
- Nguy cơ cháy lan sang các vật liệu dễ cháy nổ khác;
- Phế thải sau khi đốt phải được xử lý.

Nhược điểm rõ nhất của phương pháp này là lượng khí phát thải. Có nhiều nghiên cứu mở rộng được tiến hành để đo lường và phân tích các khí phát thải.




***Hình 2. Dự báo khoảng cách an toàn** [4]*

***Bảng 3. Ưu, nhược điểm của một số phương pháp ƯPSCTD phổ biến***

| Phương pháp | Ưu điểm | Nhược điểm |
|---|---|---|
| Thu hồi dầu cơ học | - Giảm thiểu thiệt hại thấp nhất | - Chi phí cao;<br>- Hiệu quả không ổn định. |
| Sử dụng chất hấp thụ dầu | - Sẵn có ở các khu vực nhạy cảm | - Huy động nhiều nhân lực;<br>- Tạo ra nhiều chất thải. |
| Sử dụng chất phân hủy dầu | - Ứng phó nhanh;<br>- Áp dụng được trong điều kiện thời tiết xấu;<br>- Loại bỏ dầu bề mặt;<br>- Giảm nhũ tương;<br>- Tăng diện tích cho quá trình phân hủy tự nhiên. | - Không áp dụng được ở các khu vực nhạy cảm;<br>- Dễ thẩm thấu vào các lớp trầm tích;<br>- Bị giới hạn bởi loại dầu;<br>- Tạo thêm chất. |
| Đốt dầu tại chỗ | - Loại bỏ nhanh chóng một lượng dầu lớn trên mặt nước;<br>- Giảm đáng kể lượng dầu yêu cầu xử lý;<br>- Tỉ lệ hiệu quả cao;<br>- Yêu cầu thiết bị và nhân lực ít;<br>- Có thể là lựa chọn duy nhất trong một số trường hợp như sự cố gần khu vực nhạy cảm. | - Làn khói đen lớn tạo ra có chứa khí độc đi vào không khí và nước;<br>- Khung thời gian có thể đốt hạn chế;<br>- Dầu phải dày tới vài mm mới có thể bắt lửa, đốt theo định lượng và thường phải được quây để đạt được độ dày này.<br>- Nguy cơ cháy lan sang các vật liệu dễ cháy nổ khác;<br>- Phế thải sau khi đốt phải được xử lý. |

**4. Tính toán hiệu quả đốt cháy**

Hiệu suất đốt cháy được tính bằng phần trăm dầu được loại bỏ sơ với dư lượng còn lại sau khi đốt. Hiệu suất đốt (H) có thể được tính theo công thức (1), $V_i$ với là lượng ban đầu của dầu, $V_r$ là lượng dầu còn dư lại sau khi đốt [4] [5].

$$H = \frac{V_i - V_r}{V_i} \quad (1)$$

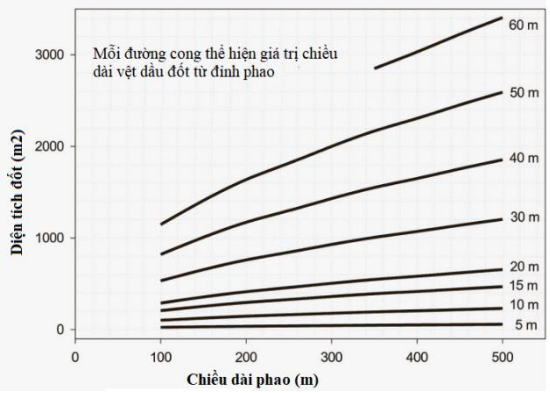
Hiệu quả đốt bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như độ dày của vệt dầu, hay các vệt dầu không liên tục, và loại dầu cũng như các ảnh hưởng của cường độ và hướng gió.

Chúng ta cũng có thể tính lượng dầu đã được đốt cháy theo công thức (2), $V_f$ là lượng dầu đã đốt, $A_b$ là diện tích đốt (Hình 3), t là thời gian đốt, r là tốc độ đốt.

$$V_f = A_b \times t \times r \quad (2)$$

**5. Kết luận và kiến nghị**

Các vùng nước biển và hải đảo Việt Nam đang phải đối mặt với nguy cơ ô nhiễm dầu tăng nhanh. Yêu cầu xây dựng các phương pháp ứng phó cụ thể để xây dựng kế hoạch ứng phó phù hợp với điều kiện mỗi khu vực. Trong nghiên cứu này, tác giả giới thiệu tổng quan về lịch sử hình thành và phát triển của phương pháp đốt tại chỗ, cơ sở khoa học của phương pháp, ưu điểm, nhược điểm của phương pháp cũng như các công thức tính hiệu suất đốt và lượng dầu đã đốt. Đây là phương pháp cho hiệu quả cao trong thời gian ngắn với chi phí các nguồn lực thấp, tuy nhiên lại tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm không khí và môi trường nước. Từ các phân tích ở trên, tác giả đề xuất như sau:




***Hình 3. Biểu đồ sử dụng để tính diện tích đốt** [4]*

Cần mở rộng nghiên cứu để xây dựng các tiêu chuẩn về lượng khí phát thải vào môi trường không khí cũng như môi trường nước (khoảng cách an toàn);

Nghiên cứu chế tạo các thiết bị cần thiết để đốt cháy dầu như thiết bị đánh lửa, phao quây dầu chuyên dụng;

Xây dựng quy trình triển khai phương pháp đốt.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Nguyễn Mạnh Cường, Phan Văn Hưng. *Đánh giá nguy cơ tràn dầu và nâng cao khả năng ứng cứu tràn dầu trên vùng biển Việt Nam.* Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 49 - 01/2017, 2017.

[2] Buist, I., Window of opportunity for in situ burning. Proceedings of theIn Situ Burning of Oil Spills Workshop. MMS. NIST SP 935, 21-30, 1998.

[3] Buist, I.A., Ross, S.L., Trudel, K.B., Taylor, E., Campbell, T.G., Westphal, P.A., Myers, M.R., Ronzio, G.S., Allen, A.A.,Nordvick, A.B., The Science, Technology, and Effects of Controlled Burning of Oil Spills at Sea. Marine Spill Response Corporation, Washington, DC, 1994.

[4] Fingas, M., "In-situ Burning", Chapter 23, in Oil Spill Science and Technology, M. Fingas, Editor, Gulf Publishing Company, NY, NY, pp. 737-903, 2011.

[5] Fingas, M.F., F. Ackerman, K. Li, P. Lambert, Z. Wang, M.C. Bissonnette, et al., The Newfoundland Offshore Burn Experiment - NOBE - Preliminary Results of Emissions Measurement, AMOP, 1099, 1994 28 Booher, L.E. and B. Janke, Air Emissions from Petroleum Hydrocarbon Fires during Controlled Burning, Amer. Indus. Hyg. Assoc. J., 359, 1997.

[6] McLeod, W.R. and D.L. McLeod, Measures to Combat Offshore Arctic Oil Spills, Preprints of the 1972 Offshore Technology Conference, 141, 1972.

Ngày nhận bài: 15/03/2018
Ngày nhận bản sửa: 04/04/2018
Ngày duyệt đăng: 06/04/2018

# MÔ PHỎNG TIẾN TRÌNH XẾP DỠ HÀNG TRÊN TÀU HÀNG RỜI PHỤC VỤ ĐÀO TẠO VÀ HUẤN LUYỆN HÀNG HẢI

THE SIMULATION OF CARGO HANDLING PROCESS ON BULK CARRIERS FOR MARITIME EDUCATION AND TRAINING

**TỪ MẠNH CHIẾN[1], NGUYỄN CÔNG VỊNH[1], NGUYỄN KIM PHƯƠNG[2]**

*[1]Trường Cao đẳng VMU*

*[2]Viện Đào tạo Sau đại học, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Trên cơ sở mô tả toán học mối quan hệ giữa các yếu tố trong hoạt động xếp dỡ hàng hóa trên tàu hàng rời, chương trình mô phỏng tiến trình làm hàng đã được xây dựng. Chương trình gồm ba khối chính: khối tàu, khối cảng, khối hiển thị trạng thái tàu, có các chức năng đáp ứng yêu cầu đào tạo và huấn luyện hàng hải phù hợp với quy định quốc tế.*

***Từ khóa**: Mô phỏng hàng hải, xếp dỡ hàng, tàu hàng rời, đào tạo và huấn luyện hàng hải.*

***Abstract***

*Based on a mathematical description of the relationship between the elements of cargo handling on bulk carriers, the simulation of the cargo handling process has been developed. The program consists of three main blocks: ship, port and ship status display with the functions to meet the requirements of maritime education and training in accordance with international regulations.*

***Keywords**: Maritime simulation, cargo handling, bulk carriers, maritime education and training.*

## 1. Đặt vấn đề

Nhằm đáp ứng đòi hỏi của Công ước STCW 78/2010, các cơ sở đào tạo hàng hải trong nước đã tiến hành những giải pháp khả thi và hiệu quả trong hoạt động đào tạo, huấn luyện, trong đó có giải pháp về mô phỏng hàng hải. Hiện nay các trường hàng hải trong nước đã có phòng mô phỏng hàng hải hiện đại phục vụ cho công tác đào tạo, huấn luyện. Tuy nhiên, chức năng mô phỏng mới tập trung chủ yếu vào công tác hành hải. Trong khi đó, một trong những tiêu chuẩn bắt buộc đối với sỹ quan boong đó là năng lực đối với công tác hàng hóa.

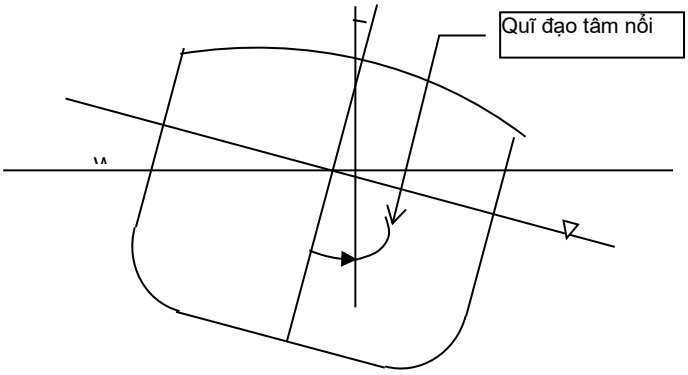
Hiện nay hệ thống mô phỏng xếp dỡ hàng đã được thực hiện bởi các hãng mô phỏng trên thế giới như TRANSAS, KONGSBERG,… để phục vụ cho huấn luyện sĩ quan hàng hải. Tuy nhiên các hệ thống này chưa có chức năng mô phỏng tiến trình xếp dỡ hàng khô nói chung và hàng rời nói riêng. Vì thế, việc nghiên cứu xây dựng chương trình mô phỏng tiến trình xếp dỡ hàng trên tàu hàng rời là cần thiết. Kết quả nghiên cứu có đóng góp nhất định cho việc phát triển kỹ thuật mô phỏng hệ thống trên tàu thủy phục vụ cho đào tạo, huấn luyện trên bờ, đồng thời góp phần phát triển huấn luyện qua mô phỏng đáp ứng các tiêu chuẩn Công ước STCW 78/2010.

## 2. Xây dựng chương trình mô phỏng tiến trình xếp dỡ hàng trên tàu hàng rời

### *2.1. Mô hình toán mô phỏng hoạt động xếp dỡ hàng*

#### *2.1.1. Mô hình toán ổn định, mớn nước và sức bền của tàu*

Để có thể mô phỏng tác động của việc xếp dỡ hàng cũng như các tương tác có thể thực hiện của người sĩ quan làm hàng với con tàu cần phải xây dựng được mô hình toán học của một con tàu.Trong mô hình toán này, con tàu là một đối tượng có các thuộc tính sau: Lượng dãn nước D, Mớn nước mũi dF, Mớn nước lái dA, Mớn nước giữa dM, Mớn nước tương đương dE, Chiều dài tính toán LBP, Chiều dài lớn nhất LOA, Chiều rộng B, Chiều cao H, Tọa độ trọng tâm các két trên tàu Ti.{xG, yG, zG} với i = 1..n (n là số két trên tàu), Tọa độ trọng tâm các hầm hàng của tàu Hi.{xG, yG, zG} với i = 1..n (n là số hầm hàng trên tàu), Thể tích các hầm hàng, Thông số thủy tĩnh của tàu {d, D, TPC, MTC, xB, xF,




***Hình 1. Quỹ đạo tâm nổi***

KM}, Thông số cánh tay đòn ổn định GZ, Thông số sức bền của tàu, Chiều cao thế vững GM, Độ lớn cánh tay đòn ổn định GZ, Tốc độ bơm nước dằn, Công suất làm hàng của các cẩu tàu.

Có thể nói, đây là một đối tượng có độ phức tạp cao có tính tương tác hệ thống phức tạp. Mối quan hệ của một số thuộc tính của đối tượng con tàu như sau [1]:

*Các mớn nước, hiệu số mớn nước và các thông số thủy tĩnh:*

$$t = \frac{D \times (LCG - LCB)}{MTC \times 100} \text{ (m)} \quad (1)$$

$$d_A = d_{eqv} \pm \left( \frac{LBP}{2} \pm LCF \right) \times \frac{|t|}{LPB} \quad (2)$$

$$d_F = d_A \pm t \quad (3)$$

*Chiều cao thế vững với các thông số thủy tĩnh:*

$$G_0M = KM - KG - GG_0 \quad (4)$$

$$KG = \frac{D_{ls} \times KG_{ls} + \sum P_i \times KG_i}{D} \quad (5)$$

$$GG_0 = \frac{\sum Ix \times \gamma}{D} \quad (6)$$

*Cánh tay đòn ổn định với các thông số thủy tĩnh:*

$$G_0Z = KN - KG_0 \times Sin\theta \quad (7)$$

*Mô men uốn và lực cắt tác động lên tàu:*

$$SF = W_d + (W_l - B) \quad (8)$$

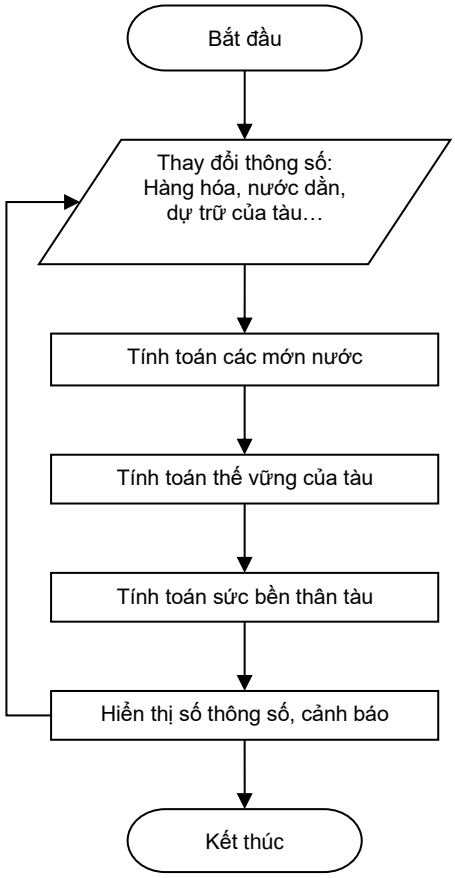
$$BM = M_{wd} + (M_{wl} - M_b) \quad (9)$$

*2.1.2. Lưu đồ thuật toán tính toán mô phỏng ổn định mớn nước và sức bền của tàu*

Giá trị của các thuộc tính của con tàu được tính toán liên tục. Trong đó, các thông số được liên hệ với nhau thông qua các công thức toán học hoặc hệ đường cong của con tàu.

Khi hàng hóa được xếp xuống tàu, trạng thái sức bền, mớn nước, thế vững của tàu thay đổi. Để có thể thể hiện các thông số này phần mềm mô phỏng trạng thái con tàu cần phải tính toán dựa trên các thông số của con tàu, các công thức tính toán riêng liên quan đến trạng thái con tàu.

Cũng hoàn toàn tương tự như khi xếp/dỡ hàng xuống tàu, khi người sĩ quan thực hiện việc bơm nước dằn, trạng thái con tàu thay đổi theo thời gian và các tính toán cũng phải được thực hiện theo những chu kỳ nhất định.




***Hình 2. Lưu đồ thuật toán tính toán, thể hiện trạng thái ổn định và sức bền của con tàu khi làm hàng***

*2.1.3. Lưu đồ thuật toán tính toán mô phỏng việc xếp dỡ hàng*

Tốc độ làm hàng phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Có yếu tố ổn định như tốc độ làm hàng của cần cẩu, có yếu tố bất thường như mưa, gió, bão,… Để có thể thể hiện được các yếu tố này, phần mềm mô phỏng cần cho phép giảng viên/hướng dẫn viên thay đổi, điều chỉnh trong thời gian huấn luyện mô phỏng.

Trong quá trình làm hàng, để đảm bảo sức bền thân tàu và các yếu tố khác như mớn nước, thế vững, người sĩ quan hàng hải cần điều chỉnh nước dằn của tàu cũng như các thành phần khác. Các yếu tố này phụ thuộc vào các thông số tàu và được thực hiện bởi học viên, người đang tham gia huấn luyện. Hình 3 thể hiện lưu đồ thuật toán mô phỏng việc xếp dỡ hàng xuống tàu. Mô hình toán con tàu được mô tả trong mục 2.1.1. Các yếu tố bên ngoài như lượng hang xếp xuống tàu, việc điều chỉnh nước dằn,… tác động làm thay đổi đầu vào của mô hình toán con tàu. Các thông số trạng thái của con tàu được tính toán lại và thể hiện giống như trạng thái một con tàu thật. Học viên, hướng dẫn viên sẽ sử dụng các thông tin này để phục vụ cho bài huấn luyện của mình.

### *2.2. Chương trình mô phỏng tiến trình xếp dỡ hàng trên tàu hàng rời*

*2.2.1. Giới thiệu chương trình*

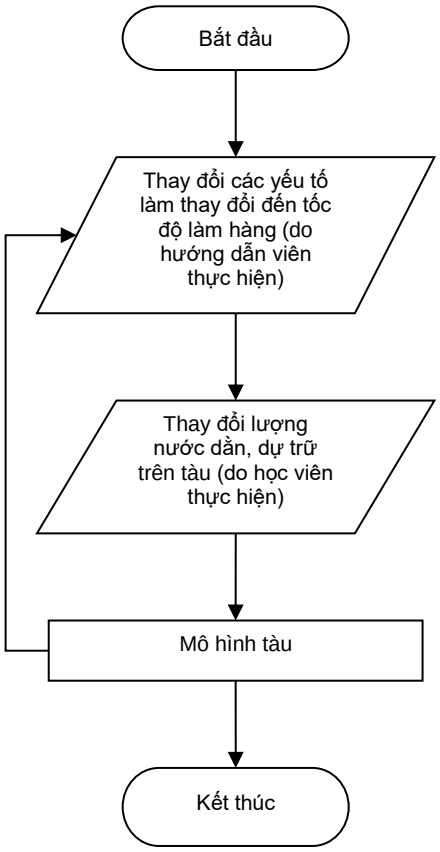
Chương trình mô phỏng hoạt động xếp dỡ hàng của cảng xuống tàu theo tiến trình đã được học viên lập trước. Trong quá trình hàng được xếp xuống tàu, học viên thực hiện các công việc cần thiết đối với con tàu như đóng mở nắp hầm hàng, bơm nước dằn để phối hợp cùng cảng đảm bảo cho con tàu và hàng hóa được an toàn. Chương trình mô phỏng tiến trình xếp dỡ hàng chia làm ba khối:

- Khối mô phỏng trạng thái con tàu (gọi tắt là khối tàu);
- Khối mô phỏng việc bốc xếp hàng lên/xuống tàu của cảng (gọi tắt là khối cảng);
- Khối hiển thị trạng thái tàu.

Khối cảng sẽ mô phỏng lại các hoạt động bốc xếp hàng của cảng xuống/lên tàu với thông số chính là lượng hàng bốc xếp lên/xuống tàu theo thời gian thực. Lượng hàng bốc xếp xuống mỗi hầm hàng của tàu sẽ theo tiến trình xếp hàng mà học viên lập trước, có chịu tác động của các yếu tố ảnh hưởng khác như thời tiết, tốc độ hàng chở đến cầu tàu,… Khối này sẽ hoạt động tự động theo chương trình lập trước (tiến trình đã làm) và có thể được điều khiển bởi giáo viên hướng dẫn. Giáo viên hướng dẫn có thể tạo các tình huống xảy ra đột xuất như trời mưa, ngừng làm hàng, hết hàng trên cầu tàu,…

Khối tàu mô phỏng các hoạt động cơ bản của con tàu khi làm hàng tại cảng. Cụ thể như: Đóng mở nắp hầm hàng (thời gian cần thực hiện); Bơm nước dằn (thực hiện với bơm buồng máy hoặc mở van điền tự do) theo thời gian thực; Nhận dầu theo thời gian thực; Đo và báo cáo dầu, nước mô phỏng theo thực tế.

Khi vận hành, học viên sẽ theo dõi trạng thái con tàu thông qua màn hình chỉ báo các thông số và tiến hành tương tác thực hiện các hoạt động như: yêu cầu buồng máy bơm nước dằn như đối với tàu thực; tiến hành đóng mở nắp hầm hàng khi kết thúc làm hàng hay khi trời mưa,... Để theo dõi chi tiết hơn các thông số của con tàu, học viên có thể xem trực tiếp trên khối hiển thị trạng thái tàu.




***Hình 3. Lưu đồ thuật toán mô phỏng việc xếp dỡ hàng***

*2.2.2. Thiết kế chương trình*

*Mối quan hệ giữa các khối trong hệ thống*

Chương trình có hai giao diện chính, giao diện mô phỏng khối cảng được hướng dẫn viên sử dụng, giao diện mô phỏng khối tàu được học viên sử dụng. Thông tin từ hai giao diện này sẽ được chuyển đến khối hiển thị trạng thái tàu và ngược lại.

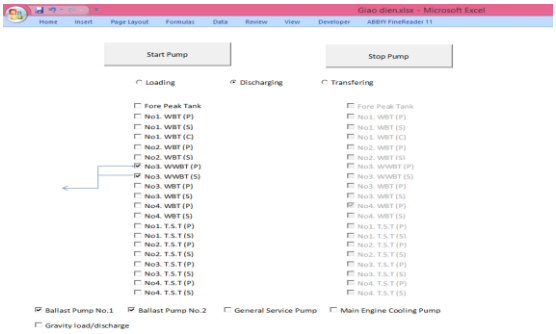
Thông qua **Khối tàu**, học viên tác động đến việc bơm nước vào/ra hoặc luân chuyển trong các két nước dằn; đóng/mở nắp hầm hàng khi cần thiết. Tất cả các hoạt động này được thực hiện với thời gian thực và có thể có phát sinh các vấn đề như trong thực tiễn thường gặp. Khối này sẽ tác động trực tiếp đến số liệu của từng két nước dằn trên tàu.

Thông qua **Khối cảng**, giáo viên sẽ tác động đến việc xếp hàng xuống tàu. Khối này sẽ tác động trực tiếp đến số liệu các hầm hàng dưới tàu. Từ **Khối cảng** giảng viên có thể tạo được các sự kiện xảy ra trong quá trình xếp dỡ hàng thường gặp như trời mưa, thiếu hang,…

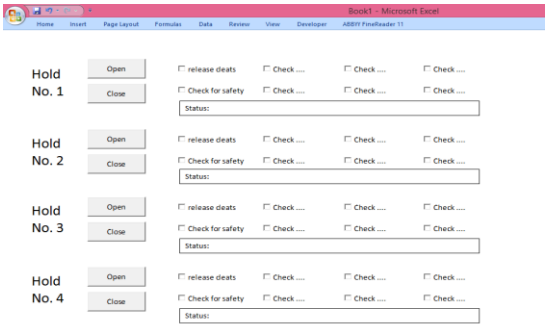
*Thiết kế Khối tàu*

**Khối tàu** có các chức năng chính sau: Bơm nước dằn tàu; Đóng mở nắp hầm hàng; Điều chỉnh dây buộc tàu.

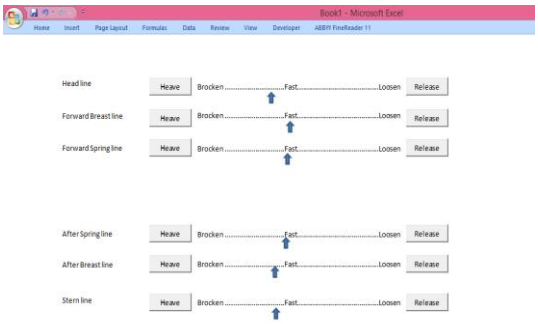
Tàu Tân Bình 36 được lựa chọn cho chương trình mô phỏng có 20 két nước dằn và 4 hầm hàng. Giao diện của các chức năng thuộc khối tàu thể hiện ở Hình 4, Hình 5 và Hình 6.



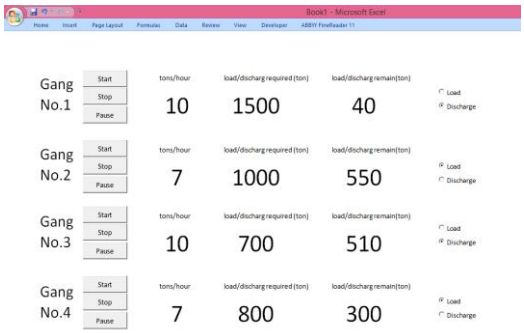

*Hình 4. Giao diện bơm nước dằn*




*Hình 5. Giao diện đóng mở nắp hầm hàng*




*Hình 6. Giao diện điều chỉnh dây buộc*



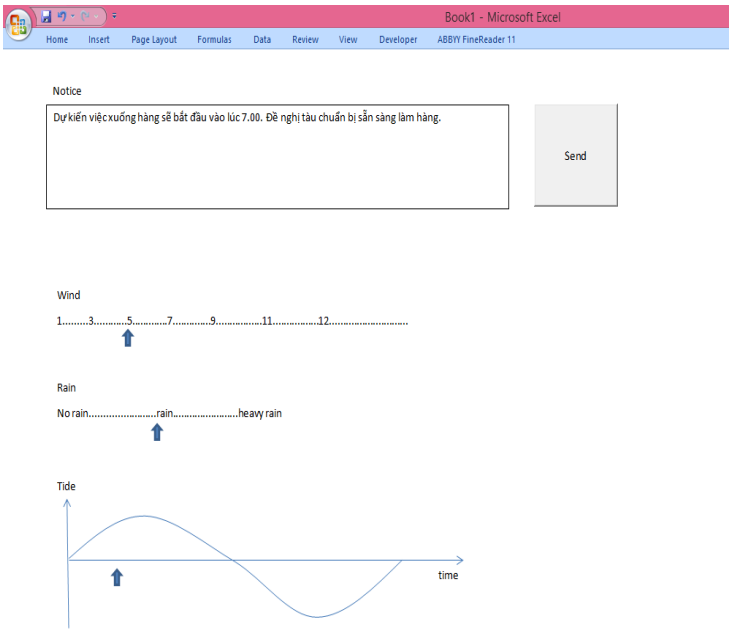

*Hình 7. Giao diện làm hàng của Khối cảng*

*Thiết kế Khối cảng*

**Khối cảng** có chức năng chính là mô phỏng việc xuống hàng cho tàu; mô phỏng việc thay đổi mực nước trong cảng theo thủy triều cũng như một số hiện tượng thời tiết khác có tác động đến việc làm hàng (mưa, tuyết,…)

Lượng hàng xếp xuống hoặc dỡ lên khỏi tàu tùy thuộc vào tốc độ làm hàng của hệ thống xếp dỡ trên cảng, phụ thuộc vào năng lực bốc xếp của cần cẩu, số máng làm việc,…

Với tàu được chọn trong mô phỏng có 4 hầm hàng, do vậy trong phần khối cảng cũng thiết kế tối đa 4 máng làm việc với công suất có thể thay đổi. Hướng dẫn viên có thể chọn công suất làm hàng của mỗi máng theo loại hàng thực tế.




*Hình 8. Giao diện các yếu tố bổ sung của Khối cảng*

Ngoài ra, từ giao diện này, hướng dẫn viên có thể tạo các tình huống như mưa (phải đóng nắp hầm hàng), bão (phải rời cầu),…. hoặc đơn giản hơn như thủy triều lên xuống,… Cửa sổ thông báo cho phép gửi các thông báo từ cảng đến các tàu.

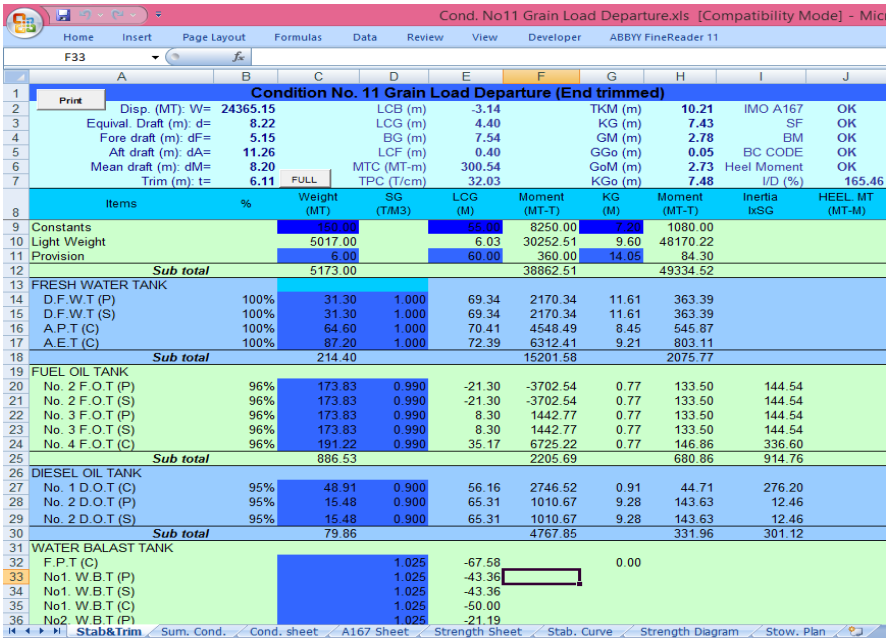
*Thiết kế khối hiển thị trạng thái tàu*

**Khối hiển thị trạng thái tàu** được xây dựng trong bảng tính điện tử Excel với giao diện giống như một phần mềm làm hàng (loading computer). Dữ liệu về hàng hóa trong các hầm, nước trong các két nước dằn được nhập tự động theo thời gian thực vào các ô tương ứng và được phần mềm tính toán liên tục cho ra các thông số như mớn nước, thế vững, sức bền thân tàu của con tàu.

*Liên kết dữ liệu Khối tàu - Khối cảng - Khối hiển thị trạng thái tàu*

Các két nước trong **Khối tàu** tương ứng với các ô từ C32 đến C51 trên Hình 9. Sau khi lệnh bơm được thực hiện, các két được chọn trên giao diện **Khối tàu** sẽ được điều chỉnh lượng nước theo thời gian thực với lượng điều chỉnh tùy thuộc tốc độ của bơm. Lượng nước trong két được thể hiện chính bằng con số trên các ô tương ứng với két trên Hình 9.

Các hầm hàng trong **Khối cảng** tương ứng với các ô từ C54 đến C57 trên Hình 9. Sau khi hướng dẫn viên phát lệnh bắt đầu làm hàng các ô tương ứng với hầm hàng sẽ được cập nhật số liệu theo thời gian thực đúng với lượng hàng xếp xuống/dỡ khỏi hầm. Các ô tương ứng hiển thị trạng thái tàu (mớn nước, ổn định, sức bền) cũng sẽ thay đổi theo thời gian.



Cond. No11 Grain Load Departure.xls [Compatibility Mode] - Mic

Condition No. 11 Grain Load Departure (End trimmed)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Disp. (MT): W= | 24365.15 | LCB (m) | -3.14 | TKM (m) | 10.21 | IMO A167 | OK |
| Equival. Draft (m): d= | 8.22 | LCG (m) | 4.40 | KG (m) | 7.43 | SF | OK |
| Fore draft (m): dF= | 5.15 | BG (m) | 7.54 | GM (m) | 2.78 | BM | OK |
| Aft draft (m): dA= | 11.26 | LCF (m) | 0.40 | GGo (m) | 0.05 | BC CODE | OK |
| Mean draft (m): dM= | 8.20 | MTC (MT-m) | 300.54 | GoM (m) | 2.73 | Heel Moment | OK |
| Trim (m): t= | 6.11 | TPC (T/cm) | 32.03 | KGo (m) | 7.48 | I/D (%) | 165.46 |

| Items | % | Weight (MT) | SG (T/M3) | LCG (M) | Moment (MT-T) | KG (M) | Moment (MT-T) | Inertia IxSG | HEEL. MT (MT-M) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Constants | | 150.00 | | 55.00 | 8250.00 | 7.20 | 1080.00 | | |
| Light Weight | | 5017.00 | | 6.03 | 30252.51 | 9.60 | 48170.22 | | |
| Provision | | 6.00 | | 60.00 | 360.00 | 14.05 | 84.30 | | |
| *Sub total* | | 5173.00 | | | 38862.51 | | 49334.52 | | |
| FRESH WATER TANK | | | | | | | | | |
| D.F.W.T (P) | 100% | 31.30 | 1.000 | 69.34 | 2170.34 | 11.61 | 363.39 | | |
| D.F.W.T (S) | 100% | 31.30 | 1.000 | 69.34 | 2170.34 | 11.61 | 363.39 | | |
| A.P.T (C) | 100% | 64.60 | 1.000 | 70.41 | 4548.49 | 8.45 | 545.87 | | |
| A.E.T (C) | 100% | 87.20 | 1.000 | 72.39 | 6312.41 | 9.21 | 803.11 | | |
| *Sub total* | | 214.40 | | | 15201.58 | | 2075.77 | | |
| FUEL OIL TANK | | | | | | | | | |
| No. 2 F.O.T (P) | 96% | 173.83 | 0.990 | -21.30 | -3702.54 | 0.77 | 133.50 | 144.54 | |
| No. 2 F.O.T (S) | 96% | 173.83 | 0.990 | -21.30 | -3702.54 | 0.77 | 133.50 | 144.54 | |
| No. 3 F.O.T (P) | 96% | 173.83 | 0.990 | 8.30 | 1442.77 | 0.77 | 133.50 | 144.54 | |
| No. 3 F.O.T (S) | 96% | 173.83 | 0.990 | 8.30 | 1442.77 | 0.77 | 133.50 | 144.54 | |
| No. 4 F.O.T (C) | 96% | 191.22 | 0.990 | 35.17 | 6725.22 | 0.77 | 146.86 | 336.60 | |
| *Sub total* | | 886.53 | | | 2205.69 | | 680.86 | 914.76 | |
| DIESEL OIL TANK | | | | | | | | | |
| No. 1 D.O.T (C) | 95% | 48.91 | 0.900 | 56.16 | 2746.52 | 0.91 | 44.71 | 276.20 | |
| No. 2 D.O.T (P) | 95% | 15.48 | 0.900 | 65.31 | 1010.67 | 9.28 | 143.63 | 12.46 | |
| No. 2 D.O.T (S) | 95% | 15.48 | 0.900 | 65.31 | 1010.67 | 9.28 | 143.63 | 12.46 | |
| *Sub total* | | 79.86 | | | 4767.85 | | 331.96 | 301.12 | |
| WATER BALAST TANK | | | | | | | | | |
| F.P.T (C) | | | 1.025 | -67.58 | | 0.00 | | | |
| No1. W.B.T (P) | | | 1.025 | -43.36 | | | | | |
| No1. W.B.T (S) | | | 1.025 | -43.36 | | | | | |
| No1. W.B.T (C) | | | 1.025 | -50.00 | | | | | |
| No2. W.B.T (P) | | | 1.026 | -21.19 | | | | | |

Stab&Trim | Sum. Cond. | Cond. sheet | A167 Sheet | Strength Sheet | Stab. Curve | Strength Diagram | Stow. Plan

***Hình 9. Giao diện mô phỏng tàu***

*Một số yếu tố khác của chương trình mô phỏng*

Để phục vụ huấn luyện, chương trình mô phỏng cần chạy được trên nhiều máy học viên và có thể tương tác với một máy giáo viên. Từ máy giáo viên, giáo viên có thể theo dõi các hoạt động trên máy học viên cũng như kết quả của các hoạt động này. Máy giáo viên có thể gửi thông báo, trạng thái thời tiết đến từng máy học viên hoặc cả nhóm học viên được chọn. Ngoài ra, việc mô phỏng theo thời gian thực có ưu điểm tạo sự chân thực cho học viên nhưng có nhược điểm là mất nhiều thời gian khi huấn luyện. Do vậy, khi thiết kế, chương trình cần có thêm chức năng tăng tốc, cho phép việc mô phỏng tiến hành với tiến độ nhanh hơn nhiều lần so với thực tế.

## 3. Kết luận

Trên cơ sở mô hình toán ổn định, mớn nước và sức bền thân tàu, nhóm tác giả đã xây dựng được chương trình mô phỏng tiến trình xếp dỡ hàng trên tàu hàng rời sát với thực tế, có 3 khối cơ bản liên kết với nhau: khối tàu, khối cảng và khối hiển thị trạng thái tàu. Trước yêu cầu thực tiễn hàng hải, chương trình mô phỏng tiến trình xếp dỡ hàng hóa trên tàu hàng rời sẽ góp phần nâng cao chất lượng công tác đào tạo, huấn luyện sinh viên chuyên ngành Điều khiển tàu biển và sĩ quan boong, đáp ứng đầy đủ tiêu chuẩn quốc tế.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đinh Xuân Mạnh, Nguyễn Mạnh Cường, Phạm Văn Trường, Nguyễn Đại Hải (2005), *Giáo trình Xếp dỡ và bảo quản hàng hóa trên tàu biển*,Trường ĐHHH Việt Nam.

Ngày nhận bài: 17/03/2018
Ngày nhận bản sửa: 05/04/2018
Ngày duyệt đăng: 09/04/2018

# NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP KẾT CẤU MỚI CHO ĐẬP BÊ TÔNG TRỌNG LỰC NHẰM GIẢM HIỆN TƯỢNG TẬP TRUNG ỨNG SUẤT TRONG THỜI KỲ KHAI THÁC

RESEARCHING NEW TYPE STRUCTURES OF CONCRETE GRAVITY DAM FOR REDUCING STRESS CONCENTRATION DURING WORKING TIME

**NGUYỄN HOÀNG**
*Khoa Công trình, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Trong bài báo này, tác giả đề xuất giải pháp kết cấu mới cho đập bê tông trọng lực nhằm giảm hiện tượng tập trung ứng suất trên mặt cắt ngang của đập bê tông trong thời gian làm việc. Tác giả đã dùng phương pháp phần tử hữu hạn để áp dụng tính toán, xác định trạng thái ứng suất - biến dạng của kết cấu đề xuất, qua đó so sánh với kết cấu được sử dụng nhiều hiện nay, để từ đó rút ra kết luận.*

***Từ khóa**: Đập bê tông, ứng suất, tập trung, kết cấu, mặt cắt, khai thác.*

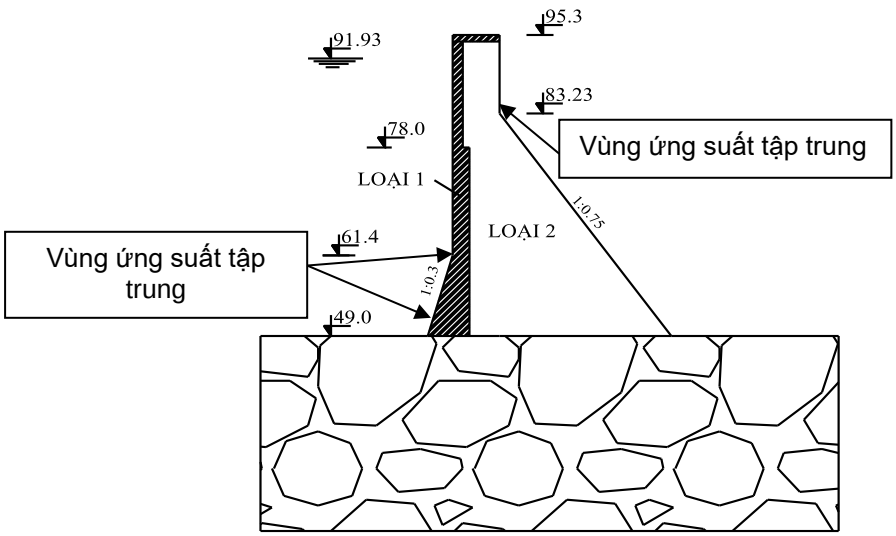
***Abstract***

*In this paper author proposed new type structure of concrete gravity dam for reducing stress concentration of cross section's dam during working time. Author also used method element finite to calculating stress- strain state of new type structure. These results are used compare with stress- strain state of structure, which is popular using for concrete gravity dam.*

***Keywords**: Gravity dam, stress- strain, stress concentration, structure, cross-section, working time.*

## 1. Đặt vấn đề

Lựa chọn mặt cắt hợp lý cho các đập bê tông, bê tông trọng lực luôn là một trong những vấn đề hàng đầu của các nhà thiết kế. Theo [1] mặt cắt được cho là hợp lý hiện nay của các đập bê tông là mặt cắt có mái dốc thượng lưu một phần là thẳng đứng, một phần có mái dốc 1:0,2 hoặc 1:0,3 như Hình 1.



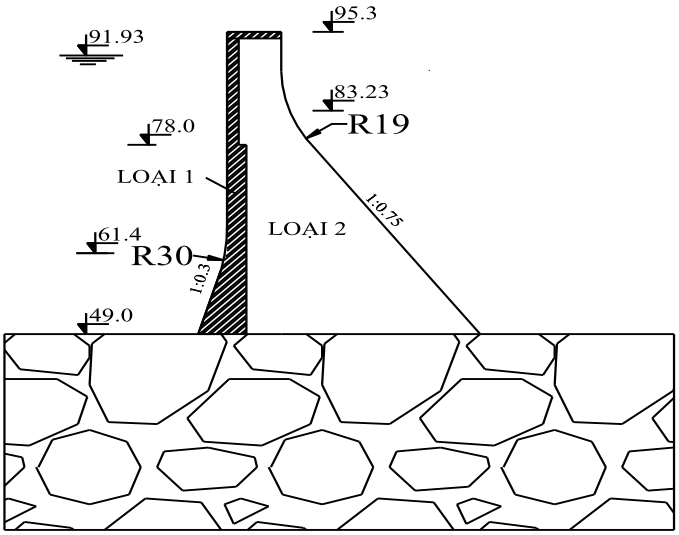

***Hình 1. Mặt cắt đập bê tông trọng lực thông thường***

Tuy nhiên, trong quá trình khai thác khi chịu các tải trọng cơ bản: áp lực thủy tĩnh, áp lực thấm,… thì xuất hiện hiện tượng tập trung ứng suất tại một số vùng (Hình 1) như: Phía tiếp giáp giữa nền đá và chân đập (gót đập); vùng quá độ giữa mái thẳng đứng và mái dốc phía thượng và hạ lưu. Hiện tượng tập trung ứng suất [2] này là nguyên nhân gây ra các vết nứt tại các vùng đó dẫn tới làm giảm chu kỳ khai thác công trình, và nặng hơn là phá hủy toàn bộ kết cấu công trình, gây ra hậu quả thảm hại. Một số các kết quả nghiên cứu trước đây về mặt cắt tối ưu của đập bê tông trọng lực [5] mới chỉ phân tích theo hướng đảm bảo điều kiện ổn định trượt; lật. Bên cạnh đó, cũng đã có các công trình nghiên cứu phân tích về ứng suất tập trung ở mái hạ lưu [6], tuy nhiên kết quả mới

chỉ dừng lại ở việc tính toán tìm ra ứng suất và xác định mức độ hình thành vết nứt do ứng suất tập trung gây ra mà chưa có hướng để làm giảm ứng suất tập trung đó.

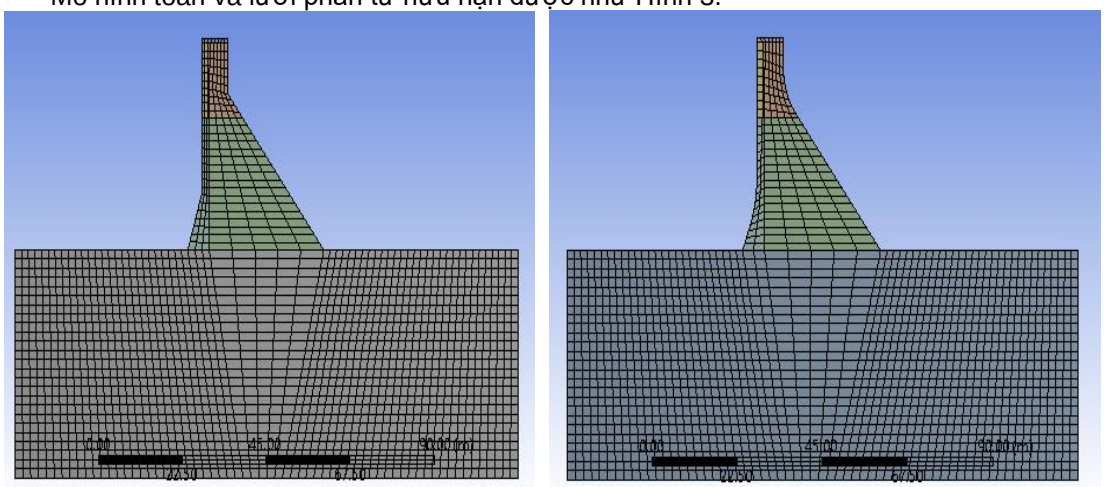
**2. Đề xuất giải pháp kết cấu, tính toán và phân tích kết quả**

Hiện tượng ứng suất tập trung là ứng suất lớn trội phát sinh trên một khu vực tương đối hẹp, xảy ra tại những nơi có sự thay đổi đột ngột về hình dạng tiết diện. Mặt cắt được thể hiện trên hình 1 cho thấy sự thay đổi đột ngột tiết diện tại những vùng quá độ. Do đó, để giảm sự thay đổi đột ngột về tiết diện, tác giả bài báo đề xuất kết cấu như Hình 2. Lúc này, các vùng có sự thay đổi đột ngột về tiết diện được thay thế bằng các đoạn cong quá độ có bán kính lần lượt là R=19m về phía hạ lưu và R=30m về phía thượng lưu. Để đánh giá hiệu quả của kết cấu này so với kết cấu thông thường được đề cập tới ở mục 1, tác giả áp dụng tính toán và phân tích ứng suất cho 2 loại kết cấu nói trên trong điều kiện chỉ chịu các tải trọng tĩnh (áp lực thủy tĩnh, áp lực thấm) bằng phương pháp phần tử hữu hạn và được mô hình hóa bởi phần mềm ANSYS [4]. Các thông số hình học cơ bản của kết câu như sau: chiều cao đập 46,3m; chiều rộng đỉnh bằng 7m; mái dốc phía thượng lưu là 1:0,3; phía hạ lưu là 1:0,75. Phía mái thượng lưu là lớp bê tông RCC loại 1 có modul đàn hồi E= 42GPa [3]; bê tông thân đập là bê tông đầm lăn RCC loại 2 có modul đàn hồi là $E_{RCC}$= 29GPa [3]; nền đá được xem xét tính toán là loại nền đá ít nứt nẻ có module đàn hồi trung bình $E_{nền}$= 30GPa [3].




***Hình 2. Mặt cắt ngang đập bê tông trọng lực được đề xuất***

Mô hình toán và lưới phần tử hữu hạn được như Hình 3.



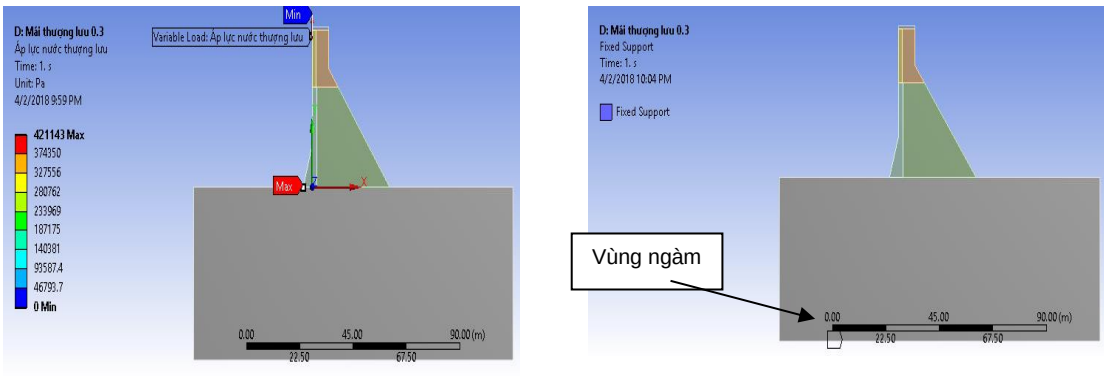
*a)* *b)*

***Hình 3. Lưới phần tử hữu hạn của kết cấu tính toán***

*a- Kết cấu được đề cập ở mục 1*

*b- Kết cấu được đề xuất bởi tác giả*

Điều kiện biên của bài toán được sử dụng cho phần tính toán này gồm: Điều kiện biên về tải trọng và điều kiện biên về chuyển vị. Điều kiện biên về tải trọng bao gồm: Áp lực thủy tĩnh phía thượng lưu ứng với chiều cao mức nước trước đập là H=42,93m và áp lực thấm dưới đáy đập được xét trọng trường hợp hệ số triết giảm sau màn chống thấm là α=0,5. Điều kiện biên về chuyển vị: trong phần tính toán này, tác giả xem rằng đập bê tông và nền đá làm việc như một thể thống nhất. Điều này cũng phù hợp với các xu hướng nghiên cứu về đập bê tông trên nền đá hiện nay cho nên vùng chuyển vị ở phần đáy của phân đoạn nền đá nghiên cứu được coi như là ngàm cứng (ứng với chuyển vị bằng 0).



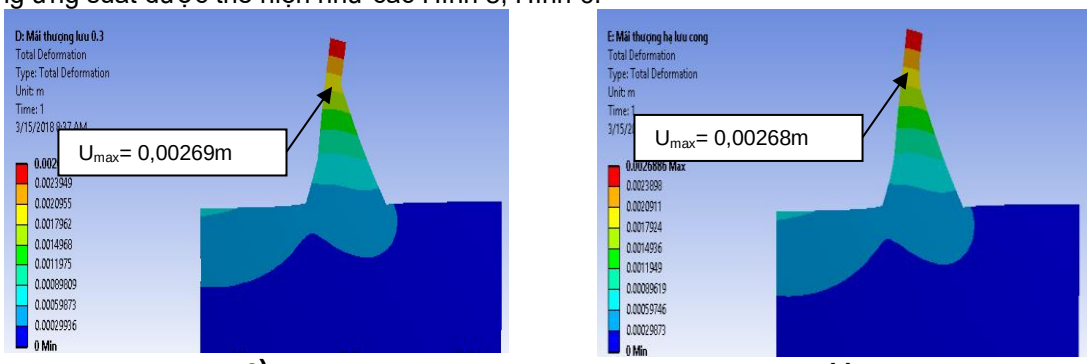

a) b)

***Hình 4. Điều kiện biên được khai báo trong phần mềm***

*a- Điều kiện biên tải trọng (áp lực nước thượng lưu)*

*b- Điều kiện biên về chuyển vị*

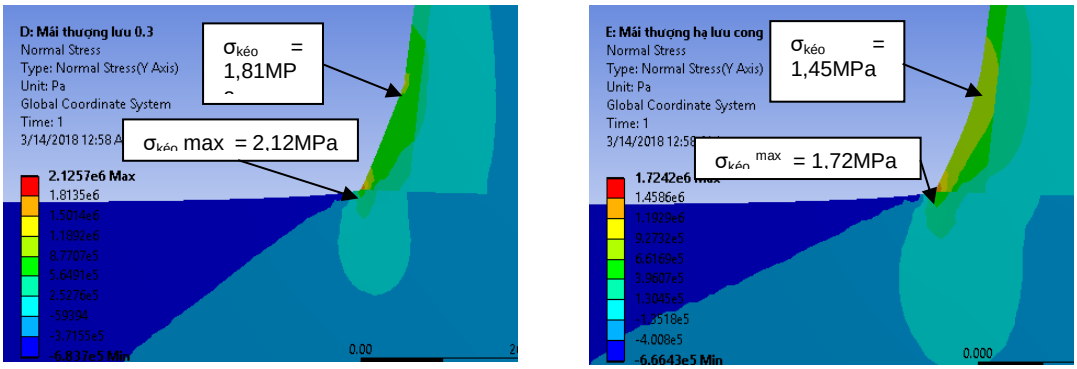
Kết quả tính toán chuyển vị tổng của đập và trường ứng suất tại các vùng có hiện tượng tập trung ứng suất được thể hiện như các Hình 5, Hình 6.




**a)** **b)**

***Hình 5. Trường ứng suất phía thượng lưu đập***

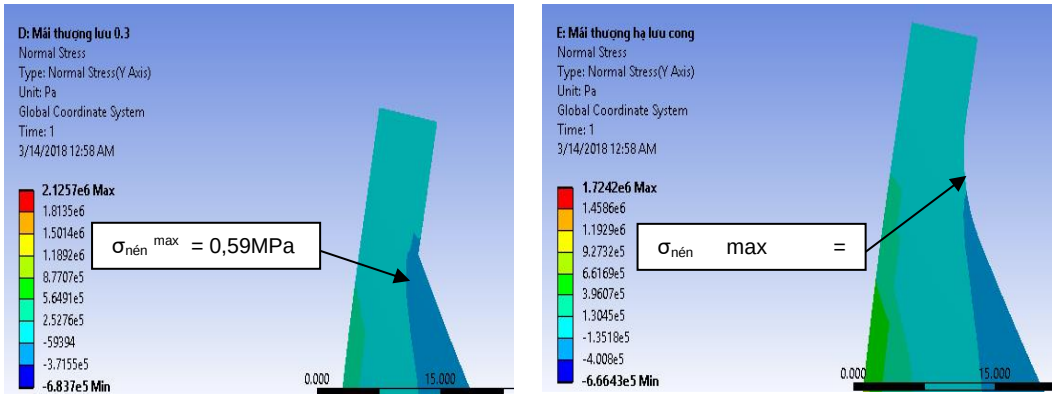
*a- Kết cấu được đề cập ở mục 1; b- Kết cấu được đề xuất bởi tác giả*




a) b)

***Hình 6. Trường ứng suất phía thượng lưu đập***

*a- Kết cấu được đề cập ở mục 1; b- Kết cấu được đề xuất bởi tác giả*




a) b)

***Hình 7. Trường ứng suất phía hạ lưu đập***

*a- Kết cấu được đề cập ở mục 1; b- Kết cấu được đề xuất bởi tác giả*

Chuyển vị tổng lớn nhất của kết cấu được đề cập ở mục 1 là 0,00269m; còn đối với kết cấu mà tác giả đề xuất là 0,00268m. Kết quả chuyển vị nhỏ, không ảnh hưởng nhiều đến điều kiện làm việc của đập. Ứng suất kéo theo phương Y lớn nhất tại gót đập đối với kết cấu ban đầu là 2,12MPa còn đối với kết cấu được đề xuất giảm xuống còn 1,72MPa, tức là giảm đi xấp xỉ 20%. Ứng suất kéo theo phương Y tại vùng quá độ mái thượng lưu đối với kết cấu được đề xuất là 1,45MPa nhỏ hơn so với kết cấu ban đầu là 1,81MPa. Tại vùng quá độ mái hạ lưu, ứng suất nén theo phương Y của kết cấu được đề xuất bởi tác giả là 0,13MPa giảm 4 lần so với kết cấu ban đầu là 0,52MPa.

**3. Kết luận**

Căn cứ vào việc phân tích các kết quả tính toán ta thấy, việc sử dụng các đoạn cong quá độ trong thiết kế mặt cắt ngang cho đập bê tông, đập bê tông trọng lực cho thấy việc giảm đáng kể giá trị ứng suất kéo, nén tại các vùng thường xảy ra hiện tượng tập trung ứng suất. Do đó, giảm khả năng xảy ra hiện tượng phá hủy kết cấu, mất ổn định công trình.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] PGS. TS Hoàng Phó Uyên, *Bàn về công nghệ xây dựng đập bằng bê tông đầm lăn*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, 11/2012, trang 21-25.

[2] Federal Emergency Management Agency: Selecting Analytic Tools for Concrete Dams to Address Key Events along Potential Failure Mode Paths. FEMA P-1016., 7/2014.

[3] H.Santana, E.Castell. Miel I: RCC dam, height world record. In Proceedings of the IV International Symposium on Roller Compacted Concrete Dams, Madrid, Spain (17-19, November 2003) pp. 345-350.

[4] Kent L. LawrenceANSYS Workbench Tutorial Release 11. Schroff Development Corporation. 2007. 236 p.

[5] Nguyễn Chiến, Nguyễn Duy Hưng, *Mặt cắt của đập bê tông trọng lực xây dựng trong vùng có động đất*, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, 09/2015, trang 30-36.

[6] Hongyuan ZHANG, Tatsuo OHMACHI- Seismic cracking and strengthening of concrete gravity dams. 12WCEE2000- 1410 pp.1-8.

Ngày nhận bài: 15/03/2018
Ngày nhận bản sửa: 01/04/2018
Ngày duyệt đăng: 03/04/2018

# NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT BỔ SUNG TIÊU CHÍ NGUY CƠ RỦI RO Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG TRONG THÔNG TƯ 26/2016/TT-BTNMT ÁP DỤNG CHO CÁC VÙNG BIỂN CÓ HOẠT ĐỘNG HÀNG HẢI

# A STUDY ON PROPOSING ADDITIONAL CRITERIA OF ENVIRONMENTAL POLLUTION RISK IN THE CIRCULATION No. 26/2016/TT-BTNMT ON MARITIME AREAS

**LÊ THỊ HƯƠNG GIANG[1], NGUYỄN THỊ THẾ NGUYÊN[2]**

*[1] Khoa Công trình, Trường ĐHHH Việt Nam*

*[2] Khoa Kĩ thuật Biển, Trường Đại học Thủy lợi*

***Tóm tắt***

*Cho đến nay Thông tư số 26/2016/TT-BTNMT của Bộ Tài nguyên & Môi trường là văn bản pháp lí duy nhất quy định về phân cấp, phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển Việt Nam. Việc phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển trong Thông tư này chưa theo nguồn tác động và kết quả của quá trình quản lí giảm thiểu rủi ro. Do vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đề xuất thêm các tiêu chí liên quan đến nguy cơ gây ra sự cố hàng hải và quản lí rủi ro hàng hải khi phân cấp, phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển tại những vùng biển có hoạt động hàng hải. Dựa vào kết qua điều tra thực địa, phương pháp Delphi và tham khảo các tài liệu chuyên ngành liên quan đến hàng hải, nhóm nghiên cứu đã đề xuất thêm hai chỉ số yếu tố gây rủi ro hàng hải ($I_{nn}$) và chỉ số quản lí hàng hải, quản lí rủi ro hàng hải ($I_{ql}$) khi tính toán giá trị đánh giá nguy cơ ô nhiễm môi trường biển do hoạt động hàng hải ($I_{md}$). Các yếu tố có thể gây ra chỉ số rủi ro hàng hải như điều kiện khí tượng, thủy hải văn, địa hình, địa chất, tuổi thọ tàu thuyền, mật độ hàng hải, loại hàng hóa vận chuyển và các yếu tố quản lí rủi ro hàng hải như sự trợ giúp hàng hải, đảm bảo độ sâu, các kế hoạch, biện pháp, nhân lực ứng phó rủi ro ô nhiễm môi trường đều được đưa vào xem xét.*

***Từ khóa**: Phân cấp rủi ro, quản lí rủi ro, hàng hải.*

***Abstract***

*So far, the Circular No. 26/2016/TT-BTNMT by the Ministry of Resources & Environment is the only legal document on zoning of marine environmental pollution in Vietnam. The marine environmental pollution risk classification in this Circular is not based on sources of the impacts, as well as on the results of the risk management process. This study was conducted to propose more criteria related to the risk of marine incidents and the maritime risk management for zoning the risk of marine pollution in the areas having marine operations. Based on field surveys, Delphi method, and navigational references, the research team proposed two additional criteria, including maritime risk index ($I_{nn}$) and maritime risk management index ($I_{ql}$) when assess the risk of environmental pollution caused by marine navigation ($I_{md}$). Factors that may cause marine hazard indices such as meteorological conditions, hydrology, topography, geology, ship life, maritime density, transport categories, and risk management factors such as marine assistance, depth assurance, plans, measures and manpower to address the risk of environmental pollution, are all taken into consideration.*

***Keywords**: Risk classification, risk management, marine navigation.*

## 1. Giới thiệu chung

Trong vận chuyển hàng hóa, hành khách, vận tải biển đóng vai trò quan trọng do có nhiều lợi thế hơn các loại hình vận tải khác như: giá thành vận chuyển thấp, có khả năng chở hàng với số lượng lớn, hàng siêu trường, siêu trọng, có thể tới được tất cả các châu lục trên thế giới [1]. Thực tế hiện nay, trên 90% lượng hàng hóa được vận chuyển giữa các châu lục bằng đường biển [2]. Xu hướng vận chuyển hàng hóa bằng đường biển trong tương lai vẫn không ngừng phát triển, đặc biệt là hàng container. Sự gia tăng về số lượng cảng biển và mật độ tàu thuyền trong hoạt động hàng hải đã, đang và sẽ làm gia tăng mối đe dọa về ô nhiễm môi trường biển. Theo đánh giá chung từ các kết quả nghiên cứu khoa học của thế giới, lượng dầu thải xuống các vùng nước hàng năm (đặc biệt là với nước biển) ước tính theo tỷ lệ: 73% từ hoạt động tàu biển, 21% từ sự cố hàng hải và 6% từ các nguồn khác [3]. Bên cạnh dầu mỡ, nước thải, chất thải sinh hoạt, phế thải trong các hoạt động sửa chữa tàu thuyền, dịch vụ,… cũng là những nguồn gây ô nhiễm nghiêm trọng cho môi trường biển.

Việt Nam được coi là một trong số không nhiều quốc gia trên thế giới có tiềm năng rất lớn về hoạt động kinh tế hàng hải với hơn 3.260km bờ biển. Đến năm 2015, cơ sở hạ tầng ngành hàng hải tương đối hoàn thiện. Cả nước có 44 cảng biển, với 219 bến cảng, 45 nghìn mét cầu tàu, tổng công suất thiết kế đạt 470 - 500 triệu tấn [2]. Đội tàu biển Việt Nam có 1.895 chiếc và tổng dung tích 5,13 triệu GT, gồm 39 tàu container, 162 tàu hàng rời, 1.052 tàu bách hóa, 161 tàu dầu, hóa chất, 10 tàu khí hóa lỏng, 45 tàu khách, còn lại là các loại tàu khác [1]. Một số cảng đã và đang được nâng cấp và mở rộng như Hải Phòng, Cái Lân, Đà Nẵng, Quy Nhơn, Nha Trang, Sài Gòn, Cần Thơ,… Khối lượng hàng hoá thông qua cảng biển Việt Nam tăng nhanh chóng. Tốc độ tăng trưởng bình quân là 17%/năm. Các cảng lớn như Hải Phòng, Sài Gòn đạt một mức tăng trưởng hàng hoá kỷ lục. Cũng giống như các nước trên thế giới, việc phát triển hoạt động hàng hải đã mang lại những lợi ích to lớn về kinh tế - xã hội nhưng cũng tiềm ẩn những tác động xấu đến môi trường biển. Việt Nam đã có nhiều chính sách quản lý ô nhiễm môi trường trong hoạt động hàng hải song nguy cơ ô nhiễm môi trường trong hoạt động hàng hải đến nay vẫn còn hiện hữu.

Cho đến nay Thông tư số 26/2016/TT-BTNMT quy định chi tiết tiêu chí phân cấp vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển và hải đảo và hướng dẫn phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển và hải đảo của Bộ Tài nguyên & Môi trường [4] là văn bản pháp lí duy nhất quy định về phân cấp, phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển Việt Nam. Quy trình phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển bao gồm cách bước sau đây: 1) Tính toán, xác định giá trị chỉ số phân cấp vùng rủi ro ô nhiễm môi trường; 2) Đánh giá, xác định cấp rủi ro ô nhiễm môi trường; 3) Lập bản đồ phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường. Việc phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển trong Thông tư này chủ yếu dựa trên hiện trạng chất lượng nước biển, thông qua chỉ số rủi ro của các thông số chất lượng nước. Theo cách phân vùng rủi ro ô nhiễm này, các rủi ro ô nhiễm môi trường biển chưa được đánh giá theo nguồn tác động. Có thể thấy một điều rõ ràng là tại những vùng biển chưa bị ô nhiễm vẫn có thể có mức độ rủi ro ô nhiễm cao khi tại đó tập trung nhiều hoạt động khai thác, sử dụng biển như hàng hải, nuôi trồng thủy hải sản, công nghiệp ven biển. Trong nhiều nghiên cứu về phân vùng, phân cấp rủi ro trên thế giới, mức độ rủi ro được xem xét trên nhiều yếu tố như nguồn hay nguy cơ xảy ra rủi ro, các yếu tố quản lí, giảm thiểu rủi ro và khả năng đáp ứng của các đối tượng chịu rủi ro [5,6]. Tuy nhiên, các yếu tố này không được xem xét đến trong Thông tư số 26/2016/TT-BTNMT.

Bài báo này trình bày nghiên cứu đề xuất thay đổi tiêu chí về nguy cơ ô nhiễm môi trường biển và hải đảo do hoạt động hàng hải. Nội dung chính của nghiên cứu là từ Thông tư số 26/2016/TT-BTNMT, đề xuất thêm các tiêu chí liên quan đến nguy cơ gây ra sự cố hàng hải và quản lí rủi ro hàng hải. Kết quả của nghiên cứu có ý nghĩa quan trọng, cho phép xác định khả năng xảy ra sự cố hàng hải và ô nhiễm môi trường tại các vùng biển có hoạt động hàng hải, mức độ thiệt hại do các sự cố hàng hải gây ra để làm cơ sở cho việc xây dựng các quy định pháp luật và chuẩn bị nguồn lực ứng phó, ngăn chặn, giảm thiểu thiệt hại ô nhiễm môi trường, tức là giảm rủi ro ô nhiễm môi trường biển tới mức thấp nhất. Từ đó sẽ góp phần giảm thiểu những thiệt hại về kinh tế và con người, góp phần thúc đẩy và nâng cao hiệu quả của ngành kinh tế hàng hải vào nền kinh tế chung của cả nước.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

Để đạt được những mục tiêu đề ra, nhóm nghiên cứu đã thực hiện hai đợt điều tra thực địa tìm hiểu các nguy cơ gây ô nhiễm môi trường do hoạt động hàng hải tại các cảng biển Quảng Ninh và Hải Phòng vào tháng 4 và 5 năm 2017. Phương pháp Delphi được áp dụng để xác định các tiêu chí nguy cơ gây ô nhiễm do hàng hải và các thang điểm phân cấp. Một nhóm gồm 20 chuyên gia có kiến thức và kinh nghiệm về hàng hải, rủi ro hàng hải và ô nhiễm môi trường đã được lựa chọn tại Cảng vụ Hải Phòng, cảng Đình Vũ, cảng Cái Lân, Tổng Công ty Đảm bảo an toàn hàng hải miền Bắc, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Trường Đại học Thủy lợi, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên để tham gia lựa chọn và đưa ra các tiêu chí đánh giá, phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường do hoạt động hàng hải. Nhóm nghiên cứu còn sử dụng phương pháp tổng hợp và phân tích số liệu, tham khảo các tài liệu chuyên ngành liên quan đến hàng hải, đặc biệt là tài liệu Hướng dẫn cơ bản về thiết kế kênh biển của PIANC và IAPH [7] và Sổ tay hàng hải của Tiếu Văn Kinh [8].

## 3. Kết quả nghiên cứu

### *3.1. Đề xuất bổ sung tiêu chí đánh giá nguy cơ ô nhiễm môi trường biển do hoạt động hàng hải*

Theo Thông tư số 26/2016/TT-BTNMT, tiêu chí phân cấp vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển và hải đảo nói chung, bao gồm: a) Tiêu chí về mức độ ô nhiễm hoặc nguy cơ ô nhiễm môi trường biển và hải đảo, chỉ số tương ứng là $I_{mđ}$; b) Tiêu chí về phạm vi ảnh hưởng, chỉ số tương ứng là $I_{ah}$; c) Tiêu chí về mức độ nhạy cảm môi trường; khả năng gây thiệt hại đến sức khỏe con người, các

hệ sinh thái biển, hải đảo, các hoạt động khai thác, sử dụng tài nguyên biển và hải đảo, chỉ số tương ứng là $I_{th}$.

Tiêu chí về mức độ ô nhiễm hoặc nguy cơ ô nhiễm môi trường biển và hải đảo (chỉ số $I_{mđ}$) trong Thông tư số 26/2016/TT-BTNMT dựa trên chỉ số rủi ro môi trường (là tỉ số giữa nồng độ dự tính hoặc thực đo của chất gây ô nhiễm trong môi trường với nồng độ giới hạn chất gây ô nhiễm đó trong môi trường theo tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành). Dựa trên phân tích các tài liệu chuyên ngành hàng hải, khảo sát thực địa và kết quả tham vấn nhóm chuyên gia, chúng tôi đề xuất thêm hai tiêu chí về yếu tố gây rủi ro ($I_{nn}$) và tiêu chí quản lí hàng hải, quản lí rủi ro ($I_{ql}$) khi phân cấp, phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển và hải đảo tại các vùng nước có hoạt động hàng hải (Bảng 1).

***Bảng 1. Chỉ số mức độ ô nhiễm hoặc nguy cơ ô nhiễm do hàng hải và các chỉ số thành phần***

| **Chỉ số cơ bản 1** | **Chỉ số cơ bản 2** | **Chỉ số cơ bản 3** | **Chỉ số thành phần** |
|---|---|---|---|
| Chỉ số mức độ ô nhiễm hoặc nguy cơ ô nhiễm do hàng hải ($I_{mđ}$) | Yếu tố gây rủi ro ($I_{nn}$) | Khí tượng hàng hải ($I_{kt}$) | Gió |
| | | | Tầm nhìn xa |
| | | | Mưa |
| | | Địa hình, địa chất ($I_{đc}$) | Đặc điểm địa hình, địa chất tuyến luồng, kênh biển |
| | | Thủy văn hàng hải ($I_{tv}$) | Đặc điểm dòng chảy |
| | | | Đặc điểm sóng |
| | | Đặc điểm hàng hải ($I_{hh}$) | Điều kiện tàu thuyền |
| | | | Mật độ hàng hải |
| | | | Loại hàng hóa vận chuyển |
| | Hiện trạng nước biển ($I_{ht}$) | Cấp rủi ro ô nhiễm biển (RQ) | Hiện trạng chất lượng nước biển |
| | Quản lí hàng hải và quản lí rủi ro ($I_{ql}$) | Trợ giúp hàng hải ($I_{tg}$) | Thông tin hàng hải |
| | | | Báo hiệu hàng hải |
| | | | Hoa tiêu hàng hải |
| | | Quản lí hàng hải ($I_{qh}$) | Quản lí hàng hải |
| | | Đảm bảo độ sâu hàng hải ($I_{đs}$) | Nạo vét định kì duy tu tuyến luồng, trong cảng |
| | | Quản lí ro rủi hàng hải ($I_{qr}$) | Kế hoạch, biện pháp ứng phó rủi ro ô nhiễm môi trường |
| | | | Nhân lực quản lí và ứng phó rủi ro hàng hải |

Như trong Bảng 1, tại các vùng biển có hoạt động hàng hải, ngoài chỉ số liên quan đến hiện trạng chất lượng nước, nghiên cứu đề xuất bổ sung thêm chỉ số yếu tố gây rủi ro ($I_{nn}$) và chỉ số quản lí hàng hải và quản lí rủi ro ($I_{ql}$). Khi đó, chỉ số mức độ ô nhiễm hoặc nguy cơ ô nhiễm do hàng hải ($I_{mđ}$) được tính là trung bình cộng của ba chỉ số thành phần như sau:

$$I_{mđ} = (I_{nn} + I_{ht} + I_{ql})/3$$

Chỉ số các yếu tố rủi ro hàng hải ($I_{nn}$) được xác định bằng trung bình cộng các chỉ số rủi ro thành phần gồm: Chỉ số rủi ro khí tượng hàng hải ($I_{kt}$); Chỉ số rủi ro địa hình, địa chất ($I_{dc}$); Chỉ số rủi ro thủy văn hàng hải ($I_{tv}$); Chỉ số rủi ro đặc điểm hàng hải ($I_{hh}$).

$$I_{nn} = (I_{kt} + I_{dc} + I_{tv} + I_{hh})/4$$

Chỉ số khí tượng hàng hải ($I_{kt}$) là trung bình cộng của ba chỉ số thành phần liên quan đến tốc độ gió, tầm nhìn xa, lượng mưa. Chỉ số địa hình, địa chất ($I_{dc}$) được xác định dựa trên đặc điểm địa hình, địa chất tuyến luồng, kênh biển. Chỉ số thủy văn hàng hải ($I_{tv}$) là trung bình cộng của hai chỉ số thành phần liên quan đến đặc điểm dòng chảy, sóng trong khu vực có hoạt động hàng hải. Chỉ số đặc điểm hàng hải ($I_{hh}$) là trung bình cộng của ba chỉ số thành phần liên quan đến điều kiện (tuổi thọ) tàu thuyền, mật độ hàng hải và loại hàng hóa vận chuyển.

Chỉ số tiêu chí quản lí hàng hải và quản lí rủi ro ($I_{ql}$) được xác định bằng trung bình cộng các chỉ số rủi ro thành phần gồm: Chỉ số rủi ro trợ giúp hàng hải ($I_{tg}$); Chỉ số rủi ro quản lí hàng hải ($I_{qh}$); Chỉ số rủi ro đảm bảo độ sâu hàng hải ($I_{đs}$); Chỉ số rủi ro quản lí rủi ro hàng hải ($I_{qr}$).

$$I_{ql} = (I_{tg} + I_{qh} + I_{đs} + I_{qr})/4$$

Chỉ số rủi ro trợ giúp hàng hải ($I_{tg}$) là trung bình cộng của ba chỉ số thành phần liên quan đến thông tin hàng hải, báo hiệu hàng hải, hoa tiêu hàng hải. Chỉ số rủi ro quản lí hàng hải ($I_{qh}$) liên quan đến có hệ thống tự động nhận dạng AIS và quản lí giao thông hàng hải VTS. Chỉ số rủi ro đảm bảo độ sâu hàng hải ($I_{đs}$) liên quan đến công tác nạo vét, duy tu định kì để đảm bảo độ sâu hàng hải. Chỉ số rủi ro quản lí rủi ro hàng hải ($I_{qr}$) là trung bình cộng của hai chỉ số thành phần liên quan đến các kế hoạch, biện pháp, nhân lực ứng phó rủi ro ô nhiễm môi trường.

Chỉ số $I_{ht}$ liên quan đến hiện trạng chất lượng nước biển, được giữ nguyên như trong Thông tư 26/2016/TT-BTNMT.

### *3.2. Các phân cấp của chỉ số yếu tố rủi ro hàng hải ($I_{nn}$)*

Sau khi tham khảo các tài liệu chuyên ngành liên quan đến hàng hải, đặc biệt là tài liệu Hướng dẫn cơ bản về thiết kế kênh biển của PIANC và IAPH [7], Sổ tay hàng hải của Tiếu Văn Kinh, khảo sát thực địa và tham vấn 20 chuyên gia có kiến thức và kinh nghiệm về hàng hải, rủi ro hàng hải và ô nhiễm môi trường, chúng tôi đề xuất chỉ số các yếu tố rủi ro hàng hải ($I_{nn}$) bao gồm 4 chỉ số thành phần là chỉ số rủi ro khí tượng hàng hải ($I_{kt}$), chỉ số rủi ro địa hình, địa chất ($I_{dc}$), chỉ số rủi ro thủy văn hàng hải ($I_{tv}$) và chỉ số rủi ro đặc điểm hàng hải ($I_{hh}$). Sự phân cấp của các chỉ số này được trình bày trong Bảng 2, 3, 4, 5.

***Bảng 2. Chỉ số rủi ro khí tượng hàng hải***

| **Chỉ số cơ bản** | **Chỉ số thành phần** | **Điểm đánh giá** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** |
| Khí tượng hàng hải ($I_{kt}$) | Gió | < 5,5m/s | 5,5 đến 7,5m/s | 7,5 đến 11m/s | > 11m/s |
| | Tầm nhìn xa | Khu vực không có sương mù (tầm nhìn xa trên 4km) | Khu vực có dưới 30 ngày trong năm có sương mù thưa (tầm nhìn xa từ 200m - 4km) | Khu vực có dưới 30 ngày trong năm có sương mù dày đặc (tầm nhìn xa < 200m) | Khu vực có trên 30 ngày trong năm có sương mù dày đặc (tầm nhìn xa < 200m) |
| | Mưa | Lượng mưa < 200mm/năm | Lượng mưa 200 - 1000mm/năm | Lượng mưa 1000 - 2000mm/năm | Lượng mưa > 2000mm/năm |

***Bảng 3. Chỉ số rủi ro địa hình, địa chất***

| **Chỉ số cơ bản** | **Chỉ số thành phần** | **Điểm đánh giá** | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** |
| Địa hình, địa chất ($I_{đc}$) | Đặc điểm địa hình tuyến luồng, kênh biển | Tuyến luồng, kênh biển rộng và thẳng, có bề mặt đáy nhẵn, mềm | Tuyến luồng, kênh biển có những đoạn cong nhỏ hơn 30 độ, có bề mặt đáy dốc, cứng | Tuyến luồng, kênh biển có những đoạn cong từ 30 - 60 độ, có bề mặt đáy dốc, cứng | Tuyến luồng, kênh biển có những đoạn cong, gấp khúc từ 60 - 90 độ, có bề mặt đáy gồ ghề, cứng |

***Bảng 4. Chỉ số rủi ro thủy văn hàng hải***

| Chỉ số cơ bản | Chỉ số thành phần | Điểm đánh giá | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Thủy văn hàng hải ($I_{tv}$) | Đặc điểm dòng chảy | Khu vực không có dòng chảy sông, tốc độ dòng hải lưu <0,5m/s | Khu vực không có dòng chảy sông, tốc độ dòng hải lưu trong khoảng 0,5 - 1m/s | Khu vực có dòng chảy sông, hoặc tốc độ dòng hải lưu từ 1 - 1,5m/s | Khu vực không có dòng chảy sông lớn hoặc tốc độ dòng hải lưu >1,5m |
| | Đặc điểm sóng | $H_S \leq 0,5m$ và $\lambda \leq L$ | $0,5m < H_S \leq 1$ m và $\lambda \leq L$ | $1m < H_S \leq 3m$ và $\lambda = L$ | $H_S > 3m$ và $\lambda > L$ |

***Bảng 5. Chỉ số rủi ro đặc điểm hàng hải***

| Chỉ số cơ bản | Chỉ số thành phần | Điểm đánh giá | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Đặc điểm hàng hải ($I_{hh}$) | Điều kiện tàu thuyền | Tàu tự hành | - | - | Tàu không tự hành |
| | Mật độ hàng hải | <10 lượt tàu/ngày | 10 - 20 lượt tàu/ngày | 20 - 30 lượt tàu/ngày | > 30 lượt tàu/ngày |
| | Loại hàng hóa vận chuyển | Hàng hóa thông thường không có khả năng hòa tan vào nước | Các loại quặng, kim loại nặng | Dầu và các sản phẩm từ dầu | Hàng hóa nguy hiểm theo Nghị định số 13/2003/NĐ-CP |

### *3.3. Các phân cấp của chỉ số quản lí hàng hải và quản lí rủi ro ($I_{ql}$)*

Cũng dựa trên các tài liệu chuyên ngành liên quan đến hàng hải, khảo sát thực địa và ý kiến của 20 chuyên gia có kiến thức và kinh nghiệm về hàng hải, rủi ro hàng hải và ô nhiễm môi trường, chúng tôi đề xuất chỉ số quản lí hàng hải và quản lí rủi ro hàng hải ($I_{ql}$) bao gồm 4 chỉ số thành phần là chỉ số rủi ro trợ giúp hàng hải ($I_{tg}$), chỉ số rủi ro quản lí hàng hải ($I_{qh}$), chỉ số rủi ro đảm bảo độ sâu hàng hải ($I_{đs}$) và chỉ số rủi ro quản lí rủi ro hàng hải ($I_{qr}$). Sự phân cấp của các chỉ số này được trình bày trong bảng 6, 7, 8, 9.

***Bảng 6. Chỉ số rủi ro trợ giúp hàng hải***

| Chỉ số cơ bản | Chỉ số thành phần | Điểm đánh giá | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Trợ giúp hàng hải ($I_{tg}$) | Thông tin hàng hải | Cập nhật thường xuyên hàng ngày | Cập nhật hàng tuần | Cập nhật hàng tháng | Cập nhật trên một tháng một lần |
| | Báo hiệu hàng hải | Đầy đủ, hiện đại | - | - | Không đầy đủ, lạc hậu |
| | Hoa tiêu hàng hải | Nhiều kinh nghiệm | - | - | Không có kinh nghiệm |

***Bảng 7. Chỉ số rủi ro quản lí hàng hải***

| Chỉ số cơ bản | Chỉ số thành phần | Điểm đánh giá | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Quản lí hàng hải ($I_{qh}$) | Quản lí hàng hải | Có hệ thống tự động nhận dạng AIS và quản lí giao thông hàng hải VTS hiện đại | - | - | Không có hệ thống tự động nhận dạng AIS và quản lí giao thông hàng hải VTS |

***Bảng 8. Chỉ số rủi ro đảm bảo độ sâu hàng hải***

| Chỉ số cơ bản | Chỉ số thành phần | Điểm đánh giá | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Đảm bảo độ sâu hàng hải ($I_{đs}$) | Nạo vét định kì duy tu tuyến luồng, trong cảng | Được nạo vét thường xuyên để đảm bảo độ sâu > 1,5 mớn nước của tàu | Được nạo vét thường xuyên để đảm bảo độ sâu bằng 1,2 đến 1,5 lần mớn nước | Được nạo vét thường xuyên để đảm bảo độ sâu bằng < 1,2 lần mớn nước | Không được nạo vét thường xuyên, độ sâu bằng < 1,2 lần mớn nước |

***Bảng 9. Chỉ số rủi ro quản lí rủi ro hàng hải***

| Chỉ số cơ bản | Chỉ số thành phần | Điểm đánh giá | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Quản lí ro rủi hàng hải ($I_{qr}$) | Kế hoạch, biện pháp ứng phó rủi ro ô nhiễm môi trường | Chi tiết, cụ thể và cập nhật hàng năm | Chi tiết, cụ thể nhưng chưa được cập nhật hàng năm | Sơ bộ | Không có |
| | Nhân lực quản lí và ứng phó rủi ro hàng hải | Chuyên nghiệp và được bồi dưỡng thường xuyên | - | - | Chuyên nghiệp và được bồi dưỡng thường xuyên |

## 4. Kết luận

Để có thể đánh giá, phân cấp, phân vùng hợp lí rủi ro ô nhiễm môi trường tại các vùng biển có hoạt động hàng hải, chỉ số mức độ ô nhiễm hoặc nguy cơ ô nhiễm ($I_{mđ}$) trong Thông tư 26/2016/TT-BTNMT được đề xuất thay đổi là trung bình cộng của 3 chỉ số thành phần, bao gồm chỉ số yếu tố gây rủi ro hàng hải ($I_{nn}$), chỉ số hiện trạng chất lượng nước biển ($I_{ht}$), và chỉ số quản lí hàng hải, quản lí rủi ro hàng hải ($I_{ql}$). Chỉ số các yếu tố gây rủi ro hàng hải ($I_{nn}$) là trung bình cộng 4 chỉ số là rủi ro khí tượng hàng hải (liên quan đến tốc độ gió, tầm nhìn xa, lượng mưa), chỉ số rủi ro địa hình, địa chất tuyến luồng, kênh biển, chỉ số rủi ro thủy văn hàng hải (đặc điểm dòng chảy, sóng) và chỉ số rủi ro đặc điểm hàng hải (tuổi thọ tàu thuyền, mật độ hàng hải và loại hàng hóa vận chuyển). Chỉ số quản lí hàng hải và quản lí rủi ro hàng hải ($I_{ql}$) được xác định bằng trung bình cộng các bốn chỉ số rủi ro trợ giúp hàng hải (thông tin hàng hải, báo hiệu hàng hải, hoa tiêu hàng hải, chỉ số rủi ro quản lí hàng hải (liên quan đến có hệ thống tự động nhận dạng AIS và quản lí), chỉ số quản lí hàng hải, chỉ số rủi ro đảm bảo độ sâu hàng hải (công tác nạo vét, duy tu định kì để đảm bảo độ sâu hàng hải) và chỉ số rủi ro quản lí rủi ro hàng hải (các kế hoạch, biện pháp, nhân lực ứng phó rủi ro ô nhiễm môi trường).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO


[1] Bùi Văn Minh, Lê Quốc Tiến, *Thực trạng ngành hàng hải và giải pháp nâng cao hiệu lực, hiệu quả công tác quản lí nhà nước chuyên ngành hàng hải*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, 46: p.122-127, 2016.

[2] Cục hàng hải Việt Nam, *Đề án tái cơ cấu vận tải biển phục vụ sự nghiệp công nghiệp hóa, hiện đại hóa và phát triển bền vững giai đoạn đến năm 2020*. Hà Nội, 2014.

[3] Anh Trung (2011), *Phát triển hệ thống cảng biển: Nhìn từ góc độ bảo vệ môi trường biển 2010*, http://www.mt.gov.vn/moitruong/tin-tuc/1091/21150/phat-trien-he-thong-cang-bien--nhin-tu-goc-do-bao-ve-moi-truong-bien-2010.aspx. Ngày truy cập: 12/1/2018.

[4] Bộ Tài nguyên & Môi trường. *Thông tư số 26/2016/TT-BTNMT quy định chi tiết tiêu chí phân cấp vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển và hải đảo và hướng dẫn phân vùng rủi ro ô nhiễm môi trường biển và hải đảo*, Hà Nội, 2016.

[5] Yang, Y., Junwei M.. *Study on Risk Zoning Technology of Major Environmental Risk Sources in Urban Scale and Its Application in Shanghai, China*. Procedia Environmental Sciences, 2: 1050-1062, 2010.

[6] Shao, C., Yang, J., Tian, X., Ju, M., Huang. L.. *Integrated Environmental Risk Assessment and Whole-Process Management System in Chemical Industry Parks*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 10(4): 1609-1630, 2013. Doi: 10.3390/ijerph10041609.

[7] PIANC, IAPH, IMPA, IALA, *Approach Channels, Preliminary Guidelines*, Belgium, 13-14, 1995.

[8] Tiếu Văn Kinh, *Sổ tay Hàng hải*, Nhà xuất bản Giao thông Vận tải, 2010.



Ngày nhận bài: 15/3/2018
Ngày nhận bản sửa: 29/3/2018
Ngày duyệt đăng: 05/4/2018

# NGHIÊN CỨU VÀ ĐỀ XUẤT PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ VÀ TÍNH TOÁN CHẬP TIÊU TRÊN LUỒNG

STUDY AND PROPOSE FOR DESIGN AND CALCULATION METHODS OF LEADING LIGHTS ON THE NAVIGATION CHANNEL

**NGUYỄN TRỌNG KHUÊ**
*Khoa Công trình, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Cho đến nay, ở Việt Nam vẫn chưa có một phương pháp thiết kế tính toán chập tiêu (vật định hướng thẳng) hoàn chỉnh. Qua quá trình nghiên cứu và ứng dụng, tác giả xin giới thiệu và đề xuất phương pháp thiết kế và tính toán chập tiêu trên luồng.*

***Từ khóa**: Chập tiêu, vật định hướng thẳng, luồng tàu, hệ thống báo hiệu đường thủy.*

***Abstract***

*To date, there is not a complete design and caculation method of leading lights (direction lights) in Vietnam. Through the process of studying and applying, the author just wish to recommend and propose for design and calculation methods of leading lights on the navigation channel.*

***Keywords**: Leading lights, direction lights, navigation channel, aids navigation system.*

## 1. Giới thiệu chung

Báo hiệu đường thuỷ nói chung bao gồm cả báo hiệu đường biển và đường sông. Hiện nay gọi là báo hiệu hàng hải và báo hiệu đường thuỷ nội địa. Là hệ thống gồm tất cả các công trình và thiết bị trợ giúp cho tàu bè đi lại trên biển, thiết bị đó có thể nhìn thấy nhờ ánh sáng, màu sắc hay phát ra âm thanh, tín hiệu vô tuyến để cho người đi biển nhận biết rõ ràng cả ban ngày và ban đêm, trong mọi điều kiện thời tiết khác nhau đảm bảo an toàn cho người và tài sản, giúp cho việc vận hành của tàu được dễ dàng và nhanh chóng.

Trong hệ thống báo hiệu đường thuỷ, các loại vật định hướng dẫn đường đóng vai trò rất quan trọng. Vật định hướng dẫn đường là hệ thống từ một, hai hay một vài đèn hoặc mốc tương ứng đặt ở nơi mà nhờ đó người lái tàu có thể nhanh chóng biết được sự lệch tàu ra khỏi vùng định hướng (rơi vào vùng nguy hiểm). Vật định hướng được chia thành các loại: Vật định hướng thẳng, kẽ hở, mép đường, thước ngắm, phối cảnh, tia dẻ quạt,... Trong nội dung của bài báo này, xin được giới thiệu và đề xuất phương pháp tính toán cho vật định hướng thẳng (còn gọi là chập tiêu hoặc đạo tiêu).

## 2. Phương pháp tính toán

### *2.1. Xác định các yếu tố cơ bản phục vụ cho việc tính toán*

Ta cần xác định được hướng trục của định hướng thiết kế, điểm đầu và điểm cuối phần chạy tàu, chiều rộng luồng tàu; Nơi đặt các mốc phía trước và phía sau, tầm hoạt động của các mốc, giá trị xác suất lớn nhất của hệ số cho qua của khí quyển.

Để nhận được những giá trị cho trước này cần có: Bình đồ khu vực địa hình, bình đồ khu vực lòng sông, những số liệu về điều kiện tầm nhìn xa (độ trong suốt của khí quyển, nền phía sau các mốc và đèn). Khi chọn hướng trục nên chọn sao cho nó trùng với trục của luồng tàu. Mốc phía trước đặt càng gần phần chạy tàu càng tốt.

Khi tính toán tầm hoạt động và hệ số cho qua của khí quyển, người ta chọn kiểu, kích thước của bảng mốc - quan hệ giữa F($m^2$) và D(km). Màu của bảng mốc phụ thuộc vào màu của nền còn màu của các đèn tín hiệu xác định phụ thuộc vào sự xuất hiện trong vùng định hướng các đèn bên ngoài và phía bờ nơi có bố trí các đèn báo hiệu.

### *2.2. Xác định độ lệch nguy hiểm của tàu*

Thông thường ta phải tính với các loại tàu đi lại trên vùng định hướng và chọn giá trị $P_n$ lớn nhất. Độ lệch nguy hiểm của tàu được tính bằng tổng của các thành phần riêng biệt của sự dịch chuyển của tàu khác đường cong ngắm ra xa trục luồng theo hướng vuông góc với trục của vật định hướng. $P_n$ phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó các yếu tố quan trọng nhất là:

- Tốc độ tàu;
- Kết cấu là hình dáng thân tàu (độ cơ động);
- Các kích thước của tàu;

- Tốc độ và hướng dòng chảy, gió.

Độ lệch nguy hiểm được tính như sau: $P_n = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7$ (1)

Trong đó:

$P_1$: Sự dịch chuyển phần mũi tàu so với buồng lái tại thời điểm các mốc;

$P_2$: Sự dịch chuyển của tàu sau thời gian t (đó là thời gian phát hiện mốc chậm do quá trình quan sát và thời gian chuyển động của tàu theo quán tính tính từ thời điểm bẻ lái đến đầu đoạn vòng bắt chập);

$P_3$: Sự dịch chuyển ngang do quay vòng với bán kính R;

$P_4$: Sự dịch chuyển tàu do lực quán tính ly tâm làm tàu nghiêng;

$P_5$: Sự dịch chuyển của đuôi tàu so với trọng tâm của nó khi chuyển động theo đường cong với góc trôi $\delta$;

$P_6$: Một nửa chiều rộng tàu hướng về phía mép luồng;

$P_7$: Độ nghiêng của đường cong ngắm so với đường thẳng AB.

Việc xác định các yếu tố trên rất phức tạp, do đó người ta sử dụng công thức gần đúng sau:

$$P_n = 0,035.(v.t + l) + 0,57b + 0,197.\frac{L^2}{R} \quad (2)$$

Trong đó:

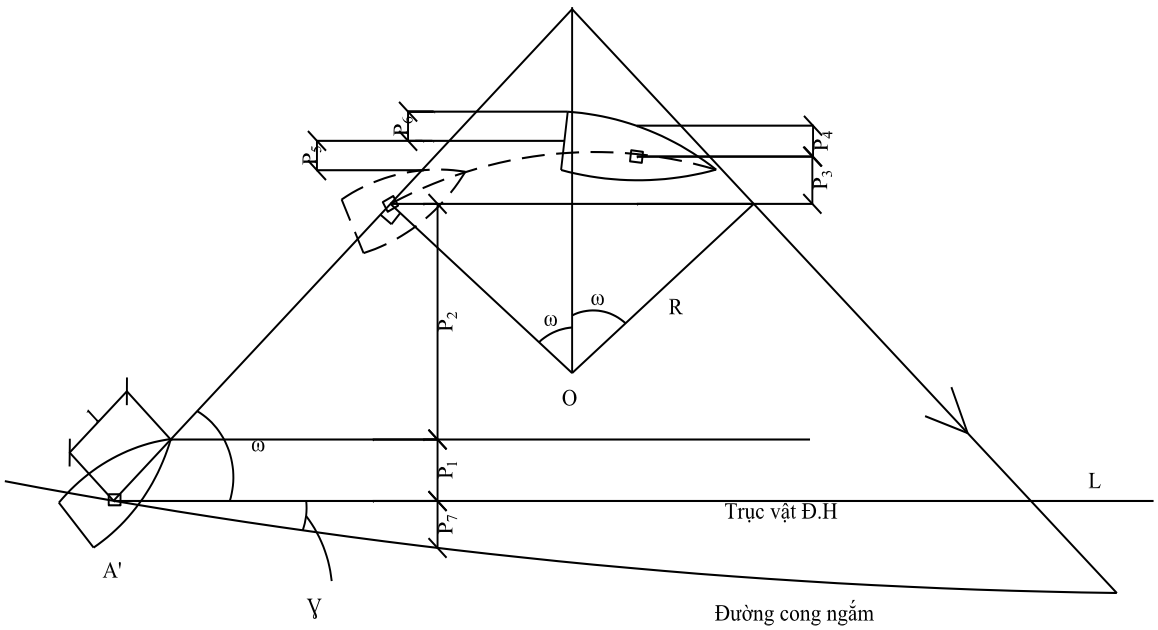
v - vận tốc tàu đối với nước (m/s);

t - lấy như sau: Tàu khách và tàu hàng tự hành t = 20s; Tàu đẩy t = 50s;

l - Khoảng cách từ mũi tàu đến buồng lái (m);

b, L - Chiều rộng và chiều dài tàu (m);

R - Bán kính quay trở, R = 5-7L (m).




***Hình 1. Xác định độ lệch nguy hiểm của tàu***

### *2.3. Xác định độ lệch bên cho phép $P_K$ tại điểm xa nhất của vùng định hướng ($D_K$)*

Độ lệch bên cho phép trên toàn bộ chiều dài tác dụng của vật định hướng nhỏ hơn hoặc bằng hiệu giữa 1/2 chiều rộng luồng tàu và giá trị độ lệch tàu nguy hiểm $P_n$.

Với vật định hướng thẳng, điều kiện đó có thể viết: $[P_K] \le \frac{B}{2} - P_n$ (3)

Trong đó $[P_K]$ - Giá trị độ lệch bên cho phép.

***2.4. Tính khoảng cách giữa các định hướng d với góc thẳng đứng α và góc cho phép θ như đã chỉ định***

Chỉ định giá trị θ với định hướng thẳng: Góc thẳng đứng 15'>α>3' trên toàn bộ chiều dài tác dụng của vật định hướng thì θ=1,5'.

Khi đó d được tính theo công thức: $d = \dfrac{D_k^2}{2,29P_K - D_K}$ (4)

Trong đó $D_k$ - tính bằng km; $P_k$ - tính bằng m.

***2.5. Tính chiều cao nhỏ nhất h của mép trên của bảng mốc phía trước so với mực nước tính toán và chiều cao của mốc so với nền***

Chiều cao nhỏ nhất h phải tính với tầm nhìn xa địa lý theo công thức:

$$h = h_m + (0,257.d - \sqrt{e})^2 \quad (5)$$

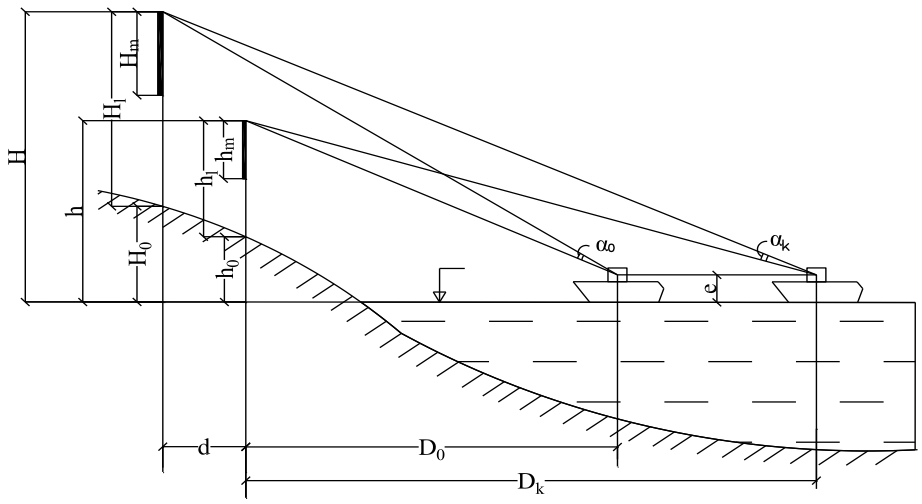
Trong đó: $h_m$, h, c tính bằng m; D tính bằng km;

$h_m$ là chiều cao phần nhìn của mốc phía trước: $h_m = 0,291.D_k + e$ (6)

Chiều cao nhỏ nhất của mốc phía sau được tính theo góc thẳng đứng α cho trước theo công thức:

$$H = (0,291.\alpha + \frac{h-e}{D} + 0,066.D).(D+d) + e \quad (7)$$

***2.6. Tính chiều cao nhỏ nhất H của mép trên của bảng mốc phía sau so với mực nước tính toán và chiều cao mốc so với nền***




***Hình 2. Các thông số cơ bản của chập tiêu***

Chiều cao phần nhìn của mốc phía sau: $H_m = 0,291.(D_k + d) + e$ (8)

Chú ý khi tính chiều cao H phải đảm bảo α > 3'. Khi đó thay α = 3' vào công thức tính H ta được 2 giá trị H ứng với $D_0$ (Điểm quan sát gần nhất) và $D_K$ (Điểm quan sát xa nhất):

$$H_0 = (0,873 + \frac{h-e}{D_0} + 0,066D)(D_0 + d) + e$$

$$H_k = (0,873 + \frac{h-e}{D_k} + 0,066d)(D_K + d) + e \quad (9)$$

Từ đó chọn giá trị H lớn nhất trong hai giá trị trên.

***2.7. Xác định sự thay đổi góc thẳng đứng theo chiều dài của định hướng***

Phương trình để xác định góc thẳng đứng α có dạng sau:

$$\alpha = 3,44.\left(\frac{H-e}{D+d} - \frac{h-e}{D}\right) - 0,227'.d \quad (10)$$

Trong đó: α tính bằng phút; H, h và e tính bằng m; D, d tính bằng km;

***2.8. Kiểm tra giá trị cho phép của độ lệch bên P trên các đoạn có sự co hẹp của luồng tàu***

Khi 3'≤α≤15' thì độ lệch bên xác định bằng công thức:

$$P = \theta.D.\left(\frac{D}{d}+1\right)tg1' \quad (11)$$

Trong đó θ lấy bằng 1,5' có dạng:

$$P = 0,44.D.\left[\frac{D}{d}+1\right] \quad (12)$$

Sau đó phải tính các $P_i$ tương ứng với $D_i$ ở vùng co hẹp.

Nếu một trong các giá trị:

$$p_i > [P_k] = \frac{B}{2} - P_n \quad (13)$$

Thì phải tăng khoảng cách d lên rồi kiểm tra lại tại vị trí đó.

***2.9. Tính toán diện tích hình chiếu đứng của bảng tiêu***

Diện tích hình chiếu đứng của bảng tiêu trước:

$$Q_{hm} = \frac{D_k^2}{\dfrac{20.K_0}{1+\dfrac{20^{\frac{D_k}{S}}-1}{b}}-1} \text{ (m}^2\text{)} \quad (14)$$

Diện tích hình chiếu đứng của bảng tiêu sau:

$$Q_{Hm} = \frac{(D_k+d)^2}{\dfrac{20.K_0}{1+\dfrac{20^{\frac{D_k+d}{S}}-1}{b}}-1} \text{ (m}^2\text{)} \quad (15)$$

Trong đó:

Q - Diện tích hình chiếu đứng của bảng mốc (m²);

$K_0$ - Hệ số tương phản của nền thường lấy giá trị trung bình là 0.9;

S - Tầm nhìn xa khí tượng (km) được xác định theo công thức: $S = -\dfrac{3}{\ln \tau}$ (16)

$L_n$ - Độ sáng của nền; $L_{tr}$ - Độ sáng của bầu trời phía sau nền;

b - Hệ số độ sáng của nền: $b = \dfrac{L_n}{L_{tr}}$ (17)

Hệ số độ sáng của nền b được tra trong bảng sau:

***Bảng 1. Bảng tra giá trị hệ số độ sáng của nền***

| **Nền** | **Các giá trị hệ số sáng ứng với điều kiện chiếu sáng khác nhau** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **U ám** | **Vị trí mặt trời với người quan sát** | | |
| | | **Đằng trước** | **Bên cạnh** | **Đằng sau** |
| Bầu trời | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Cát | 0,4 | 0,2 | 0,8 | 1,0 |
| Đồng cỏ | 0,25 | 0,1 | 0,4 | 0,5 |
| Rừng lá to | 0,15 | 0,015 | 0,1 | 0,25 |
| Rừng lá kim | 0,10 | 0,01 | 0,05 | 0,2 |
| Nước lặng | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| Nước khi sóng cấp 1-2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Nước khi sóng cấp 3-4 | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| Mốc rất sáng trên nền đen | 0,35 | 0,15 | 1,0 | 3,0 |

***2.10. Tính toán chiều rộng bảng tiêu***

Chiều rộng bảng tiêu trước: $b_{hm} = \dfrac{Q_{hm}}{h_m}$ (18)

Chiều rộng bảng tiêu sau: $b_{Hm} = \dfrac{Q_{Hm}}{H_m}$ (19)

Trong đó: $Q_{hm}$: Diện tích bảng tiêu trước ($m^2$); $h_m$: Chiều cao bảng tiêu trước (m);

$Q_{Hm}$: Diện tích bảng tiêu sau ($m^2$); $H_m$: Chiều cao bảng tiêu sau (m).

**3. Kết luận và kiến nghị**

Trong một số phương pháp thiết kế tính toán cũ, công thức tính độ lệch bên chỉ xét đến bề rộng của luồng và bề rộng của tàu; công thức tính diện tích bảng tiêu không đề cập đến hệ số độ sáng và hệ số tương phản của nền; công thức tính bề rộng bảng tiêu không hợp lý với tầm nhìn xa phân biệt.

Tuy nhiên trong bài báo này, tác giả đã đề xuất phương án thiết kế tính toán mới có một số ưu điểm như sau:

- Công thức tính độ lệch bên có kể đến nhiều yếu tố như tốc độ tàu, thời gian, bán kính quay trở, khoảng cách từ mũi tàu đến buồng lái nên độ tin cậy cao hơn;
- Công thức tính diện tích bảng tiêu có sử dụng hệ số độ sáng và hệ số tương phản của nền;
- Tầm nhìn xa phân biệt được đưa vào công thức tính chiều cao của bảng mốc phía trước và phía sau nên công thức tính hợp lý hơn.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Design of light beacons. Japan Maritime Safety Agency - Japan International Cooperation Agency, 1996.

[2] Floating AIDS. Japan Maritime Safety Agency - Japan International Cooperation Agency, 1996.

[3] International Association of Lighthouse Authorities: IALA Aids to navigation Guide France, 1993.

[4] ThS. Nguyễn Trọng Khuê, *"Nghiên cứu và đề xuất phương pháp bố trí và thiết kế chập tiêu trên tuyến luồng",* Đề tài NCKH SV Khoa Công trình 2017.

Ngày nhận bài: 15/03/2018
Ngày nhận bản sửa: 30/03/2018
Ngày duyệt đăng: 03/04/2018

# ĐIỀU KHIỂN TỰA THỤ ĐỘNG ROBOT PHẲNG 6 BẬC TỰ DO
PASSIVITY-BASED CONTROL OF 6-DOF PLANAR ROBOT

**HOÀNG MẠNH CƯỜNG, NGUYỄN HOÀNG HẢI**
*Viện Cơ khí, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Trong bài báo này, các tác giả tập trung nghiên cứu đưa ra quy luật điều khiển đối tượng robot phẳng 6 bậc tự do, nhằm điều khiển robot thực hiện chuyển động theo quỹ đạo định trước. Muốn vậy, trước hết, việc thiết lập phương trình vi phân chuyển động của robot đã được thực hiện nhờ áp dụng phương trình Lagrange loại II, sau đó, phương pháp điều khiển tựa thụ động đã được nghiên cứu để đưa ra các quy luật điều khiển. Để thấy được tác động của quy luật điều khiển lên robot, việc tính toán mô phỏng số đã được thực hiện và kết quả đưa ra mô tả việc bám quỹ đạo định trước của các biến khớp dưới tác dụng của quy luật điều khiển đưa ra.*

***Từ khóa**: Robot phẳng, robot 6 bậc tự do, thụ động, thiết kế điều khiển, Lyapunov, mô hình toán.*

***Abstract***

*This article presents the control of a 6-dof planar robot so that the robot follows prescribed trajectories. First, the mathematical model of the robot is established based on Lagrange equation type II. Then, a nonlinear controller is designed by exploiting the passivity of the system and the asymptotic stability of the control system is shown by using Lyapunov's theorem. The effectiveness of the proposed controller is illustrated by a set of simulations in which the joints are able to track desired trajectories.*

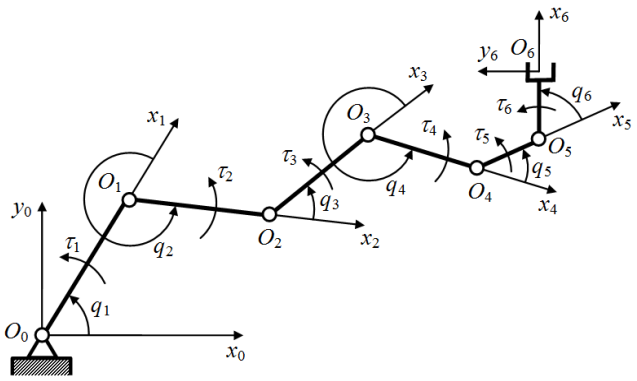
***Keywords**: Planar robot, 6-dof robot, passivity, controller design, Lyapunov, mathematical model.*

## 1. Mở đầu

Robot công nghiệp được sử dụng phổ biến trong các hệ thống sản xuất linh hoạt, đã có nhiều cấu hình robot được nghiên cứu ứng dụng trong sản xuất và được đề cập trong nhiều tài liệu [1, 2, 3, 6]. Theo [1] tay máy robot có số bậc tự do nhiều hơn số tọa độ tối thiểu, xác lập nên vị trí và hướng của khâu thao tác, theo yêu cầu của bài toán công nghệ được gọi là robot dư dẫn động. Như vậy, robot phẳng có 6 bậc tự do là một dạng của robot dư dẫn động. Nhờ tính dư dẫn động mà robot loại này có khả năng tránh được các vật cản, các điểm kỳ dị, các giới hạn của biến khớp,… Việc nghiên cứu các bài toán liên quan đến robot dư dẫn động, đã được nhiều tác giả quan tâm nghiên cứu [1, 4, 5], trong các công trình đó các tác giả đã đề cập đến các bài toán động học thuận, động học ngược và điều khiển trượt đối với robot phẳng 5 và 6 bậc tự do, về áp dụng luật điều khiển tựa thụ động cho điều khiển robot cũng có nhiều công trình đề cập đến [8, 9], tuy nhiên các công trình này lại không đề cập đến các robot dư dẫn động. Trong bài báo này, nhóm tác tác giả tập trung nghiên cứu thuật toán điều khiển tựa thụ động nhằm điều khiển robot phẳng 6 bậc tự do thực hiện chuyển động bám theo quỹ đạo định trước.

## 2. Thiết lập phương trình động lực học

Xét mô hình robot có dạng như trong Hình 1, trong đó các khâu được coi là các thanh thẳng đồng chất với các kích thước $O_0O_1 = a_1$, $O_1O_2 = a_2$, $O_2O_3 = a_3$, $O_3O_4 = a_4$, $O_4O_5 = a_5$, $O_5O_6 = a_6$, gọi $m_1$, $m_2$, $m_3$, $m_4$, $m_5$, $m_6$ tương ứng là khối lượng các khâu, khi đó:




***Hình 1. Mô hình robot phẳng 6 khâu***

Theo [1], biểu thức động năng của vật rắn được xác định bởi công thức:

$$T = \frac{1}{2}\dot{\mathbf{q}}^T.\mathbf{M}(\mathbf{q}).\dot{\mathbf{q}} \tag{1}$$

Trong đó:

$$\mathbf{M}(\mathbf{q}) = \sum_{i=1}^{p} m_i \mathbf{J}_{T_i}^{(0)T}.\mathbf{J}_{T_i}^{(0)} + \sum_{i=1}^{p} \mathbf{J}_{R_i}^{(0)T}\mathbf{A}_i\mathbf{I}_{C_i}^{(i)}\mathbf{A}_i^T\mathbf{J}_{R_i}^{(0)} \tag{2}$$

Với $\mathbf{A}_i$, $\mathbf{J}_{Ti}$, $\mathbf{J}_{Ri}$ ($i$ = 1, 2, …, 6) tương ứng là ma trận côsin chỉ hướng, ma trận Jacobi tịnh tiến và ma trận Jacobi quay của các khâu robot, $\mathbf{I}_{Ci}$ ($i$ = 1, 2, …, 6) là tenxơ quán tính khối các khâu của robot đối với hệ trục đặt tại khối tâm $C_i$ và gắn chặt vào vật.

Thế năng của hệ được cho bởi công thức:

$$\Pi = \sum_{i=1}^{p} m_i.y_{C_i}^{(0)} \tag{3}$$

Với cơ hệ chịu các liên kết hôlônôm có $n$ bậc tự do, vị trí của cơ hệ được xác định bởi các tọa độ suy rộng $q_1$, $q_2$,…, $q_n$, áp dụng phương trình Lagrange loại II [1], ta có:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\mathbf{q}}}\right)^T - \left(\frac{\partial T}{\partial \mathbf{q}}\right)^T = -\left(\frac{\partial \Pi}{\partial \mathbf{q}}\right)^T + \mathbf{f}^* \tag{4}$$

Trong đó:

$$\mathbf{q} = \begin{bmatrix} q_1 & \mathrm{K} & q_n \end{bmatrix}^T,\ \mathbf{f}^* = \begin{bmatrix} Q_1^* & \mathrm{K} & Q_n^* \end{bmatrix}^T \tag{5}$$

Thay (1) và (3) vào (4), ta nhận được hệ phương trình có dạng:

$$\mathbf{M}(\mathbf{q}).\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{C}(\mathbf{q},\dot{\mathbf{q}}).\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{G}(\mathbf{q}) = \boldsymbol{\tau} \tag{6}$$

Trong đó:

$$\mathbf{C}(\mathbf{q},\dot{\mathbf{q}}) = \frac{\partial \mathbf{M}(\mathbf{q})}{\partial \mathbf{q}}(\mathbf{E}_n \otimes \dot{\mathbf{q}}) - \frac{1}{2}\left(\frac{\partial \mathbf{M}(\mathbf{q})}{\partial \mathbf{q}}(\dot{\mathbf{q}} \otimes \mathbf{E}_n)\right)^T \tag{7}$$

$$\mathbf{G}(\mathbf{q}) = \left(\frac{\partial \Pi}{\partial \mathbf{q}}\right)^T \tag{8}$$

Phương trình (6) là phương trình vi phân mô tả chuyển động của robot phẳng $n$ bậc tự do, trong đó $\tau$ là mômen tác dụng tại các khâu của robot.

**3. Thiết kế quy luật điều khiển tựa thụ động cho robot dư dẫn động**

Xét hệ robot dư dẫn động được mô tả bằng phương trình (6). Bài toán điều khiển đặt ra là xác định tín hiệu điều khiển $\boldsymbol{\tau}$ sao cho các biến trạng thái $\mathbf{q}$ bám theo quỹ đạo $\mathbf{q}_d$ cho trước.

Ta đưa vào véc tơ sai lệch có dạng:

$$\mathbf{e}_q = \mathbf{q} - \mathbf{q}_d$$

Khi đó, tín hiệu điều khiển được chọn có dạng:

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{M}(\mathbf{q})\dot{\mathbf{v}} + \mathbf{C}(\mathbf{q},\dot{\mathbf{q}})\mathbf{v} + \mathbf{G}(\mathbf{q}) + \mathbf{u} \tag{9}$$

Trong đó:

$$\mathbf{v} = \dot{\mathbf{q}}_d - \mathbf{K}\mathbf{e}_q$$

Bằng cách đặt:

$$\mathbf{r} = \dot{\mathbf{q}} - \mathbf{v} = \dot{\mathbf{e}}_q + \mathbf{K}\mathbf{e}_q$$

Và thay (9) vào (6) sẽ thu được:

$$\mathbf{M}(\mathbf{q})\dot{\mathbf{r}} + \mathbf{C}(\mathbf{q},\dot{\mathbf{q}})\mathbf{r} = \mathbf{u} \tag{10}$$

Chọn hàm dự trữ có dạng:

$$S = \frac{1}{2}\mathbf{r}^T\mathbf{M}(\mathbf{q})\mathbf{r}$$

Dễ dàng thấy rằng:

$$\dot{S} = \mathbf{r}^T\mathbf{M}(\mathbf{q})\dot{\mathbf{r}} + \frac{1}{2}\mathbf{r}^T\dot{\mathbf{M}}(\mathbf{q})\mathbf{r} = \frac{1}{2}\mathbf{r}^T(\dot{\mathbf{M}} - 2\mathbf{C})\mathbf{r} + \mathbf{r}^T\mathbf{u} = \mathbf{r}^T\mathbf{u}$$

Như vậy hệ là thụ động với tín hiệu vào **u** và tín hiệu ra **r**. Bây giờ ta chọn **u** có dạng:

$$\mathbf{u} = -\mathbf{K}_r\mathbf{r} = -\mathbf{K}_r(\dot{\mathbf{e}}_q + \mathbf{K}\mathbf{e}_q)$$

Với $\mathbf{K}_r$ ma trận đường chéo xác định dương. Chọn hàm Lyapunov có dạng:

$$V = \frac{1}{2}\mathbf{r}^T\mathbf{M}(\mathbf{q})\mathbf{r} + \frac{1}{2}\mathbf{e}_q{}^T\mathbf{K}\mathbf{K}_r\mathbf{e}_q \tag{11}$$

Đạo hàm của hàm Lyapunov trong (11) là:

$$\dot{V} = \frac{1}{2}\mathbf{r}^T\dot{\mathbf{M}}(\mathbf{q})\mathbf{r} + \mathbf{r}^T\mathbf{M}(\mathbf{q})\dot{\mathbf{r}} + 2\mathbf{e}_q^T\mathbf{K}\mathbf{K}_r\dot{\mathbf{e}}_q = \frac{1}{2}\mathbf{r}^T(\dot{\mathbf{M}}(\mathbf{q}) - 2\mathbf{C}(\mathbf{q},\dot{\mathbf{q}}))\mathbf{r} - \mathbf{r}^T\mathbf{K}_r\mathbf{r} + 2\mathbf{e}_q^T\mathbf{K}\mathbf{K}_r\dot{\mathbf{e}}_q$$

$$= -(\dot{\mathbf{e}}_q + \mathbf{K}\mathbf{e}_q)^T\mathbf{K}_r(\dot{\mathbf{e}}_q + \mathbf{K}\mathbf{e}_q) + 2\mathbf{e}_q^T\mathbf{K}\mathbf{K}_r\dot{\mathbf{e}}_q = -\dot{\mathbf{e}}_q^T\mathbf{K}_r\dot{\mathbf{e}}_q - \mathbf{e}_q^T\mathbf{K}\mathbf{K}_r\mathbf{K}\mathbf{e}_q$$

Như vậy, hệ ổn định tiệm cận tại điểm $\mathbf{e}_q = \dot{\mathbf{e}}_q = 0$, hay nói theo cách khác **q** bám được theo quỹ đạo $\mathbf{q}_d$ cho trước với quy luật điều khiển:

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{M}(\mathbf{q})\dot{\mathbf{v}} + \mathbf{C}(\mathbf{q},\dot{\mathbf{q}})\mathbf{v} + \mathbf{G}(\mathbf{q}) - \mathbf{K}_r(\dot{\mathbf{e}}_q + \mathbf{K}\mathbf{e}_q) \tag{12}$$

Trong đó **K** và $\mathbf{K}_r$ là các ma trận xác định dương.

**4. Một số kết quả tính toán mô phỏng số**

Để tính toán số ta cho các tham số của hệ các giá trị như sau:

$a_1$ = 0,4(m), $a_2$ = 0,35(m), $a_3$ = 0,3(m), $a_4$ = 0,2(m), $a_5$ = 0,1(m), $a_6$ = 0,1(m)

$m_1$ = 10(kg), $m_2$ = 5(kg), $m_3$ = 2(kg), $m_4$ = 1(kg), $m_5$ = 1(kg), $m_6$ = 1(kg).

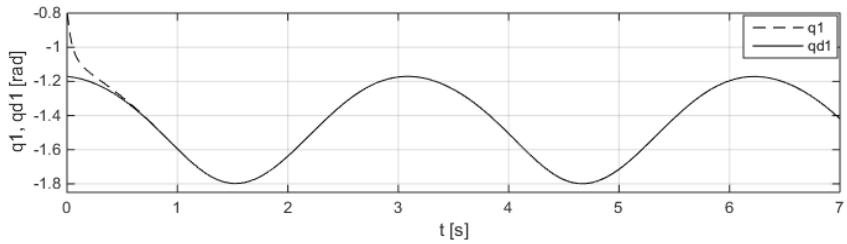
Hướng của khâu thao thác được giữ thẳng đứng, điểm định vị *P* của khâu thao tác dịch chuyển theo quỹ đạo là một đường tròn, được mô tả bởi phương trình:

$x_P = 0,6 + 0,2\cos(2t)$, $y_P = -0,6 + 0,2\sin(2t)$

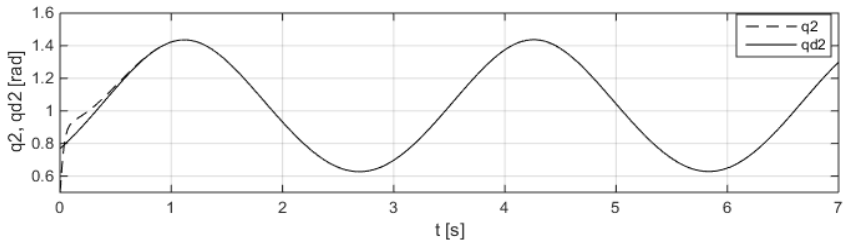
Các thông số của bộ điều khiển được chọn như sau:

**K** = Diag [50, 40, 40, 30, 20, 20]; $\mathbf{K}_r$ = Diag [50, 30, 10, 10, 4, 4];

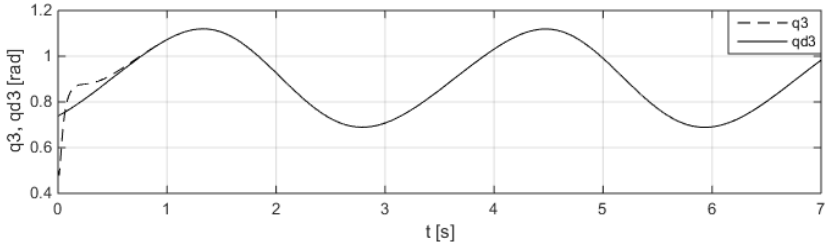
Với các số liệu như trên, sau khi tính toán mô phỏng ta được các kết quả được cho như trong các Hình 2 - 7, trong đó các đường nét liền là đường quỹ đạo mong muốn $\mathbf{q}_d$ của các tọa độ khớp, các đường nét đứt là các đường quỹ đạo thực $\mathbf{q}(t)$ của các tọa độ khớp khi robot được điều khiển theo quy luật tựa thụ động. Từ các kết quả mô phỏng cho thấy, dù trạng thái của robot ban đầu ở vị trí khá xa so với vị trí đặt trước, nhưng với quy luật điều khiển đưa ra, chỉ sau thời gian ngắn khoảng từ 0 đến 1 giây, robot đã bám sát quỹ đạo mong muốn và chuyển động ổn định, điều đó cho thấy quy luật điều khiển đã thiết kế hoạt động hiệu quả và ổn định.



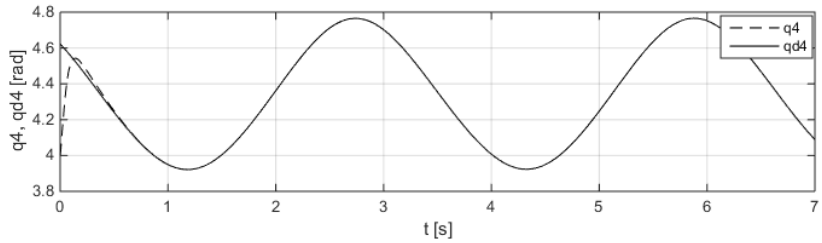

***Hình 2. Đồ thị góc quay của khâu 1 trong không gian khớp***



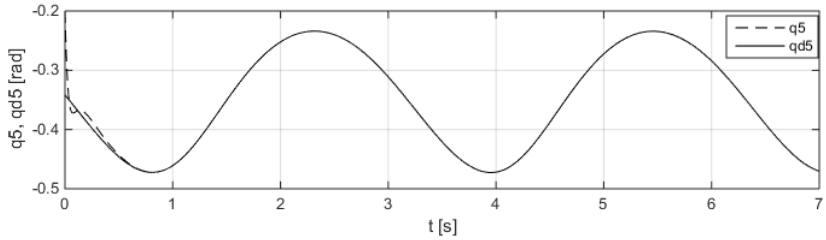
***Hình 3. Đồ thị góc quay của khâu 2 trong không gian khớp***



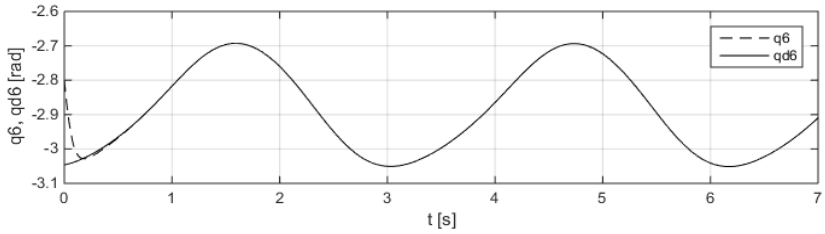

***Hình 4. Đồ thị góc quay của khâu 3 trong không gian khớp***




***Hình 5. Đồ thị góc quay của khâu 4 trong không gian khớp***




***Hình 6. Đồ thị góc quay của khâu 5 trong không gian khớp***




***Hình 7. Đồ thị góc quay của khâu 6 trong không gian khớp***

## 5. Kết luận

Trong bài báo này, các tác giả đã tập trung nghiên cứu phương pháp điều khiển tựa thụ động để thiết kế quy luật điều khiển cho robot phẳng 6 bậc tự do nhằm điều khiển robot thực hiện chuyển động bám theo các quỹ đạo đã định trước. Một số kết quả đạt được của công trình này là đã đưa ra được quy luật điều khiển cho robot và việc tính toán mô phỏng đã được thực hiện để kiểm chứng tính ổn định và hiệu quả của quy luật điều khiển này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Văn Khang, Chu Anh Mỳ, *Cơ sở rôbốt công nghiệp*, NXB Giáo dục Việt Nam, 2011.

[2] Đào Văn Hiệp, *Kỹ thuật rôbốt*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 2006.

[3] Nguyễn Mạnh Tiến, *Điều khiển rôbốt công nghiệp*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 2007.

[4] Nguyễn Văn Khang, Nguyễn Quang Hoàng, Lê Đức Đạt, Trần Hoàng Nam, "Về một thuật toán điều khiển trượt robot dư dẫn động", *Tạp chí tin học và điều khiển học*, tập 24, No.3, Tr.269-280, 2008

[5] Nguyễn Quang Hoàng, Nguyễn Văn Khang, Trần Hoàng Nam, "Bài toán động học ngược robot dư dẫn động có chú ý đến sự cố kẹt khớp", *Tuyển tập Hội nghị Cơ học toàn quốc*, Tập 2, Tr.282-290, NXB Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội, 2009.

[6] Bruno Siciliano, Oussama Khatib (Editors), *Springer Handbook of Robotics*, Springer Berlin Heidelberg, 2008.

[7] Hassan K. Khalil, *Nonlinear Systems,* Pearson, 2002.

[8] Bruno Siciliano, Luigi Villani, *"*A New Passivity-Based Control Technique for Safe Patient-Robot Interaction in Haptics-Enabled Rehabilitation Systems*"*, *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) Congress Center Hamburg Sept 28 - Oct 2, Hamburg, Germany*, pp. 4556-4561, 2015.

[9] Lucas C.Neves, Gabriel V.Paim, Isabelle Queinnec, Ubirajara F.Moreno, Edson R.De Pieri, *"*Passivity and Power Based Control of a Robot with Parallel Architecture*", Preprints of the 18th IFAC World Congress Milano (Italy) August 28 - September 2*, pp. 14608 - 14613. 2011.

Ngày nhận bài: 06/11/2017
Ngày nhận bản sửa: 06/02/2018
Ngày duyệt đăng: 09/02/2018

# NÂNG CAO HIỆU NĂNG TÍNH TOÁN CHO THUẬT TOÁN PHÂN CỤM FCM
IMPROVING THE COMPUTING PERFORMANCE FOR FCM CLUSTERING ALGORITHM

**VŨ ĐÌNH TRUNG, NGUYỄN TRỌNG ĐỨC**
*Khoa Công nghệ thông tin, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Trong xu hướng phát triển của ngành công nghiệp 4.0, xử lí dữ liệu lớn là vấn đề nhận được nhiều quan tâm của các nhà khoa học. Do khối lượng tính toán rất lớn và phức tạp, việc xử lí dữ liệu lớn thường được thực hiện song song trên các bộ xử lý đa lõi, đa luồng. Tuy nhiên, các thuật toán song song cũng cần phải được áp dụng và cải tiến nhằm phát huy sức mạnh của các bộ xử lý này. Với bộ xử lý đồ họa GPU (Graphics Processing Units), thuật toán phân cụm mờ FCM (Fuzzy C-Means [1]) đã được triển khai một cách hiệu quả, tuy rằng chưa giải quyết được vấn đề song song không đầy đủ NFPP (Not-Fully Parallelized Problem) tại bước tính toán các Trọng tâm cụm (Cluster Centers). Trong bài báo này, các tác giả đề xuất một giải pháp tăng hiệu năng tính toán của thuật toán FCM bằng việc rút gọn dữ liệu ở những bước song song không đầy đủ với mô hình kiến trúc thiết bị tính toán hợp nhất CUDA (Compute Unified Device Architecture [2]).*

***Từ khóa**: FCM, song song không đầy đủ, GPU, phân cụm dữ liệu.*

***Abstract***

*In the current trend of 4.0 industry, big data has received considerable attention from scientists. Due to the extremely large and complex data computational volume, big data tasks are typically performed in parallel using the power of massive multi-threading and mutil-core processors. However, the parallel algorithms also need to be applied and improved to harness the power of these processors. With Graphics Processing Units (GPUs), the Fuzzy C-Means (FCM [1]) cluster algorithm has implemented effectively, but not solved the not-fully parallelized problem (NFPP) at the calculating new cluster centers step. In this paper, the authors propose a method to improve the computing performance of the FCM algorithm by reducting data in the not-fully parallelized steps with Compute Unified Device Architecture Model (CUDA [2]).*

***Keywords**: FCM, not-fully parallelized, GPU, data clustering.*

## 1. Đặt vấn đề

Phân cụm dữ liệu đã và đang được áp dụng trong nhiều lĩnh vực, như nhận dạng mẫu [3], nhận dạng người nói [4], khai thác dữ liệu, web [5],… Trong các thuật toán phân cụm được nghiên cứu và áp dụng, thuật toán phân cụm mờ FCM được xem là thuật toán hiệu quả. Thuật toán này sử dụng các độ đo tương tự để gán một điểm dữ liệu tới cụm của nó.

Thời gian thực hiện của thuật toán FCM tăng khi số lượng các điểm cũng như số chiều của tập dữ liệu tăng. Vì vậy, để đối mặt với các thách thức của dữ liệu lớn hơn, song song hóa FCM là một hướng tiếp cận cần thiết. Trong bài báo này, tác giả đề xuất một giải pháp tăng hiệu năng tính toán của thuật toán phân cụm mờ FCM bằng việc rút gọn dữ liệu ở những bước song song không đầy đủ với mô hình kiến trúc thiết bị tính toán hợp nhất CUDA (Compute Unified Device Architecture).

Nội dung bài báo bao gồm 04 mục: Mục 1 - Đặt vấn đề; Mục 2 - Bộ xử lí đồ họa GPU và thuật toán FCM: mô hình, kiến trúc bộ xử lí đồ họa GPU và thuật toán FCM; Mục 3 - Giải pháp tăng hiệu năng của thuật toán FCM: đề xuất giải pháp tăng hiệu năng của thuật toán FCM; Mục 4 - Kết luận, là những đánh giá về giải pháp đã đề xuất, hướng nghiên cứu, phát triển tiếp theo.

## 2. Bộ xử lí đồ họa GPU và thuật toán phân cụm FCM

### *2.1. Kiến trúc GPU*

Bộ xử lý đồ họa GPU được thiết kế đặc biệt cho tính toán song song và chuyên sâu [2]. Để đạt được hiệu suất song song cao, GPU sử dụng kiến trúc Một lệnh đa luồng xử lý (SIMT). Một số lượng rất lớn các luồng xử lý song song cùng một chuỗi lệnh trên các dữ liệu khác nhau.

### *2.2. Kiến trúc thiết bị tính toán hợp nhất - CUDA*

Để khai thác sức mạnh của GPU, một kiến trúc lập trình song song mục đích chung - kiến trúc thiết bị tính toán hợp nhất (CUDA [2]) đã được đề xuất bởi NVIDIA. Trong mô hình lập trình CUDA, GPU được xem như một bộ đồng xử lý với khả năng thực hiện song song một số lượng rất lớn các luồng công việc.

### *2.3. Thuật toán phân cụm FCM*

Thuật toán phân cụm mờ *c*-means (FCM) thực hiện việc lặp đi lặp lại bước phân vùng và tạo ra các cụm mới cho đến khi hội tụ [1]:

$SC_0 = \{\mathbf{C}_j(0)\}$: tập các trọng tâm cụm ban đầu với giá trị ngưỡng hội tụ $\varepsilon$;

$SC_p$: tập hợp các trọng tâm cụm tại bước *p;*

*p*: bước thực hiện của thuật toán, ban đầu *p* = 0;

$d_{ij}$ : khoảng cách Ơ-clit giữa $\mathbf{X}_i$ và $\mathbf{C}_j$.

Bước 1: Tính $d_{ij}$ với *i* = 1 đến *N* và *j* = 1 tới *c*, với *c* là số lượng các trọng tâm cụm.

Bước 2: Cập nhật các hệ số thành viên $u_{i,j}$ sử dụng biểu thức (1).

$$u_{i,j} = \left( \left( d'_{ij} \right)^{1/(q-1)} \sum_{l=1}^{c} \left( \frac{1}{d'_{il}} \right)^{1/(q-1)} \right)^{-1} \quad (1)$$

với:

*q* là hệ số mờ hóa (fuzzifier) [6].

$u_{i,j} \in [0,1]$: độ thuộc của một điểm dữ liệu $X_i$ với trọng tâm cụm $C_j$. Khi $d_{ij} = 0, u_{i,j} = 1$.

Bước 3: Tính toán các trọng tâm cụm. Các cụm mới $SC_{p+1} = \{\mathbf{C}_j(p+1)\}$ được xác định bằng cách tính toán trọng tâm của mỗi cụm sử dụng biểu thức (2).

$$\mathbf{C}_j(p+1) = \frac{\sum_{i=1}^{N} u_{i,j}^{q} \mathbf{X}_i}{\sum_{i=1}^{N} u_{i,j}^{q}} \quad (2)$$

với *j* = 1 đến *c*.

Kiểm tra sự hội tụ: nếu $\left\| \mathbf{C}_j(p+1) - \mathbf{C}_j(p) \right\| < \varepsilon$, với *j* = 1 đến *c* thì dừng chạy, ngược lại tăng *p* lên 1 và lặp lại Bước 2 và Bước 3.

## 3. Giải pháp tăng hiệu năng của thuật toán FCM

### *3.1. Giải pháp*

Thuật toán phân cụm FCM như đã trình bày trên có thể được cải tiến để tăng hiệu năng tính toán:

Bước 2: Trên CPU, việc cập nhật hệ số thành viên được thực hiện bởi hai vòng lặp, một cho mỗi điểm dữ liệu và một cho mỗi trọng tâm cụm. Để tăng hiệu năng tính toán, rút gọn một vòng lặp trên GPU khi một vòng lặp cho *N* điểm dữ liệu được gửi tới *N* luồng xử lý song song. Đồng thời, đưa các điểm dữ liệu vào các thanh ghi trên chip (on-chip register). Điều này đảm bảo rằng hệ thống đọc các điểm dữ liệu từ bộ nhớ toàn cục chỉ một lần khi tính toán khoảng cách giữa các điểm dữ liệu và trọng tâm cụm.

Bước 3: Các hệ số thành viên $u_{i,j}^{q}$ với kích thước *N*×*c* (*N*: số lượng các điểm dữ liệu*, c:* số lượng các trọng tâm cụm*)* và các điểm dữ liệu $\mathbf{X}_i$ với kích thước *N*×*D* (*D*: số chiều của tập dữ liệu) không liên tục hợp nhất, điều này gây khó khăn để thực thi song song đầy đủ trên GPU. Vì vậy, để đặt được các truy cập liên tục hợp nhất tới bộ nhớ toàn cục. Vì vậy, các điểm dữ liệu được chuyển vị từ *N*×*D* thành *D*×*N*, và các hệ số thành viên từ *N*×*c* thành c×*N* sử dụng thư viện cuBLAS trong CUDA [7]. Tiếp đến, thuật toán rút gọn song song trên GPU [8] được áp dụng để rút gọn các hệ số thành viên và các điểm dữ liệu cho mỗi trọng tâm cụm. Khi đó, các lõi trong bộ xử lý mỗi chiều của trọng tâm cụm một cách song song hoặc xen kẽ.

Cuối cùng, việc kiểm tra sự hội tụ chiếm một phần tính toán rất nhỏ so với toàn hệ thống. Do đó, việc thực hiện bước này trên CPU hay GPU đều không ảnh hưởng quá lớn tới hiệu suất chung.

### *3.2. Thực hiện giải pháp đề xuất*

Để kiểm tra hiệu năng của giải pháp đề xuất, thuật toán FCM được cài đặt trên một PC với cạc đồ họa NVIDIA Geforce GTX 760 [9], CPU Intel ® Core i5-4690 [10].

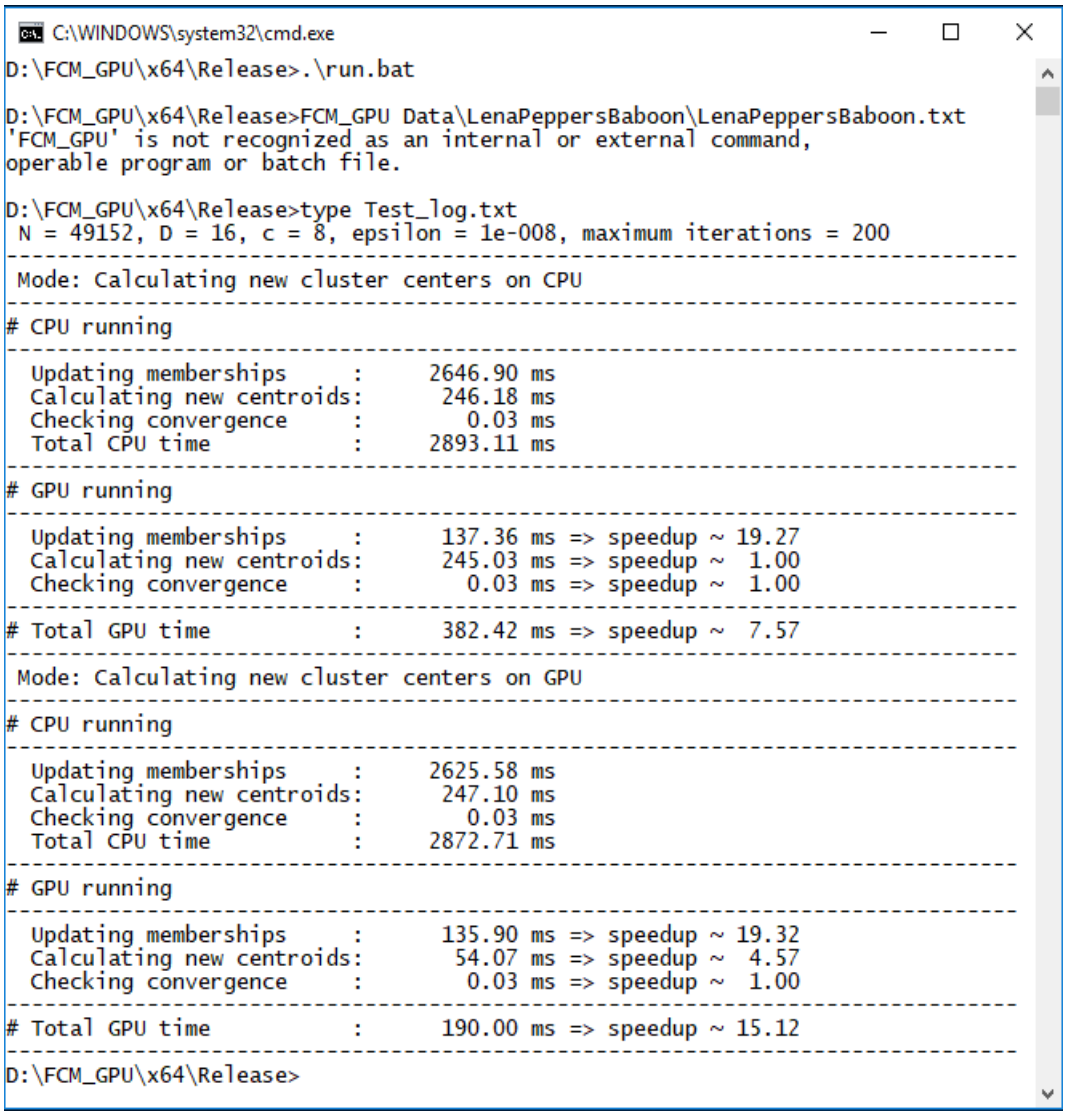
*Thử nghiệm thứ nhất*

Thử nghiệm này sử dụng bộ dữ liệu trung bình "LBP" được sinh ra từ ba ảnh thực: "Lena", "Baboon" và "Peppers". Do mỗi ảnh thực "Lena", "Baboon" hoặc "Peppers" có kích thước khá nhỏ nên để tạo thành bộ dữ liệu có kích thước trung bình, nhóm tác giả đã ghép 3 ảnh thực này thành một. Bộ dữ liệu bao gồm 49.152 điểm dữ liệu với số chiều dữ liệu $D$ = 16, các giá trị $c$ = 8, $\varepsilon$ = 1e-8, và số lần lặp tối đa 200 lần.

Bảng 1 chỉ ra bước Tính toán trọng tâm cụm mới trên GPU tăng gấp 4,57 (4,57/1,00) lần, vì vậy giải pháp đề xuất cho tốc độ tính toán nhanh hơn 2,0 lần (15,12/7,57) so với giải pháp của Shehab và các cộng sự [11] (Phiên bản 1).

***Bảng 4. Sự tăng tốc của thuật toán FCM trên GPU trên tập dữ liệu ảnh thực "LBP"***

| Thuật toán FCM | Sự tăng tốc của thuật toán FCM trên GPU | |
|---|---|---|
| | Phiên bản 1 | Phiên bản 2 |
| Cập nhật các hệ số thành viên | 19,27 | 19,32 |
| Tính toán các trọng tâm cụm mới | 1,00 | 4,57 |
| Kiểm tra sự hội tụ | 1,00 | 1,00 |
| Tăng tốc trung bình sau 200 lần lặp | 7,57 | 15,12 |



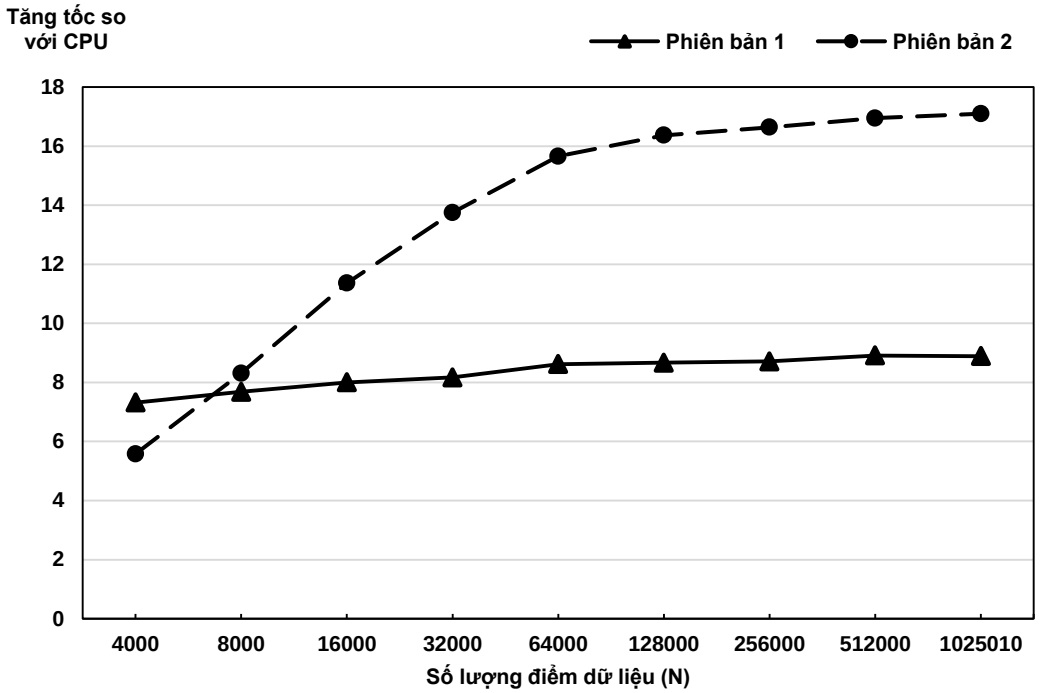
```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
D:\FCM_GPU\x64\Release>.\run.bat

D:\FCM_GPU\x64\Release>FCM_GPU Data\LenaPeppersBaboon\LenaPeppersBaboon.txt
'FCM_GPU' is not recognized as an internal or external command,
operable program or batch file.

D:\FCM_GPU\x64\Release>type Test_log.txt
 N = 49152, D = 16, c = 8, epsilon = 1e-008, maximum iterations = 200
--------------------------------------------------------------------------------
 Mode: Calculating new cluster centers on CPU
--------------------------------------------------------------------------------
# CPU running
--------------------------------------------------------------------------------
  Updating memberships     :     2646.90 ms
  Calculating new centroids:      246.18 ms
  Checking convergence     :        0.03 ms
  Total CPU time           :     2893.11 ms
--------------------------------------------------------------------------------
# GPU running
--------------------------------------------------------------------------------
  Updating memberships     :      137.36 ms => speedup ~ 19.27
  Calculating new centroids:      245.03 ms => speedup ~  1.00
  Checking convergence     :        0.03 ms => speedup ~  1.00
--------------------------------------------------------------------------------
# Total GPU time           :      382.42 ms => speedup ~  7.57
--------------------------------------------------------------------------------
 Mode: Calculating new cluster centers on GPU
--------------------------------------------------------------------------------
# CPU running
--------------------------------------------------------------------------------
  Updating memberships     :     2625.58 ms
  Calculating new centroids:      247.10 ms
  Checking convergence     :        0.03 ms
  Total CPU time           :     2872.71 ms
--------------------------------------------------------------------------------
# GPU running
--------------------------------------------------------------------------------
  Updating memberships     :      135.90 ms => speedup ~ 19.32
  Calculating new centroids:       54.07 ms => speedup ~  4.57
  Checking convergence     :        0.03 ms => speedup ~  1.00
--------------------------------------------------------------------------------
# Total GPU time           :      190.00 ms => speedup ~ 15.12
--------------------------------------------------------------------------------
D:\FCM_GPU\x64\Release>
```

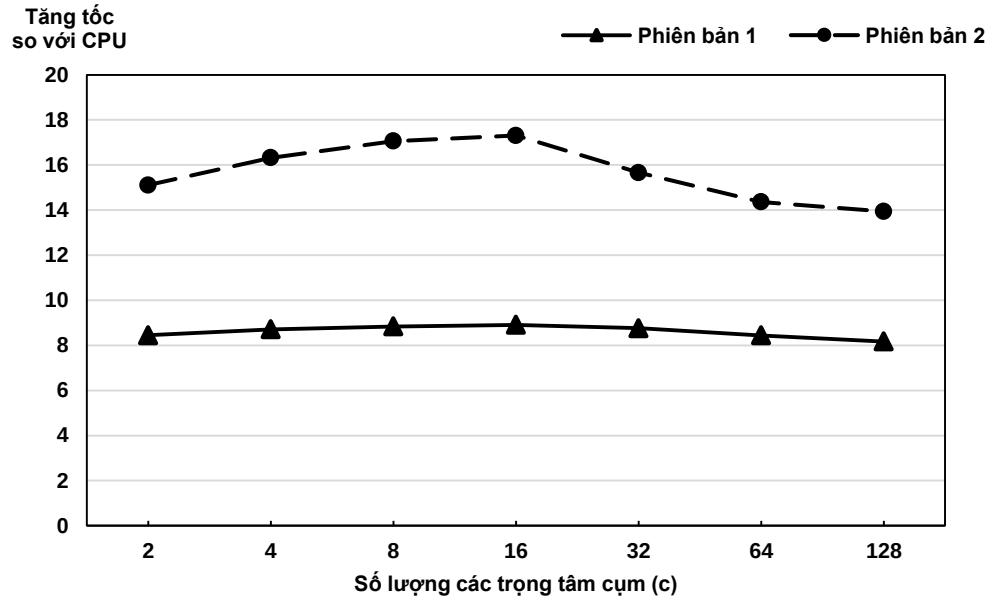
***Hình 1. Giao diện chương trình chạy thử nghiệm trên bộ dữ liệu "LPB"***

*Thử nghiệm thứ 2*




***Hình 2. Sự thay đổi hiệu năng tính toán khi số lượng điểm dữ liệu thay đổi***

Thực hiện việc kiểm tra hiệu năng của giải pháp đề xuất với số lượng các điểm dữ liệu (*N)* thay đổi trên tập dữ liệu "poker". Tập dữ liệu bao gồm 1.025.010 dòng, với *D* = 10, các giá trị *c* = 10, $\varepsilon$ = 1e-8 và số lần lặp tối đa 200 lần. Hình 2 chỉ ra giải pháp đề xuất cho tốc độ tăng khoảng gấp hai lần so với so với giải pháp của Shehab và các cộng sự. Đồng thời, có thể thấy hiệu năng giải pháp tăng đáng kể khi số lượng các dòng dữ liệu tăng.




***Hình 3. Sự thay đổi hiệu năng tính toán khi số trọng tâm cụm thay đổi***

Tương tự, khi thay đổi số lượng trọng tâm cụm (*c*), giải pháp đề xuất cho tốc độ tăng khoảng gấp hai lần so với so với giải pháp của Shehab và các cộng sự (Hình 3).

**4. Kết luận**

Trong bài báo này, tác giả đề xuất một giải pháp tăng hiệu năng tính toán của thuật toán FCM bằng việc rút gọn dữ liệu ở những bước song song không đầy đủ. Các thử nghiệm cho thấy giải pháp đề xuất có thể giảm thời gian tính toán đáng kể. Sự tăng tốc đạt được khi số lượng điểm dữ liệu lớn, số chiều dữ liệu và số trọng tâm cụm nhỏ. Các kết quả thực nghiệm chỉ ra rằng, sự tăng tốc của hệ thống khi thực hiện giải pháp đề xuất có thể nhanh hơn hai lần so với phiên bản của Shehab và các cộng sự. Các kết quả nghiên cứu này có thể được áp dụng trong việc nâng cao hiệu suất của GPU để giải quyết các bài toán dữ liệu lớn sử dụng thuật toán phân cụm mờ FCM như: phân loại tuyến tàu [12], phân tích luồng giao thông tàu [13], phân tích các tai nạn hàng hải [14],…

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**


[1] I. Berget, B. H. Mevik, and T. Næs, “New modifications and applications of fuzzy *c*-means methodology”, Computational *Statistics & Data Analysis*, vol. 52, no. 5, pp. 2403-2418, 2008.

[2] NVIDIA, “CUDA C programming guide”, *CUDA toolkit documentation*, March-2015, NVIDIA corporation.

[3] S. Theodoridis and K.Koutroumbas, “Pattern recoginition”, *Academic Press*, Fourth edition, New York, 2009.

[4] D. Liu, and F. Kubala, “Online speaker clustering”, *Proc. IEEE Conf. on Acoustic, Speech, and Signal* Processing, vol. 1, pp. 333-336, 2004.

[5] M. Eirinaki and M. Vazirgiannis, “Web mining for web personalization”, *ACM Trans. on Internet Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 1-27, February 2003.

[6] V. Schwammle and O. N. Jensen, “A simple and fast method to determine k-means cluster analysis”, Bioinformatics, Vol. 26, September-2010, pp. 2841-2848.

[7] [NVIDIA, “CUBLAS library v7.0”, *CUDA toolkit documentation*, March-2015, NVIDIA corporation.

[8] Harris M., “Optimizing parallel reduction in cuda”, *NVIDIA developer technology*, pp. 1-38, 2007.

[9] NVIDIA, “Geforce GTX 760”, *Geforce*, March-2015, NVIDIA corporation.

[10] Intel, “CPU Intel(R) Core(TM) i5-4690”, *Intel processor specifications*, Intel corporation.

[11] Mohammed A. Shehab, Mahmoud Al-Ayyoub and Yaser Jararweh, “Improving FCM and T2FCM algorithm performance using GPUs for medical images segmentation”, *2015* Sixth *International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)*, pp. 130-135, 2015.

[12] Sainan Wang, Suixiang Gao, and Wenguo Yang, “Ship route extraction and clustering analysis based on automatic identification system data”, *2017 Eighth International Conference on Intelligent Control and Information Processing (ICICIP)*, pp. 33-38, 2017.

[13] Bin Zheng, Jinbiao Chen, Shaosheng Xia, and Yongxing Jin, “Data Analysis of Vessel Traffic Flow Using Clustering Algorithms”, *2008 International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*, vol. 2, pp. 243-246, 2008.

[14] Eva Lema, George P. Vlachos, and Dimitrios Zikos, Linking causal factors and the human element in maritime accidents using K-means clustering, *International journal of risk assessment and management*, vol.19, no.3, pp. 214-227.



Ngày nhận bài: 11/01/2018
Ngày nhận bản sửa: 01/02/2018
Ngày duyệt đăng: 07/02/2018

# MỘT CÁCH TIẾP CẬN TRONG GIẢI QUYẾT BÀI TOÁN TỰ ĐỘNG HÓA SINH DỮ LIỆU KIỂM THỬ PHẦN MỀM

AN APPROACH TO AUTOMATED TEST DATA GENERATION

**PHẠM ĐỨC TOÀN[1], PHAN NGUYÊN HẢI[2], PHẠM THỊ PHƯƠNG ANH[3]**

*[1] Phòng Tổ chức - Hành chính, Trường ĐHHH Việt Nam*

*[2] Học viện Kỹ thuật Quân sự*

*[3] Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự*

***Tóm tắt***

*Bài báo nghiên cứu lĩnh vực tự động hóa quy trình phát triển phần mềm, bài toán sinh dữ liệu kiểm thử tự động, hướng giải quyết cùng các khó khăn. Đề xuất cách tiếp cận biểu diễn thuật toán dựa trên khái niệm đồ thị, ứng dụng vào giải quyết bài toán sinh dữ liệu kiểm thử tự động.*

***Từ khóa**: Tự động hóa phát triển phần mềm, sinh dữ liệu kiểm thử, biểu diễn thuật toán.*

***Abstract***

*In this paper, the automated software development issue and test data generation problem are presented with solutions and challenges. Approach to represent algorithms based on graph concepts is proposed and applied to solving the problem of automated test data generation.*

***Keywords**: Automated software development, test data generation, expressing algorithms.*

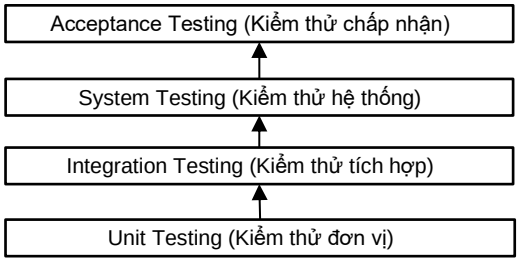
## 1. Bài toán tự động hóa phát triển phần mềm và tự động hóa kiểm thử phần mềm

Quy trình phát triển phần mềm thông thường gồm các giai đoạn: Xác định yêu cầu, thiết kế, lập trình, kiểm thử, tích hợp triển khai. Tùy thuộc vào từng dự án cụ thể mà các giai đoạn này có thể tuần tự hoặc lặp lại.

Hiện nay trong lĩnh vực tự động hóa phát triển phần mềm, các bài toán đang được quan tâm là sinh mã nguồn tự động và sinh dữ liệu kiểm thử tự động.

Với bài toán sinh mã nguồn tự động, đầu vào là bản thiết kế, đầu ra là biểu diễn của bản thiết kế bằng cú pháp của một ngôn ngữ lập trình nào đó (nói cách khác là mã nguồn).

Với bài toán sinh dữ liệu kiểm thử (test data generation), đầu vào là các bản đặc tả (yêu cầu, thiết kế), mã nguồn, đầu ra là dữ liệu đầu vào của phần mềm mà cần kiểm thử tại đó. Khi có đầu vào cần kiểm thử, thì có thể xác định đầu ra chuẩn của phần mềm tại đầu vào đó theo mô tả của phần mềm (test oracle), cặp giá trị đầu vào và đầu ra chuẩn hình thành lên một trường hợp kiểm thử (testcase) để người kiểm thử (tester) thực hiện kiểm thử. Việc kiểm thử thông thường có nhiều cấp độ, như Unit Testing để kiểm thử các đơn vị mã nguồn, Integration Testting để kiểm thử việc tích hợp các đơn vị mã nguồn, System Testing và Acceptance Testing để kiểm thử toàn bộ hệ thống phần mềm (Hình 1). Việc sinh dữ liệu tự động thường áp dụng cho mức Unit Testing và cách tiếp cận truyền thống trong bài toán sinh dữ liệu kiểm thử hiện nay là dựa vào mã nguồn (kiểm thử hộp trắng - whitebox testing). Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả tập trung vào bài toán tự động hóa sinh dữ liệu kiểm thử ở mức Unit Testing.




***Hình 1. Các mức độ kiểm thử***

Với bài toán sinh dữ liệu kiểm thử với phương pháp hộp trắng, cách thực hiện có thể gồm các bước chính như sau [1]:

- Xây dựng đồ thị chu trình từ mã nguồn (control flow graph - CFG), mỗi đỉnh của đồ thị là một dòng mã thực hiện việc tính toán hoặc xử lý điều kiện;
- Từ đồ thị xác định các đường đi từ điểm bắt đầu đến điểm kết thúc chương trình;

- Với mỗi đường đi, xác định các điều kiện đối với đầu vào để chương trình thực thi theo đường đi đó. Chọn một đại diện thỏa mãn điều kiện.

Với phương pháp này, chương trình có bao nhiêu đường thực thi thì có thể có bấy nhiêu testcase. Tuy nhiên, nếu chương trình có rẽ nhánh, vòng lặp thì số lượng đường thực thi có thể rất lớn. Trong trường hợp này, có thể chỉ cần tìm các đường cơ sở và từ các đường cơ sở đó xác định các dữ liệu kiểm thử.

Trong ba bước nêu trên, thì việc xây dựng đồ thị CFG từ mã nguồn và việc xác định các đường đi trên đồ thị là hoàn toàn có thể thực hiện tự động bằng lập chương trình. Tuy nhiên bước xác định điều kiện đối với đầu vào để chương trình thực thi theo một đường nhất định là một bài toán rất khó. Đây thực chất chính là bài toán giải quyết thỏa mãn ràng buộc (Constraint satisfaction problems - CSPs) [2, 3, 4]. Bài toán CSP được đặc trưng bởi bộ ba ($X, D, C$), với:

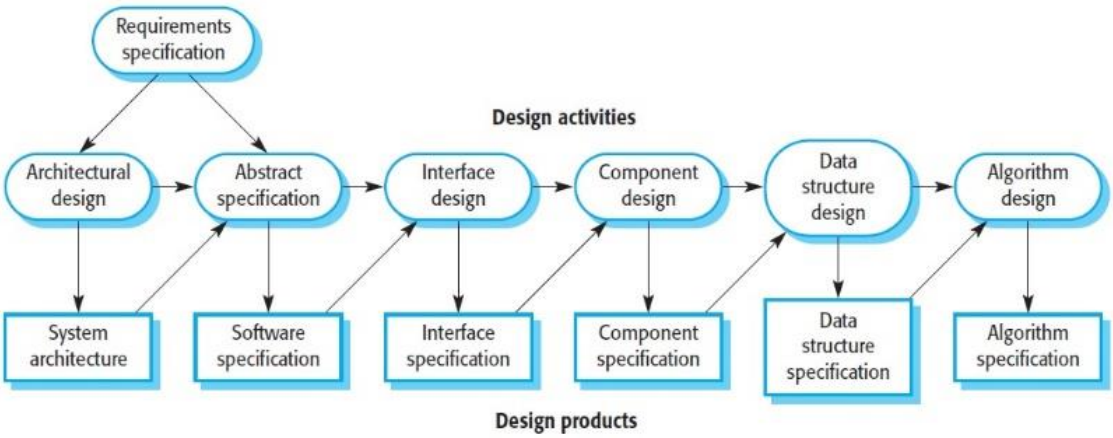
$X = \{X_1, X_2, \ldots, X_n\}$ là tập hợp các biến;

$D = \{D_1, D_2, \ldots, D_n\}$ tương ứng là các tập hợp miền giá trị của các biến $X$;

$C = \{C_1, C_2, \ldots, C_m\}$ là tập hợp các ràng buộc. $Ci$ là các hàm của $X$, thường có dạng bất phương trình.

Bài toán đòi hỏi cần tìm các giá trị của $X$ trong miền $D$ để thỏa mãn các ràng buộc $C$. Đây là bài toán thuộc lớp NP-đầy đủ (NP-complete), bài toán này không có lời giải trong trường hợp chung. Để giải quyết bài toán này phục vụ cho mục đích sinh dữ liệu kiểm thử tự động, đã có một cộng đồng nghiên cứu đông đảo với rất nhiều đề xuất tiếp cận như quay lui (backtracking), lan truyền ràng buộc (contraint propagation), tìm kiếm cục bộ (local search), giải thuật di truyền, tiến hóa [5, 6],... Tuy nhiên các đề xuất chỉ thích hợp cho một lớp bài toán nhất định, kết quả sinh dữ liệu kiểm thử phụ thuộc vào rất nhiều tham số, thời gian chạy lâu, và thường không có sự bảo đảm về mặt toán học. Nguyên nhân chung có thể kết luận là do quá ít thông tin thu được từ mã nguồn chương trình khi xây dựng đồ thị CFG cùng các ràng buộc, dẫn đến quá trình tìm kiếm lời giải cho bài toán CSP gặp khó khăn. Xuất phát từ thực tế này, trong bài báo đề xuất một cách tiếp cận cho việc sinh dữ liệu kiểm thử được dễ dàng hơn.

Để tiếp tục, trước hết chúng ta xem xét giai đoạn thiết kế phần mềm trong quy trình phát triển phần mềm. Giai đoạn thiết kế phần mềm gồm các bước được mô tả trên Hình 2 [7].




***Hình 2. Các bước của giai thoạn thiết kế phần mềm***

Trong sơ đồ trên Hình 2, hoạt động thiết kế cốt lõi chính là thiết kế thuật toán (algorithm design). Trong phương pháp thiết kế hướng cấu trúc, thiết kế thuật toán thể hiện qua việc thiết kế thuật toán cho các hàm (chức năng) cơ sở. Trong phương pháp hướng đối tượng, thiết kế thuật toán thể hiện qua thiết kế thuật toán cho các phương thức của các lớp.

Bài toán sinh mã nguồn tự động có thể quy về sinh mã nguồn tự động từ thuật toán, từ đó có thể suy ra bài toán sinh dữ liệu kiểm thử tự động cũng có thể quy về các bài toán sinh mã nguồn tự động từ thuật toán (thực chất, mã nguồn chương trình chính là việc biểu diễn thuật toán bằng cú pháp một ngôn ngữ lập trình nào đó). Vấn đề tiếp theo cần quan tâm đến, đó là xem xét việc biểu diễn thuật toán trong bản thiết kế.

**2. Vấn đề biểu diễn thuật toán**

Trong lý thuyết thuật toán, thuật toán có thể biểu diễn bằng các cách truyền thống là ngôn ngữ tự nhiên, sơ đồ khối, giả mã (pseudo code),... Với các cách biểu diễn này thì chỉ có con người

mới hiểu được thuật toán, và việc xây dựng chương trình, xác định dữ liệu kiểm thử cũng phải do con người thực hiện. Nói một cách khác là với các cách biểu diễn thuật toán truyền thống thì việc tự động sinh mã nguồn, tự động sinh dữ liệu kiểm thử bằng máy tính là không thể thực hiện được. Để tự động sinh mã nguồn, tự động sinh dữ liệu kiểm thử cần phải biểu diễn thuật toán theo các cách mới để máy tính có thể hiểu được.

Hiện nay, một trong những cách tiếp cận trong biểu diễn thiết kế là dùng ngôn ngữ XML [8]. Để có thể đưa bản thiết kế (thuật toán) vào máy tính, bản thiết kế được chuyển từ dạng biểu diễn truyền thống sang biểu diễn bằng XML, với biểu diễn XML thì có thể xây dựng được các phương pháp sinh mã nguồn và sinh dữ liệu kiểm thử tự động. Tuy nhiên, XML là ngôn ngữ quá mạnh mẽ, quá đa dạng nên việc đưa ra những bộ quy tắc chung trong việc chuyển đổi từ cách biểu diễn truyền thống sang XML cũng chưa có sự thống nhất.

Trong bài báo này, các tác giả đề xuất sử dụng khái niệm đồ thị để biểu diễn thuật toán. Việc biểu diễn thuật toán bằng đồ thị là hoàn toàn khả thi, thực chất sơ đồ khối cũng có thể coi là dạng biểu diễn trực quan của đồ thị. Ngoài ra, với đồ thị đã có rất nhiều lý thuyết đã được xây dựng về việc biểu diễn, lưu trữ và xử lý trên máy tính, nên hoàn toàn có hy vọng về khả năng trích rút các thông tin cần thiết từ thuật toán để phục vụ cho bài toán sinh tự động mã nguồn hay dữ liệu kiểm thử từ thuật toán.

Ý tưởng biểu diễn thuật toán bằng đồ thị không phải là mới. Tuy nhiên, cũng giống như XML, chuyển đổi từ biểu diễn truyền thống sang biểu diễn bằng đồ thị cũng có nhiều cách khác nhau.

## 3. Cách tiếp cận dựa trên đồ thị

Trong phạm vi bài báo, chúng ta sẽ xem xét bài toán sinh dữ liệu kiểm thử bằng biểu diễn đồ thị của thuật toán. Với lý thuyết kiểm thử cơ bản thì cũng phải cần đến biểu diễn chương trình bằng đồ thị CFG, đồ thị CFG thực chất chính là biểu diễn của thuật toán. Vì vậy, việc dùng đồ thị thuật toán để sinh dữ liệu kiểm thử là hoàn toàn khả thi, ngoài ra khi biểu diễn thuật toán bằng đồ thị trong giai đoạn thiết kế thì chúng ta sẽ nhận được nhiều thông tin hơn cho việc sinh dữ liệu kiểm thử.

Việc xây dựng đồ thị thuật toán do người thiết kế thực hiện, có thể tiến hành theo hai bước, bước một là xây dựng sơ đồ khối thuật toán, bước hai là chuyển sơ đồ khối về dạng biểu diễn đồ thị. Về cấu trúc tổng quát, thuật toán có thể biểu diễn bằng đồ thị có hướng G, mỗi đỉnh của đồ thị có thể là một phép toán hoặc một khối rẽ nhánh. Với các đỉnh phép toán, khi đi qua đỉnh này, có thể coi dữ liệu đầu vào được đưa qua một hàm biến đổi nào đó. Với các đỉnh rẽ nhánh, khi đi qua, dữ liệu đầu vào không bị biến đổi, nhưng được kiểm tra bằng một hàm mệnh đề nào đó. Tùy thuộc vào hàm mệnh đề mà có thể rẽ nhánh nọ hoặc nhánh kia. Và khi xác định thuật toán, đi kèm với mỗi đỉnh là thông tin về dữ liệu vào ra tại đỉnh đó, thông tin về phép toán, về biểu thức điều kiện tại các khối rẽ nhánh. Những thông tin này người thiết kế hoàn toàn có thể cung cấp. Một số ví dụ về các thông tin:

- Miền dữ liệu vào/ra tại các đỉnh;
- Phân loại hàm xử lý, hàm mệnh đề (liên tục, rời rạc, tuyến tính, phi tuyến, biến nào là chính, biến nào là phụ thuộc;
- Ví dụ về các giá trị thỏa mãn hàm mệnh đề tại các đỉnh;
- Khả năng tuyến tính hóa, đơn giản hóa các hàm xử lý, hàm mệnh đề, hàm ngược của các hàm xử lý,...

Những thông tin này, trong những trường hợp nào đó sẽ giúp việc giải quyết bài toán thỏa mãn ràng buộc trong sinh dữ liệu kiểm thử được dễ dàng hơn. Một cách ngắn gọn, cách tiếp cận dựa trên đồ thị thuật toán này khác với cách tiếp cận truyền thống như sau:

- Cách truyền thống: Thiết kế (thuật toán) → Mã nguồn → Đồ thị → Sinh dữ liệu kiểm thử
- Cách đề xuất: Thiết kế (thuật toán) → Đồ thị + Thông tin → Sinh dữ liệu kiểm thử hoặc sinh mã nguồn.

## 4. Sinh dữ liệu kiểm thử tự động với biểu diễn dạng đồ thị của thuật toán

Chúng ta vận dụng ý tưởng của phương pháp hộp trắng để xác định các dữ liệu kiểm thử. Khi thuật toán được biểu diễn bằng đồ thị thì việc tự động xác định các đường đi từ điểm bắt đầu đến điểm kết thúc là bài toán kinh điển trong lý thuyết đồ thị và đã được giải quyết trọn vẹn ngay cả trong trường hợp đồ thị có chu trình (vòng lặp). Nghĩa là việc tìm đường đi bằng chương trình máy tính là hoàn toàn khả thi.

Tiếp theo với mỗi đường đi tìm được, cần tự động tìm dữ liệu đầu vào của thuật toán để thuật toán thực thi theo con đường đó. Ở đây, chúng ta chỉ xem xét ví dụ một trường hợp, giả sử thông

tin đi kèm tại các đỉnh đồ thị cho biết các hàm xử lý, hàm mệnh đề là các hàm tuyến tính và dữ liệu đầu vào của chương trình có dạng số. Ký hiệu:

Các giá trị đầu vào của chương trình là $X = \{X1, X_2, ..., X_n\} \in R^n$;

Đường đi tìm được trên đồ thị gồm các hàm xử lý $X = F_i(X)$ và các hàm mệnh đề $G_j(X)>0$.

Khi đó việc tìm điều kiện của đầu vào X để chương trình đi theo đường đi này trở thành việc giải hệ bất phương trình tuyến tính:

$$\begin{cases} \dots\dots\dots\dots \\ \boldsymbol{X = Fi(X)} \\ \dots\dots\dots\dots \\ \boldsymbol{Gj(X) > 0} \\ \dots\dots\dots\dots \end{cases} \quad (1)$$

Ở đây thứ tự các hàm xử lý, hàm mệnh đề trong hệ bất phương trình trùng với thứ tự của các đỉnh tương ứng trên đường đi của đồ thị.

Hệ bất phương trình có thể giải tự động được, thuật toán giải gồm các bước chính như sau:

Bước 1. Chuyển hệ về dạng hệ phương trình (2):

$$\begin{cases} \dots\dots\dots\dots \\ \boldsymbol{X = Fi(X)} \\ \dots\dots\dots\dots \\ \boldsymbol{Gj(X) = a_j} \\ \dots\dots\dots\dots \end{cases}, \quad (2)$$

ở đây $a_j$ là những số nào đó lớn hơn 0.

Bước 2. Tìm hạng *r* của ma trận biểu diễn hệ phương trình (2).

Bước 3. Cố định *n-r* biến (cho các giá trị cụ thể), giải hệ *r* phương trình để tìm *r* biến còn lại.

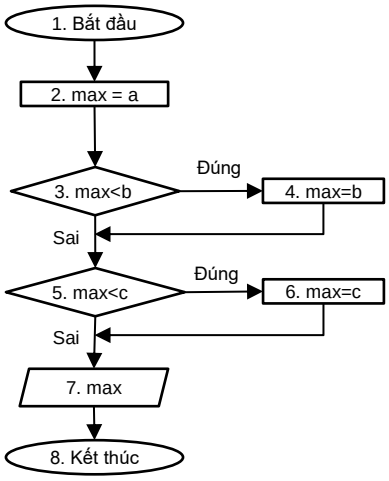
Nghĩa là, trong trường hợp này chúng ta hoàn toàn có thể tự động xác định được dữ liệu đầu vào để chương trình thực thi theo con đường nào đó.

Xét ví dụ sinh dữ liệu kiểm thử từ một thuật toán đơn giản, thuật toán tìm giá trị lớn nhất trong 3 số thực *a, b, c*. Thuật toán có thể như sau:

Bước 1. Đặt *max = a*;

Bước 2. So sánh *max < b*. Nếu đúng, gán *max = b*.

Bước 3. So sánh *max < c*. Nếu đúng, gán *max = c*. Đưa ra *max*. Kết thúc.




***Hình 3. Đồ thị thuật toán***

Đồ thị biểu diễn thuật toán có dạng như trên Hình 3. Với đồ thị như trên Hình 3, có thể có các đường thực thi từ đỉnh bắt đầu (*1. Bắt đầu*) đến đỉnh kết thúc (*8. Kết thúc*) như sau:

Đường 1: 1 → 2 → 3 → 5 → 7 → 8

Đường 2: 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 7 → 8

Đường 3: 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7 → 8

Đường 4: 1 → 2 → 3 → 5 → 6 → 7 → 8

Chúng ta xem xét việc xác định đầu vào để chương trình thực thi theo đường 3. Với các đường khác việc xác định là tương tự.

Thông tin trên đồ thị cho thấy các hàm xử lý và hàm mệnh đề tại các đỉnh là hàm tuyến tính, hệ bất phương trình đối với đường 3 như sau:

$$max = a;\ max - b < 0;\ max = b;\ max - c < 0;\ max = c \quad (3)$$

Hệ này có thể chuyển thành hệ (4), bằng cách tính biến *max* lần lượt theo các biến đầu vào và thay các bất phương trình thành phương trình:

$$a - b = -1;\ b - c = -2 \quad (4)$$

Hạng của ma trận hệ (4) bằng 2, ta có thể cố định *a = 2*, suy ra *b = 3, c = 5* và nhận được một dữ liệu đầu vào để kiểm thử là (2,3,5), với đầu vào này thì đầu ra chuẩn là 5, nghĩa là nhận được testcase ((2,3,5),5). Tương tự đối với những đường thực thi khác. Nghĩa là chúng ta đã xác định được dữ liệu kiểm thử một cách tự động hoàn toàn theo tiêu chí bao phủ tất cả các đường thực thi.

**5. Kết luận**

Với cách biểu diễn thuật toán bằng đồ thị ngay trong giai đoạn thiết kế, chúng ta có thể thu được nhiều thông tin hơn về đồ thị nhận được, từ đó có thể giải quyết bài toán sinh dữ liệu kiểm thử tự động một cách dễ dàng hơn. Hướng phát triển tiếp theo là xem xét việc giải quyết bài toán sinh dữ liệu kiểm thử trong các trường hợp phức tạp và xem xét việc sinh mã nguồn tự động dựa trên đồ thị biểu diễn thuật toán.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Arthur H. Watson and Thomas J. McCabe. "Structured Testing: A Testing Methodology Using the Cyclomatic Complexity Metric". NIST Special Publication 500-235, 1996.

[2] Dechter, Rina. Constraint processing. Morgan Kaufmann, 2003.

[3] Apt, Krzysztof. Principles of constraint programming. Cambridge University Press, 2003.

[4] Lecoutre, Christophe. Constraint Networks: Techniques and Algorithms. ISTE/Wiley, 2009.

[5] Phil McMinn. Search-based Software Test Data Generation: A Survey. Software Testing Verification and Reliability, Wiley. 2004.

[6] Chayanika Sharma, Sangeeta Sabharwal, Ritu Sibal. A Survey on Software Testing Techniques using Genetic Algorithm. IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 10, Issue 1, No 1, January 2013.

[7] Ian Sommerville. Software Engineering (9th Edition). Pearson Education, Addison-Wesley, 2010.

[8] Anshul, Sompal, Vikas Sheoran. Automatic Code Generation Using Uml To Xml Schema Transformation. International Journal of Advancement in Engineering Technology, Management and Applied Science, Volume 1, Issue 2, 2014.

Ngày nhận bài: 19/03/2018
Ngày nhận bản sửa: 05/04/2018
Ngày duyệt đăng: 09/04/2018

# ỨNG DỤNG HIỆN NAY CỦA XÚC TÁC QUANG HÓA TRÊN CƠ SỞ GRAPHENE TRONG QUÁ TRÌNH GIẢM THIỂU KHÍ $NO_X$

CURRENT GRAPHENE-BASED PHOTOCATALYSTS FOR $NO_x$ REMOVAL

**NGUYỄN XUÂN SANG**

*Viện Môi trường, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Sự phát thải từ đốt nhiên liệu hóa thạch và khí thải động cơ đã và đang làm $NO_x$ trong khí quyển tăng nhanh và ảnh hưởng nghiêm trọng đến các vấn đề môi trường không khí và sức khỏe con người. Sự tăng cao nồng độ $NO_x$ trong khí quyển có thể gây mưa axit, phá hủy tầng ozon, gây hiệu ứng nhà kính và tạo khó mù quang hóa. Đồng thời nó cũng gây ra những vấn đề về sức khỏe như: Ung thư phổi, ảnh hưởng đến hệ hô hấp,… Tìm kiếm giải pháp rẻ tiền, hiệu quả và bền vững để giảm thiểu $NO_x$ đang là vấn đề thách thức của các nhà khoa học. Bài báo này trình bày các thành tựu nghiên cứu về sự tổng hợp và tính chất của vật liệu quang xúc tác trên cơ sở graphene ứng dụng trong quá trình giảm thiểu khí $NO_x$. Từ đó đưa ra triển vọng cũng như thách thức cần nghiên cứu trong lĩnh vực này.*

***Từ khóa**: Graphene, xúc tác quang trên cơ sở graphene, giảm thiểu $NO_x$, cơ chế phản ứng quang xúc tác $NO_x$.*

***Asbtract***

*$NO_x$ emission from automobile exhausts and fossil fuelcombustion has caused the air pollutant and human health. An increasing of $NO_x$ in atmosphere can make many serious problems as acid rain, ozone accumulation, haze andphotochemical smog. It is also a reasons for human health such as: decrease of the lung function and respiratory problems. Researching low-cost, efficient, susbtainable approach for $NO_x$ removal still is challenges to scientists. This paper review synthesis and properties of graphene-based photocatlystic for $NO_x$ degradation. Beside, prospects and challanges in this field also are proposed.*

***Keywords**: Graphene, Graphene based-photocatalyst, $NO_x$ removal, mechanism of reaction $NO_x$ removal.*

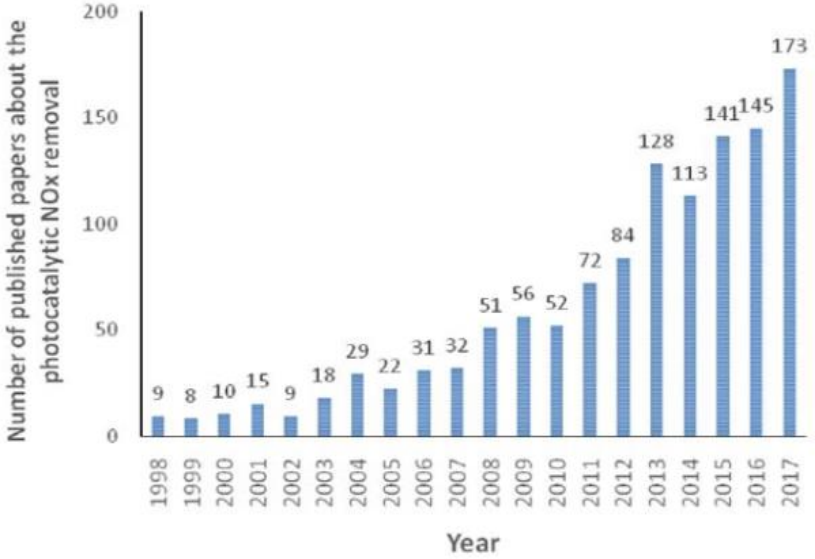
## 1. Giới thiệu

Những năm gần đây, sự phát thải $NO_x$ ra ngoài khí quyển đã trở thành một vấn đề lớn của ô nhiễm môi trường không khí, biến đổi khí hậu toàn cầu. Sự phát thải $NO_x$ chủ yếu dưới dạng NO (90%) và một phần ở dạng $NO_2$ (10%). NO mặc dù không độc hại bằng $NO_2$, tuy nhiên nó là dạng tiền đề và có thể chuyển hóa thành $NO_2$ khi tác dụng với $O_2$. Sự phát thải $NO_x$ có thể diễn ra trong tự nhiên như hoạt động của núi lửa và sự phân hủy của các hợp chất hữu cơ. Tuy nhiên phần lớn $NO_x$ phát thải hiện nay là do hoạt động của con người như khí thải động cơ (chiếm 53%), sản xuất hóa học và đốt các nhiên liệu hóa thạch (chiếm 45%) [1]. Các số liệu từ nhiều nghiên cứu gần đây đã cho thấy rằng sự phát thải từ động cơ trên đường chiếm 1/5 sự phát thải $NO_x$ vào khí quyển [2]. Những nghiên cứu gần đây tại Đan Mạch năm 2008 đã chỉ ra tổng lượng phát thải $NO_x$ tại đường cao tốc là 890.000 tấn với nồng độ đo được ở đường và tại trạm thu phí lần lượt là 142µg.m$^{-3}$ và 136µg.m$^{-3}$. Sự phát thải $NO_x$ này đã nằm ở ngưỡng cho phép phát thải đối với $NO_x$ qui định trong tiêu chuẩn thải EU. Năm 2013, tại đường phố London (Nước Anh) nồng độ cao nhất của NO khoảng 600 - 700 ppbV vượt xa rất nhiều lần so với yêu cầu của nồng độ tới hạn theo chỉ dẫn EU đối với bảo vệ sức khỏe của con người (105ppbV) [3].

Sự phát thải NOx là một trong nguyên nhân gây ra các hiện tượng ô nhiễm môi trường nghiêm trọng như: mưa axit phá hủy tầng ozon, tạo mù quang hóa,… Bên cạnh đó $NO_x$ được xem như là một trong các tác nhân gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe con người như gây các bệnh về đường hô hấp, gây viêm phổi, ung thư phổi. Chính vì vậy, tìm kiếm các giải pháp quản lý và công nghệ nhằm làm giảm thiểu sự phát thải nồng độ $NO_x$ trong khí quyển là nhiệm vụ cấp bách trong quá trình bảo vệ môi trường và sức khỏe con người.

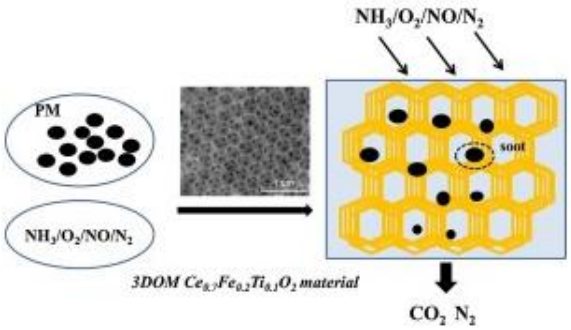
Với các đặc tính nguy hại đến sức khỏe và môi trường, hiện nay, các nghiên cứu giảm thiểu sự phát thải $NO_x$ ngày càng tăng. Có rất nhiều phương pháp công nghệ để giảm thiểu sự phát thải $NO_x$. Thông thường, các phương pháp này được phân loại thành kỹ thuật tiền đốt cháy, đốt cháy và sau đốt cháy. Tiền đốt cháy là quá trình lựa chọn các loại chất đốt với sự giảm thiểu hàm lượng Nito hoặc thay thế không khí trong buồng đốt bằng oxi. Tuy nhiên quá trình tiền đốt cháy là quá trình công nghệ tốn kém. Kỹ thuật đốt cháy có thể kể đến như LEA (Low Excess Air), BOOS (Burners Out

of Service), OFA (Over Fire Air), LNB (Low $NO_x$ Burner) được thực hiện thông qua sự thay thế các điều kiện khai thác để giảm sự tạo thành $NO_x$ bằng cách tạo sự thiếu oxi và nhiệt độ lửa đốt cháy thấp. Phương pháp sau đốt cháy rất thích hợp dể giảm thiểu $NO_x$ của khí thải và phân hủy $NO_x$ bao gồm các quá trình hóa học (lựa chọn các xúc tác giảm thiểu), oxi hóa quang hóa và các quá trình vật lý (hấp phụ với các vật liệu rắn hoặc hấp thụ trong dung dịch kiềm). Đặc biệt rất nhiều vật liệu rắn hấp phụ $NO_x$ hiệu quả với cấu trúc ưu việt và diện tích bề mặt lớn vừa được tổng hợp, như là tấm nano oxide kim loại chuyển tiếp dạng bông hoa [1], hoặc xúc tác Sr-Ti chứa Cu với mao mạch lớn, có khả năng hấp phụ và giảm thiểu $NO_x$ cao với hiệu quả tới 1,500Mmol NOx/g xúc tác [2]. Trong những kết quả nghiên cứu mới nhất của N. Lê Phúc và đồng nghiệp [3] cho thấy $NH_3$ có tốc độ khử $NO_x$ rất nhanh. Và trong quá trình hoạt động, việc tạo $NH_3$ in-situ (tạo ra trong quá trình phản ứng) và $NH_3$ được tạo ra ngay trên bề mặt xúc tác sẽ cho chúng ta một hiệu suất chuyển hóa $NO_x$ rất cao và gần như sản phẩm khử chỉ là $N_2$. Tuy nhiên, việc sử dụng trực tiếp $NH_3$ làm tác nhân khử $NO_x$ trong điều kiện thực tế gần như là không thể do việc lưu trữ $NH_3$ là rất khó khăn.




*(Nguồn: Báo cáo Sciendirect đến 6.2017)*

***Hình 1. Số lượng các nghiên cứu quang xúc tác giảm thiểu $NO_x$ theo các năm***

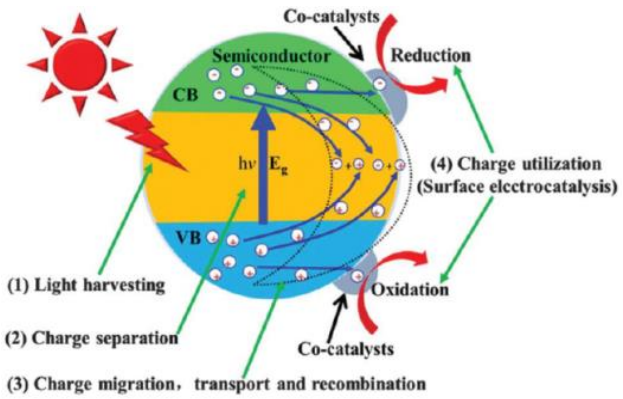



***Hình 2. Vật liệu 3DOM Ce-Fe-Ti hấp phụ giảm thiểu đồng thời PM và Nox***

Ying Cheng và các cộng sự vừa chế tạo thành công dạng vật liệu mới 3DOM Ce-Fe-Ti có khả năng hấp phụ đồng thời và chuyển đổi 100% NO từ động cơ diesel ở nhiệt độ 281 - 425$^oC$ [4]. Tuy nhiên các phương pháp này có một vài nhược điểm như chỉ hiệu quả đối với NO nồng độ cao, nhiệt độ phản ứng cao, mặt khác bề mặt của vật liệu thường xuyên phải được tái tạo. Trong khi đó sử dụng phương pháp hấp thụ với dung dịch kiềm, quá trình xảy ra rất chậm ở nồng độ NO 10 ppm. N. Todorova và các cộng sự vừa chế tạo thành công composite $TiO_2$/clays và ứng dụng trong giảm thiểu $NO_x$ [5]. Tuy nhiên, hệ quang xúc tác này chỉ thích hợp với ánh sáng UV mà không đạt hiệu quả cao với ánh sáng trong vùng nhìn thấy. Vì vậy các phương pháp này thông thường được sử dụng kết hợp với nhau để nâng cao hiệu quả sử dụng.

Gần đây, sử dụng quá trình oxi hóa quang xúc tác $NO_x$ để thay thế các phương pháp xử lý cũ đang thu hút sự quan tâm rất lớn của các nhà khoa học bởi vì phương pháp này sử dụng nguồn năng lượng rẻ, sẵn có trong tự nhiên và thân thiện với môi trường. Bên cạnh đó, một số vật liệu quang xúc tác mới có hoạt tính rất cao, bền vững và thân thiện với môi trường vừa được báo cáo đảm bảo khả năng áp dụng rộng lớn của các hệ quang xúc tác. Các nghiên cứu về quang xúc tác giảm thiểu $NO_x$ trên thế giới ngày càng được chú ý và số lượng tăng rõ rệt như được chỉ trong Hình 1. Tuy nhiên, ở Việt Nam cho đến nay chưa có nhiều công trình nghiên cứu về vấn đề này. Vì vậy, tổng hợp các thành tựu nghiên cứu và xu hướng phát triển của lĩnh vực này trong những năm trở lại đây là điều cần thiết. Qua đó, sẽ cung cấp và làm rộng thêm hiểu biết của chúng ta về lĩnh vực này.

**2. Quá trình oxi hóa xúc tác quang dị thể giảm thiểu NOx**




***Hình 3. Các quá trình xảy ra trong phản ứng oxi hóa xúc tác quang dị thể***

Quá trình oxi hóa quang xúc tác dị thể có thể bao gồm các quá trình cơ bản như sau: (1) hấp phụ ánh sáng, (2) phân chia điện tích, (3) chuyển dịch và sự tái kết hợp điện tích, (4) sử dụng điện tích bởi các phản ứng oxi hóa và các phản ứng khử như được chỉ trong Hình 3. Theo đó, dưới tác dụng của ánh sáng, electron được sản sinh và chuyển từ vùng hóa trị (Valance Band) lên vùng dẫn (Conduction Band) và để lại các lỗ trống tại vùng hóa trị. Các cặp electron/holes sẽ dịch chuyển từ bên trong ra bề mặt của xúc tác để thực hiện các phản ứng oxi hóa khử thích hợp. Electron tại vùng dẫn sẽ là các tác nhân khử mạnh trong khi đó các lỗ trống tại vùng hóa trị sẽ có tính oxi hóa mạnh [6]. Vì $O_2$ là khí sẵn có trong tự nhiên (chiếm 21% khí quyển), phản ứng khử $O_2$ bị hấp phụ trên bề mặt của xúc tác để tạo thành các gốc, phần tử oxi hóa mạnh $^{\bullet}O^{-}_2$ và tạo thành gốc $^{\bullet}OH$ từ phản ứng oxi hóa $H_2O$ đóng một vai trò rất quan trọng trong cơ chế xúc tác quang hóa. Cơ chế quá trình giảm thiểu $NO_x$ dưới tác dụng của xúc tác quang khá phức tạp còn nhiều vấn đề chưa rõ ràng, tuy nhiên cơ chế chính, chủ yếu của các quá trình có thể được viết như các phương trình dưới đây và có thể áp dụng đối với hầu hết các xúc tác quang. Cơ chế phản ứng này được sử dụng trong rất nhiều các công trình đã được báo cáo [6, 7]:

$$\text{Xúc tác + ánh sáng} \rightarrow e^{-}\,(CB) + h^{+}(VB) \quad (1)$$

$$O_2 + e^{-} \rightarrow {}^{\bullet}O^{-}_2 \quad (2)$$

$$h^{+} + H_2O \rightarrow {}^{\bullet}OH + H^{+} \quad (3)$$

$$O_2 + H^{+} + e^{-} \rightarrow H_2O_2 \quad (4)$$

$$H_2O_2 + e^{-} \rightarrow {}^{\bullet}OH + OH^{-} \quad (5)$$

$$H_2O_2 + {}^{\bullet}OH \rightarrow {}^{\bullet}OOH + H_2O \quad (6)$$

$${}^{\bullet}OOH + OH^{-} \rightarrow H_2O + {}^{\bullet}O^{-}_2 \quad (7)$$

Sau đó NO có thể bị oxi hóa bởi superoxide $^{\bullet}O^{-}_2$ hay gốc $OH^{\bullet}$ để tạo thành ion $NO_3^{-}$, $HNO_3$ hay sản phẩm trung gian $HNO_2$ như sau:

$$NO + {}^{\bullet}OH \rightarrow HNO_2 \quad (8)$$

$$NO_2 + {}^{\bullet}OH \rightarrow NO_3^{-} + H^{+} \quad (9)$$

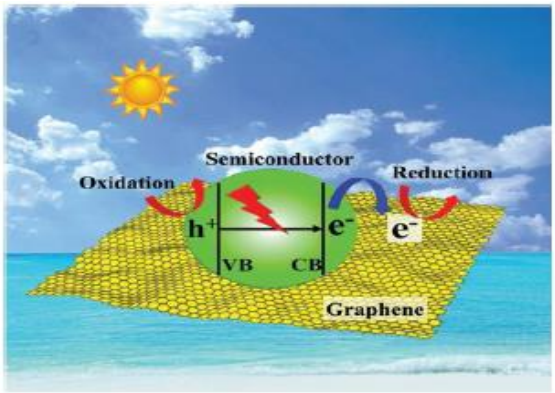
$$NO + {}^{\bullet}O^{-}_2 \rightarrow NO_3^{-} \quad (10)$$

$$NO + NO_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_2 \quad (11)$$

Tất cả các phản ứng oxi hóa khử của quá trình quang xúc tác giảm thiểu $NO_x$ được thực hiện trên bề mặt của xúc tác. Để phản ứng xảy ra, các gốc oxi hóa phải được tạo thành. Các gốc •OH sẽ không được tạo thành khi thế năng lượng vùng hóa trị (VB) của của vật liệu quang xúc tác ở mức kém dương hơn thế oxi hóa khử của $•OH/OH^-$. Chính vì vậy, hình thái bề mặt, diện tích bề mặt, tính bền và khả năng hấp phụ ánh sáng cũng như sự dịch chuyển nhanh chóng của các điện tích ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả của xúc tác quang.

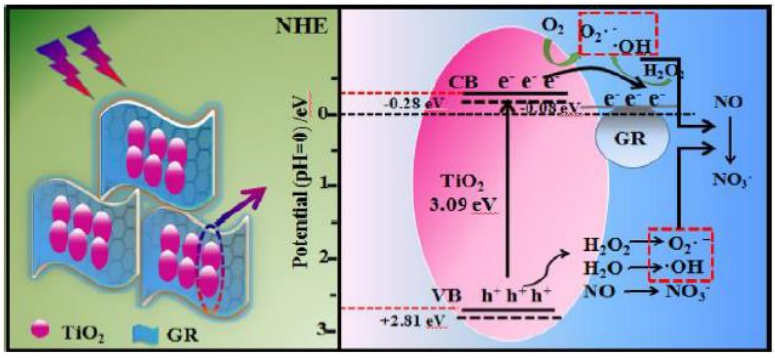
**3. Quang xúc tác giảm thiểu NOx với xúc tác quang cơ sở Graphene**

Năm 2004 với việc tách thành công những tấm graphene đầu tiên từ bột graphite, đến năm 2010 giải thưởng Nobel về vật lý đã được trao cho hai nhà khoa học Konstantin S. Novoselov và Andre K. Geim thuộc trường đại học Manchester nước Anh đã tách được những đơn lớp graphene đầu tiên và mô tả đặc trưng của chúng [8]. Sự kiện này đánh dấu mộc mốc quan trọng trong sự phát triển của khoa học về vật liệu. Đây là một vật liệu mới, có những tính chất cơ học và vật lý đặc biệt như tính dẫn điện khoảng $10^{-6}\Omega$ cm (với điện trở suất nhỏ hơn của Cu đến 35%), dẫn nhiệt = $5.300Wm^{-1}K^{-1}$ (gấp 10 lần Cu), độ bền cao = $42N/m^2$ (gấp 100 lần thép), mềm dẻo, tỉ trọng nhẹ = $0,77mg/m^2$, gần như trong suốt (hấp thụ chỉ 2,3% ánh sáng truyền qua), diện tích bề mặt lý thuyết đạt tới $2.600m^2/g$. Với tính chất ưu việt như vậy, dạng vật liệu này đang nhận được sự quan tâm rất lớn của các nhà khoa học, đặc biệt có thể là chất mang cho các hệ quang xúc tác để tăng cường sự chuyển dịch và phân chia điện tích sinh ra trong quá trình quang xúc tác. Thông thường có bốn phương pháp để tạo thành graphene/vật liệu quang xúc tác bao gồm phương pháp nhiệt phân dung môi, phương pháp phát triển in-situ, phương pháp sol-gel và phương pháp dung dịch hỗn hợp. Vật liệu quang xúc tác trên cơ sở graphene có hoạt tính quang xúc tác rất hiệu quả bởi vì graphene đóng vai trò như một chất mang để tăng cường khả năng hấp phụ chất phản ứng trên bề mặt xúc tác dẫn đến tăng cường khả năng dịch chuyển và phân chia điện tích và vì vậy tăng cường và kích thích các miền phản ứng trên bề mặt xúc tác. Hơn nữa sự hiện diện của graphene trong hệ xúc tác góp phần tăng cường sự sử dụng năng lượng ánh sáng tăng cường hiệu quả lượng tử và giảm sự ăn mòn quang hóa (Hình 4). Bên cạnh đó, tính chất điện của graphene có thể điều khiển thông qua sự biến đổi của trạng thái liên kết C, hoặc bằng trạng thái liên kết orbital với các phân tử khác.



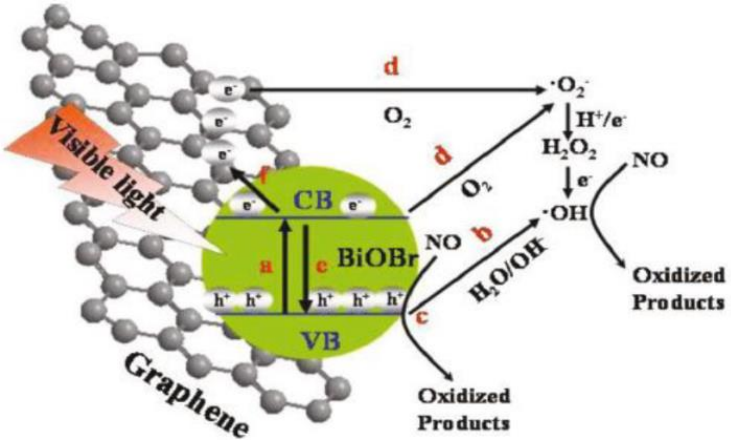

***Hình 4. Sơ đồ mô tả vai trò của Graphene hoạt động như trung tâm hút electron trong hệ xúc tác Graphene/vật liệu quang***

Rất nhiều nghiên cứu gần đây (Bảng 1) đã chứng miinh rằng sự kết hợp của graphene với các vật liệu quang hóa có khả năng tăng cường hiệu quả phản ứng giảm thiểu $NO_x$ bởi vì: nó là một vật liệu trên cơ sở arbon, rẻ tiền, bền vững và được tổng hợp dễ dàng; nó làm tăng diện tích bề mặt làm thúc đẩy sự chuyển dịch các phần tử phản ứng trên đó; liên kết 2D-2D giữa graphene với các phần tử thành phần khác của hệ sẽ làm tăng chuyển dịch điện tích, tăng vòng đời của cặp electron/hole từ đó tăng hiệu quả xúc tác; sự hấp phụ NOx trên bề mặt làm tăng nồng độ của NOx phản ứng và vì vậy nâng cao hiệu quả phản ứng. W. Yang và các cộng sự vừa nghiên cứu tổng hợp hệ xúc tác quang $TiO_2$/graphene bằng phương pháp in-situ của anatase $TiO_2$ trên nền graphene trong điều kiện thủy phân (hydrothermal). Hoạt tính của $TiO_2$/RGO (8%) dưới ánh sáng nhìn thấy để giảm thiểu $NO_x$ cũng được nghiên cứu một cách chi tiết [9]. Kết quả chỉ ra rằng RGO đóng một vai trò quan trọng trong việc tăng cường hiệu quả xúc tác dưới điều kiện (70°C, 5% $O_2$ and 5% độ ẩm tương đối), hiệu xuất giảm thiểu $NO_x$ tăng gấp 3 lần so với $TiO_2$, tăng 6 lần so với graphene. Cơ chế phản ứng được mô tả ở Hình 5, trong cơ chế này, sự sản sinh các gốc hoạt tính như •OH, $•O^-_2$ là các tác nhân chính oxi hóa trực tiếp NO thành $NO^-_3$.




***Hình 5. Sơ đồ cơ chế phản ứng quang xúc tác giảm thiểu NOx với hệ xúc tác TiO2/Graphene***

Gần đây, hợp chất bismuth (Bi) vừa được sử dụng để kết hợp với graphene để tổng hợp các hệ xúc tác quang hóa hiệu quả. Z. Ai và các cộng sự vừa báo cáo tổng hợp thành công hệ xúc tác BiOBr/Graphene (BGCs) với các tỉ lệ khác nhau bằng phương pháp nhiệt phân trong khi sử dụng các chất ban đầu bismuth nitrite, cetyltrimethyl ammonium bromide (CTAB), và graphene oxit. Kết quả nghiên cứu cho thấy, BGCs với tỉ lệ (1:1) thể hiện hoạt tính xúc tác cao nhất lớn hơn gấp 2 lần so với BiOBr và 8 lần so với graphene. Hơn nữa, nghiên cứu cũng cho thấy hỗn hợp trộn thông thường của BiOBr và graphene thể hiện hoạt tính xúc tác quang thấp hơn so với BiOBr. Kết quả cũng chỉ ra rằng sự kết hợp của graphene trong quá trình điều chế xúc tác BiOBr/Graphene không chỉ làm tăng diện tích bề mặt mà còn làm tăng khả năng hấp phụ của hệ xúc tác trong miền ánh sáng nhìn thấy (bước sóng 550 - 880nm) so với BiOBr [10]. Đây cũng là đặc tính cần thiết của vật liệu xúc tác quang nhằm sử dụng hiệu quả năng lượng mặt trời với miền ánh sáng nhìn thấy, đảm bảo khắc phục được nhược điểm của xúc tác $TiO_2$ (chỉ làm việc tốt với ánh sáng UV). Đồng thời tỉ lệ BiOBr và graphene trong hệ xúc tác ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả xúc tác quang giảm thiểu NOx. Kết quả cũng chỉ ra rằng sự kéo dài thời gian chiếu sáng sẽ làm suy giảm hiệu quả xúc tác quang hóa vì sự có mặt của các hợp chất trung gian tạo thành trên bề mặt của vật liệu (ví dụ $HNO_2$). Cơ chế của hệ xúc tác phản ứng giảm thiểu NOx dưới hệ xúc tác quang BiOBr/Graphene được mô tả như Hình 6. Trong cơ chế này, sự sản sinh ra các gốc hoạt tính như $^{\bullet}OH$, $^{\bullet}O^{-}_{2}$ đóng một vai trò rất quan trọng, vì các gốc hoạt tính này sẽ phản ứng trực tiếp với NO. Hơn nữa với sự tương tác của graphene với BiOBr, chuyển dịch các electron được tăng cường kết quả là sự tạo thành các gốc hoạt tính sẽ tăng mạnh.




***Hình 6. Cơ chế phản ứng quang xúc tác giảm thiểu NOx với hệ xúc tác BiOBr/Graphene***

Như vậy, có thể nói rằng sự kết hợp của xúc tác quang trên nền graphene đã tạo ra hiệu quả rất tốt đối với quá trình giảm thiểu $NO_x$, đặc biệt là hệ xúc tác này có thể phản ứng hiệu quả trong điều kiện chiếu ánh sáng nhìn thấy. Điều này có thể giải thích là khả năng hấp thụ ánh sáng tốt và sự phân tán linh hoạt chất phản ứng trên bề mặt của hệ xúc tác. Ngoài ra, sự tương tác của graphene với xúc tác quang dẫn tới sự chuyển dịch các điện tích làm giảm sự tái kết hợp (recombination) của các cặp điện tích (electron/holes) kéo dài thời gian tồn tại của chúng. Sự tạo thành các gốc hoạt hóa trong như $^{\bullet}OH$, $^{\bullet}O^{-}_{2}$ trong quá trình chiếu sáng là các nhân tố chính oxi hóa trực tiếp NO tạo thành $NO^{-}_{3}$.

**Bảng 1. Một số hệ quang xúc tác trên nền graphene ứng dụng giảm thiểu $NO_x$**

| Hệ xúc tác GR-graphene GRO-graphene oxit | Hiệu quả xử lý NO | Điều kiện chiếu sáng | Phương pháp điều chế | Cơ chế phản ứng /sản phẩm tạo thành | Tài liệu tham khảo/năm |
|---|---|---|---|---|---|
| **BiOBr/GR** | 87% | Ánh sáng nhìn thấy | Thủy phân dung môi | $^{\bullet}OH$; $^{\bullet}O^{-}_{2}$ , $h^{+}$ là gốc hoạt hóa chính/sản phẩm chính tạo thành $HNO_2$, $NO^{-}_{3}$ | [10] 2011 |
| **$BiO)_2CO_3$/GR, $(BiO)_2CO_3$/GO** | 61,6% | Ánh sáng mặt trời | Phương pháp thu $CO_2$ trong khí quyển | $^{\bullet}OH$; $^{\bullet}O^{-}_{2}$ , $h^{+}$ là gốc hoạt hóa chính /sản phẩm tạo thành $HNO_3$ | [11] 2015 |
| **N/$(BiO)_2CO_3$/GO** | 62% | Ánh sáng nhìn thấy | Thủy phân đơn giản | $^{\bullet}OH$; $^{\bullet}O^{-}_{2}$ là gốc hoạt hóa chính/sản phẩm tạo thành $HNO_3$ | [12] 2017 |
| **$BiVO_4$/RGO** | 80% | Ánh sáng nhìn thấy | Thủy phân dung môi | $^{\bullet}OH$; $^{\bullet}O^{-}_{2}$ là gốc hoạt hóa chính, graphene như trung tâm thu electron/sản phẩm tạo thành $HNO_3$ | [13] 2016 |
| **$TiO_2$/ZnO/$Bi2O_3$/GR** | 89,9% | Ánh sáng nhìn thấy | Phương pháp sol-gel | $^{\bullet}OH$; $^{\bullet}O^{-}_{2}$ là gốc hoạt hóa chính/sản phẩm tạo thành $HNO_3$ | [14] 2017 |
| **Bi/GO** | 80,2% | Ánh sáng nhìn thấy | Thủy phân dung môi | $^{\bullet}OH$; $^{\bullet}O^{-}_{2}$, $h^{+}$ là gốc hoạt hóa chính/sản phẩm chính tạo thành $HNO_2$, $NO^{-}_{3}$ | [15] 2017 |

## 4. Kết luận

Như đã được thảo luận ở trên, để hệ quang xúc tác giảm thiểu $NO_x$ hiệu quả, chất xúc tác quang phải có khả năng hấp phụ tốt với ánh sáng và tạo thành một số lượng lớn các phần tử điện tích. Các phần tử điện tích này phải có tốc độ tái kết hợp nhỏ để dịch chuyển đến các trung tâm phản ứng trên bề mặt xúc tác nơi mà phản ứng quang xúc tác diễn ra. Kết quả nghiên cứu và thảo luận cũng chỉ ra rằng sự sử dụng graphene như chất mang của các xúc tác quang hóa khác để giảm thiểu $NO_x$ là sự lựa chọn triển vọng, có khả năng áp dụng rộng rãi trong công nghiệp cũng như xử lý môi trường. Đó là do graphene sở hữu một số đặc tính hóa lý ưu việt, dễ chế tạo và sử dụng những nguyên liệu sẵn có trong tự nhiên. Graphene đóng vai trò như trung tâm thu hút electron. Sự tương tác của graphene với vật liệu xúc tác quang sẽ làm tăng diện tích bề mặt và tăng khả năng hấp thụ ánh sáng đồng thời tăng cường sự phân tán linh hoạt của chất phản ứng trên bề mặt của hệ xúc tác. Ngoài ra, sự tương tác của graphene với xúc tác quang dẫn tới sự chuyển dịch các điện tích làm giảm sự tái kết hợp (recombination) củacác cặp điện tích (electron/holes) kéo dài thời gian tồn tại của chúng. Trong hầu hết các trường hợp, cơ chế của phản ứng dựa trên sự tạo thành các phần tử oxi hóa mạnh như superroxide $^{\bullet}O^{-}_{2}$ và gốc $^{\bullet}OH$ từ sự khử $O_2$ và oxi hóa $H_2O$ hấp phụ trên bề mặt của xúc tác. Tuy nhiên tìm kiếm các giải pháp để ứng dụng rộng rãi xúc tác quang trên nền graphene cũng là một thách thức không nhỏ. Đồng thời hiểu biết cơ chế để tổng hợp điều khiển các xúc tác dạng này cũng là một vấn đề cần nghiên cứu sâu hơn nữa.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] L. Pan, X. Zhou, H. Zhao, G. Wan, Q.Li, N. Wang, W. Huang, H. Chen, Nanoflower-like Mg-doped $MnO_x$ for facile removal of low-concentration NOx at room temperature, Catal. Commun. 97, pp.70-73, 2017.

[2] VirginiaAlcalde-Santiago, Arantxa Davó-Quiñonero, Ion Such-Basáñez, Dolores Lozano Castelló, Agustín Bueno-López, Macroporous carrier-free Sr-Ti catalyst for NOx storage and reduction, Applied Catalysis B: Environmental, 220, pp.524-532, 2018.

[3] N. Le Phuc, X. Courtois, F. Can, S. Royer, P. Marecot, D. Duprez, "NOx removal efficiency and ammonia selectivity during the NOx storage-reduction process over Pt/BaO (Fe, Mn, Ce)/$Al_2O_3$ model catalysts. Part II: Influence of Ce and Mn-Ce addition", Applied Catalysis B: Environmental, Volume 102, Issues 3-4, pp 362-371, 2011.

[4] Ying Cheng, Jian Liu, Zhen Zhao, a new 3DOM Ce-Fe-Ti material for simultaneously catalytic removal of PM and NOx from diesel engines, Journal of Hazardous Materials, 342, pp.317-325, 2018.

[5] N.Todorova,T.Giannakopoulou, S. Karapati, D. Petridis, T. Vaimakis, C.Trapalis, Composite $TiO_2$/clays materials for photocatalytic NOx oxidation, AppliedSurface and Science 319, pp.113-120, 2014.

[6] Xiang,Q. J.; Yu, J.G.;Jaroniec, M.Graphene-BasedSemiconductorPhotocatalysts. Chemistry Sociate Review, 41, pp.82-796, 2012.

[7] V. Binas, D. Venieri, D. Kotzias, G. Kiriakidis, Modified $TiO_2$ based photocatalysts for improved air and health quality, Journal of Materiomics, doi: 10.1016/j.jmat.11.002, 2016.

[8] Kosynkin, D. V., Higginbotham, A. L., Sinitskii, A., Lomeda, J. R., Dimiev, A., Price, B. K., and Tour, J. M., 2009, Longitudinal unzipping of carbon nanotubes to from graphene nano-ribbons, Nature, 458(7240), pp.872-876.

[10] Z. Ai, W. Ho, S. Lee, Efficient Visible Light Photocatalytic Removal of NO with BiOBr-Graphene Nanocomposites, J. Phys. Chem. C 115, pp.25330-25337, 2011.

[11] W. Zhang, F. Dong, W. Zhang, Capture of atmospheric $CO_2$ into $(BiO)_2CO_3$/graphene or graphene oxide nanocomposites with enhanced photocatalytic performance, Appl. Surf. Sci. 358, pp.75-83, 2015

[12] M. Chen, Y. Huang, J. Yao, J. Cao, Y. Liu, Visible-light-driven $N(BiO)_2CO_3$/Graphene oxide composites with improved photocatalytic activity and selectivity for NOx removal, Appl. Surf. Sci. In press (doi:10.1016/j.apsusc.2017.06.056).

[13] M. Ou, Q. Zhong, Y. Zhao, Y. Xue, F. Song, Graphene-decorated 3D $BiVO_4$. photocatalysts with controlled size and shape for efficient visible-light-induced photocatalytic performance, Mater. Lett. 184, pp.227-231, 2016.

[14] C. C. Pei, K. K. S. Lo, W. W-F Leung, Titanium-Zinc-Bismuth OxideGraphene Composite Nanofibers as High-Performance Photocatalyst for Gas Purification, Sep. Purif. Technol. 184, 205-212, 2017.

[15] Z. Wang, S. Yan, Y. Sun, T. Xiong, F. Dong, W. Zhang, Bi metasphere/graphene oxide nanohybrids with enhanced direct plasmonic photocatalysis Appl. Catal., B 214, pp.148-157, 2017.

Ngày nhận bài: 16/10/2017
Ngày nhận bản sửa: 13/11/2017
Ngày duyệt đăng: 12/12/2017

# HOÀN NGUYÊN MAGIE KIM LOẠI TỪ QUẶNG DOLOMIT THANH HÓA BẰNG QUY TRÌNH PIDGEON

MAGNESIUM REDUCTION FROM THANH HOA DOLOMITE ORE BY PIDGEON PROCESS

**LÊ THỊ CHIỀU[1], TRẦN ĐỨC HUY[2], NGÔ XUÂN HÙNG[3]**
**VŨ VĂN KHÁNH[4], NGUYỄN DƯƠNG NAM[5]**

*[1] Viện Nghiên cứu phát triển và Ứng dụng công nghệ mới; [2] Đại học Bách Khoa Hà Nội*
*[3] Viện Công nghệ Xạ hiếm; [4] Đại học SPKT Nam Định*
*[5] Viện Cơ khí, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Magie là một kim loại nhẹ, ngày càng được ứng dụng nhiều trong công nghiệp và đời sống. Quặng dolomit là nguồn để chế tạo magie, có sản lượng rất dồi dào ở nước ta, tuy nhiên cho đến nay chưa có một nghiên cứu nào về việc chế tạo magie từ quặng dolomit. Bài báo này trình bày quá trình nghiên cứu hoàn nguyên quặng dolomit Thanh Hóa bằng phương pháp Pidgeon, sử dụng chất hoàn nguyên là ferosilic. Quặng dolomit Thanh Hóa có thành phần chính là (Ca,Mg)$CO_3$, hàm lượng MgO là 23,12%; CaO là 34,04%, sau khi được nung ở 1000$^o$C trong 5 giờ để khử $CO_2$ và hơi nước, hàm lượng lượng tăng lên: MgO là 37,28%; CaO là 54,80%, dolomit được nghiền trộn cùng với ferosilic và đóng bánh. Quá trình hoàn nguyên được thực hiện ở nhiệt độ từ 1000-1300$^o$C trong điều kiện chân không trong 4 giờ. Hiệu suất hoàn nguyên cao nhất là 84% khi tỷ lệ ferosilic là 30% so với dolomit. Sản phẩm Mg kim loại sau hoàn nguyên có độ sạch là 94,30%, sau khử tạp chất bằng $MgCl_2$ hàm lượng Mg là 98,80%.*

***Từ khóa**: Magie, dolomit, Pidegon, hoàn nguyên, hiệu suất hoàn nguyên.*

***Abstract***

*Magnesium is a light metal that is used in chemical and metallurgical industries. Dolomite, which is abundant in Vietnam, is the source for magnesum production. However, there is no research on the production of magnesium from the dolomite source in Vietnam so far. This paper studies the production process of Magnesium from the dolomite source in Thanh Hoa, Vietnam using the Pidgeon method with ferrosilicon as the reducing agent. The major composition of Thanh Hoa dolomite is $CaCO_3$ (Ca, Mg) $CO_3$. The content of MgO in dolomite is 23,12%; CaO is 34,04%. Afer being calcined at 1000$^o$C for 5 hours to reduce $CO_2$ and water vapor, the contents of MgO and CaO increased which were 37,28% and 54,80%, respectively. Dolomite was then milled, along withferrosilicon, thoroughly mixed, and briquetted. The briquettes were heated at 1000-1300$^o$C in a tube retort under vacuum for 4 hours to reduce MgO. The Magnesium extraction varied with ferrosilicon addition.The highest reduction efficiency was 84% when the ferrosilicon to dolomite ratio was 30%. The purities of magnesium after reduction was 94,30%, and after refining with $MgCl_2$ magnesium purities reached 98,80%.*

***Keywords**: Magnesium, dolomite, Pidegon, reduction, reduction effciency.*

## 1. Mở đầu

Magie (magie Mg) là loại kim loại màu trắng bạc tương tự như nhôm, có cấu trúc tinh thể lục giác xếp chặt. Với trọng lượng riêng là 1,738g/cm$^3$, bằng một phần ba so với nhôm, magie được biết đến như là kim loại có trọng lượng riêng nhỏ nhất. hcp), Các hợp kim magie đặc biệt quan trọng khi chế tạo các chi tiết yêu cầu độ bền cao đi kèm với trọng lượng nhỏ trong công nghệ ô tô, công nghệ máy tính, điện thoại và nhất là công nghệ hàng không, vũ trụ. Magie còn được sử dụng để chế tạo pháo hoa, làm chất biến tính cho gang cầu, khử lưu huỳnh cho thép, là nguyên tố dùng để hoàn nguyên Titan,... Đặc biệt Magie được sử dụng để chế tạo các hợp kim siêu dẻo và các hợp kim chống ăn mòn. Mức độ sử dụng Mg trên thế giới ngày càng tăng một cách đáng kể.

Thị trường magie tăng đều đặn do tính hấp dẫn của nó về khả năng giảm trọng lượng vật liệu dẫn đến giảm mức tiêu hao nhiên liệu và giảm phát khí thải nhà kính.

Ở nước ta trong những năm gần đây cùng với sự phát triển mạnh của các ngành công nghiệp phụ trợ, hợp kim magie được dùng nhiều để chế tạo vỏ điện thoại, máy tính, chế tạo pháo hoa. Số lượng các cơ sở sản xuất gang thép ngày một tăng kéo theo lượng tăng về magie làm chất biến tính và chất khử lưu huỳnh. Ngoài ra với diện tích bờ biển và đại dương rộng lớn, nhu cầu về hợp kim

magie chống ăn mòn cũng rất lớn. Nhìn chung lại, nhu cầu sử dụng magie trong nước là rất lớn nhưng toàn bộ magie đều phải nhập ngoại.

Trên thế giới nguồn quặng quan trọng nhất để chế tạo Mg là quặng dolomit. Dolomit là ở nước ta rất dồi dào, chất lượng tốt, giao thông thuận tiện, thành phần quặng rất phù hợp để chế tạo magie. Thanh hóa là một vùng giàu nguyên vật liệu như vậy. Quặng dolomit Thanh Hóa chứa chứa 18-22% MgO, rất phù hợp để hoàn nguyên magie.

Cho đến nay ở nước ta chưa có một nghiên cứu nào về chế tạo magie kim loại từ dolomit. Rõ ràng rằng việc nghiên cứu, xây dựng quy trình chế tạo magie kim loại từ tài nguyên trong nước không những chỉ đáp ứng nhu cầu về nguồn cung magie cho nước nhà mà còn là phương pháp sử dụng, chế biến tài nguyên nước nhà một cách hợp lý, có lợi. Công trình này nghiên cứu hoàn nguyên magie từ quặng dolomit Thanh hóa bằng phương pháp Pidgeon.

## 2. Phương pháp Pidgeon

Có nhiều phương pháp chế tạo magie, tuy nhiên trong 20 năm gần đây quy trình phổ biến nhất là *quy* trình Pidgeon [1]. Quy trình này được nhà khoa học người Canada Dr L M Pidgeon phát minh vào khoảng đầu những năm 40 của thế kỷ trước và được ứng dụng lần đâu vào năm 1944. Trong quy trình này nguyên liệu chính để tạo nên magie kim loại là oxyt magie chứa trong các loại quặng như dolomoit, magnesit.

Dolomit là một cacbonat kép $(Ca,Mg)CO_3$ có dạng mạng tinh thể hình tứ diện trong đó các ion canxi và magie sắp xếp xen kẽ. Các tinh thể dolomit có thể có màu trắng, xám hoặc hồng tùy theo tạp chất.

Nguyên lý sản xuất magie bằng quy trình Pidgeon là quá trình nhiệt kim (nhiệt silic-Silicothemic) [2], nghĩa là dùng silic để hoàn nguyên MgO, giải phóng magie kim loại. Silic được đánh giá là nguyên tố thực hiện phản ứng hoàn nguyên magie phổ biến nhất và rẻ nhất, thường được sử dụng dưới dạng hợp kim ferosilic chứa từ 72 - 75% Si, phần còn lại là sắt. Quá trình hoàn nguyên xảy ra theo phản ứng sau đây:

$$2(CaO.MgO) + (x\ Fe)Si \longrightarrow 2Mg + 2\ CaO.SiO_2 + Fe \qquad [1]$$

Thực ra phản ứng trên là phản ứng thuận nghịch giữa các pha rắn, nghĩa là có thể xảy theo chiều từ trái trái sang phải, cũng có thể xảy ra theo chiều từ phải sang và quá trình giải phóng Mg kim loại có thể không xảy ra hoặc xảy ra ở mức độ rất thấp. Để đảm bảo quá trình hoàn nguyên có hiệu quả thì sản phẩm magie kim loại phải ở trạng thái khí và phải được vận chuyển đi, khôing có khả năng tham gia phản ứng ngược chiều, vì vậy quy trình Pidgeon được thực hiện ở khoảng nhiệt độ trên nhiệt độ bay hơi của Mg (trong khoảng từ 1100 - 1300$^o$C) và dùng môi trường chân không để hút magie thành phẩm ra khỏi vùng phản ứng và được kết tụ tại một vùng khác.

Trong quá trình hoàn nguyên sắt trong hợp chất ferrosilic chỉ là “khán giả“. không tham gia phản ứng.

Trước khi thực hiện hoàn nguyên dolomit được nung để khử đồng thời cacbondioxyt và nước. Sau khi nung thành phần chính của quặng là MgO và CaO. Dolomit qua nung được nghiền trộn với ferrosilic, bổ sung một lượng nhỏ chất xúc tác. Hỗn hợp được ép thành viên để tăng diện tích tiếp xúc giữa các chất tham gia phản ứng. Các viên hỗn hợp được đặt vào nồi lò. Nồi lò được hút chân không liên tục trong suốt chu kỳ hoàn nguyên. Có thể sử dụng lò đốt khí, than hoặc lò điện,...

Sản phẩm của quy trình hoàn nguyên là Mg dạng khí và bã ($2CaO.SiO_2$ + Fe). Magie dạng khí được kết tụ ở vùng làm mát của nồi thép. Quy trình Pidgeon thực hiện theo mẻ. Theo quy trình này, magie được kết tụ từ pha khí nên độ sạch khá cao.

Sau hoàn nguyên sản phẩm được nấu chảy và khử tạp chất để nâng cao độ tinh khiết.

Phản ứng hoàn nguyên nhiệt kim tỏa nhiệt rất lớn. (~ $\Delta H$ khoảng 209kJ mol Mg), vì vậy, việc cung cấp nhiệt, tiếp tục cho đến khi đạt được sản phẩm thực chất là đã được thực hiên trong chế độ tự duy trì, không cần cấp thêm nhiệt [3]. Nhờ thế khi áp dụng cho các lò công nghiệp việc cấp nhiệt có thể được hạn chế.

Theo các nhà nghiên cứu Canada [4], phương pháp Pidgeon không tiết kiệm năng lượng hơn so với phương pháp điện phân nhưng vốn đầu tư cho một tấn Mg thấp hơn nhiều và magie thu được có độ sạch cao hơn.

## 3. Thực nghiệm

### *3.1. Nguyên vật liệu*

Dolomit được có nguồn gốc từ Thanh hóa, thành phần chính là $(Ca,Mg)CO_3$. Bằng kết quả phân tích thành phần hóa học hàm lượng MgO và CaO trước khi nung được thể hiện ở trong Bảng 1.

***Bảng 1. Thành phần dolomit trước khi nung***

| Thành phần | MgO | CaO |
|---|---|---|
| | 23,12 | 33,04 |

***Bảng 2. Thành phần dolomit sau khi nung***

| Thành phần | MgO | CaO |
|---|---|---|
| | 37,28 | 54,80 |

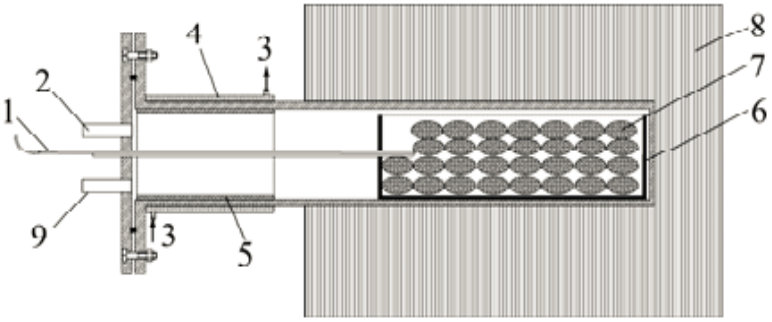
Fero silic có thành phần 72% Si do Công ty Mạnh Hùng cung cấp, được nghiền với kích thước 150μm. Chất xúc tác $CaF_2$.

Trước khi tiến hành hoàn nguyên, dolomit được nung trong 05h ở 1000$^o$C. Sau khi nung dolomit có thành phần như trong bảng 02. Dolomit sau nung được phối liệu với ferosilic và chất xúc tác theo thành phần định trước cho các mẻ nung: Mẻ 1: 20% fero silic; Mẻ 2: 30% fero silic; Mẻ 3: 40% fero silic; Mẻ 4: 50% fero silic so với dolomit. Các mẻ đều có thành phần chất xúc tác là 3%.

Hỗn hợp được nghiền trộn và ép thành viên. Kích thước viên là: ϕ12, h10, lực ép là 30KN.

### *3.2. Thiết bị hoàn nguyên*

Lò điện trở có bộ phận khống chế nhiệt tự động, (các phần tử nung là dây molipden). Nồi lò là ống thép không gỉ 316 (65mm ID và dài 480mm) (còn gọi là ống hoàn nguyên) được đặt bên trong lò. Ống hoàn nguyên có cửa thoát khí được kết nối với hệ thống chân không và khí trơ. Hệ thống chân không bao gồm một máy bơm chân không, đầu dò áp suất, ngoài ra còn đồng hồ đo nhiệt độ. Việc đo áp suất và nhiệt độ được ghi lại trong suốt quy trình hoàn nguyên. Vùng gần cửa ra của nồi lò được làm mát để Mg có thể kết tụ tại đó. Ở vùng làm mát, nước được đưa vào và dẫn ra liên tục để nhiệt độ đạt được khi đo ở phía ngoài nằm trong khoảng 300 - 400$^o$C (Hình 1) .




1: Cặp nhiệt;
2: Ống chân không;
3: Ống nước vào, ra;
4: Áo nước làm mát;
5: Vùng được làm mát;
6: Nồi lò;
7: Viên hỗn hợp hoàn nguyên;
8: Vỏ lò;
9: Đầu khí ra.

***Hình 1. Sơ đồ thiết bị hoàn nguyên*** *[5]*

### *3.3. Quy trình hoàn nguyên*

Để xác định ảnh hưởng của thành phần đến hiệu suất hoàn nguyên, các mẻ có thành phần định trước khác nhau được hoàn nguyên tại cùng một nhiệt độ: 1200$^o$C.

Để xác định ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất hoàn nguyên, từng mẻ được nung hoàn nguyên tại các nhiệt độ khác nhau: 1000; 1100; 1200 và 1300$^o$C.

Các viên hỗn hợp được xếp vào lò, đóng lò, đặt chân không 500 - 700Pa, theo dõi các thông số đo áp suất. Sau khi kiểm tra mức độ rò rỉ, lò được nung nóng tới 300$^o$C, giữ ở nhiệt độ này trong 20 phút để khử hơi nước. Nung tiếp đến 700°C, giữ ở 700°C trong vòng 2 giờ để tiếp tục đuổi độ ẩm dư và hoặc carbon dioxit có thể còn trong các chất tham gia phản ứng và để đồng đều nhiệt độ. Sau đó tăng tới nhiệt độ hoàn nguyên, giữ ở nhiệt độ đó liên tục trong 2 giờ. Khi quá trình kết thúc, tắt lò, thổi khí Ar cho đến khi lò nguội.

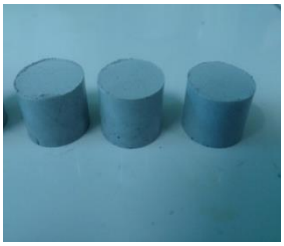
## 4. Kết quả

Thành phần các mẫu đầu vào và kết quả được phân tích tại trung tâm phân tích VILAS143, viện Khoa học và Công nghệ Mỏ và Luyện kim.

### *4.1. Thành phần quặng dolomit sau nung*

Kết quả phân tích quặng dolomit Thanh hóa sau sau khi nung ở 1000$^o$C, trong 5 giờ.

Sau khi nung ở 1000$^o$C trong 5 giờ, do khí $CO_2$ bị đuổi ra khỏi hỗn hợp. Sau khi nung, hàm lượng các oxyt magie MgO và oxyt canxi CaO tăng lên rõ rệt (Bảng 2). Dolomit qua nung được nghiền trộn cùng với frosilic, chất xúc tác theo tỷ lệ và ép thành viên như Hình 2.



*Hình 2. Viên hỗn hợp trước khi hoàn nguyên*

*Hình 3. Viên hỗn hợp sau khi hoàn nguyên (bã)*

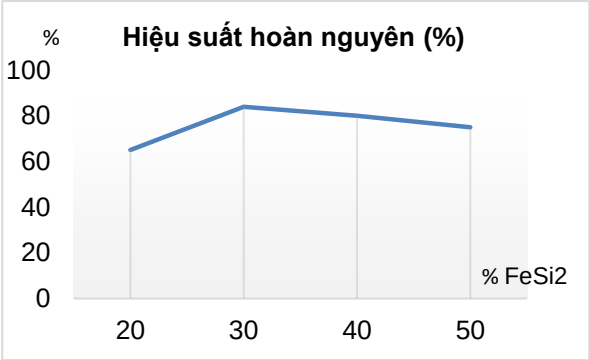
### *4.2. Kết quả hoàn nguyên*

Sau khi hoàn nguyên, khí kim loại Mg bay hơi (tạo nên các lỗ rỗ trên các viên bã (Hình 3), Mg kim loại kết tụ tại 3 vùng: Ở phần làm mát của nồi hoàn nguyên, một phần dính vào tường lò, một phần đọng lại giữa các bánh. Mg tinh khiết được lấy ra ở dạng cục (phần dính vào tường lò khi lấy ra dễ bốc cháy), được lấy mẫu phân tích, phần còn lại được bảo quản trong dầu.

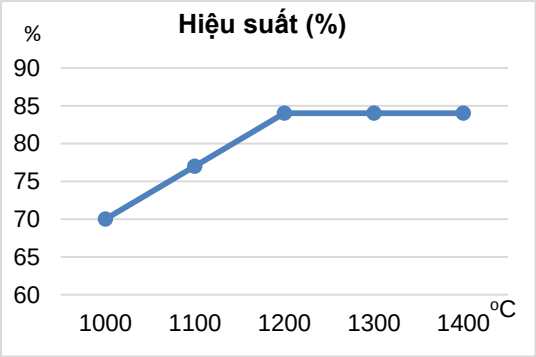
Hiệu suất của quá trình hoàn nguyên được tính theo công thức: $\frac{\alpha-\beta}{\alpha}$. Trong đó:

α là lượng MgO trong viên nguyên liệu bằng tích của %MgO trong viên hỗn hợp (Hình 1) nhân với khối lượng viên nguyên liệu. Còn β là lượng MgO trong viên bã (Hình 3) là tích của %MgO trong viên bã nhân với khối lượng viên bã.

Hình 4 miêu tả ảnh hưởng của tỷ lệ ferosilic đến hiệu suất hoàn nguyên khi hoàn nguyên ở nhiệt dộ 1200$^o$C. Qua đồ thị cho thấy hiệu suất hoàn nguyên đạt tốt nhất là 84% tương ứng với thành ferosilic là 30%. Kết quả phân tích hàm lượng Mg trong sản phẩm ứng với mẻ có tỷ lệ ferosic nói trên là 94,3%. Nếu căn cứ vào phương trình phản ứng thì khi cân bằng 2 phân tử oxyt phức (CaO.MgO) phản ứng hết với một nguyên tử Si. Tính số liệu theo bảng tuần hoàn thì 188g oxyt kép 28gSi (38g ferosilic), nghĩa là lượng ferosilici cân bằng là khoảng 20%. Khi tăng lượng ferosilic, hiệu suất phản ứng tăng lên. Tuy nhiên nếu lượng Si quá dư thừa, có khả năng tạo nên $MgSiO_3$ làm lượng giảm lượng Mg thu hồi, tạo khó khăn trong việc di chuyển sản phẩm và tốc độ phản ứng giảm, hiệu suất thu hồi giảm. Nếu lượng Si dư thừa thì chủ yếu nằm lại trong bã.




*Hình 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ ferosilic đến hiệu suất hoàn nguyên*




*Hình 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất hoàn nguyên*

Hình 5 là biểu đồ mô tả ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất hoàn nguyên cho mẻ hoàn nguyên 30% ferosilic. Có thể thấy rằng khi tăng nhiệt độ hoàn nguyên hiệu suất hoàn nguyên tăng lên. Nếu như ở nhiệt độ 1000$^o$C hiệu suất hoàn nguyên chỉ đạt khoảng 70% thì khi hoàn nguyên ở 1200$^o$C hiệu suất đạt được là 84% và ổn định khi tiếp tục tăng nhiệt độ. Như đã phân tích ở phần mở đầu, phản ứng hoàn nguyên có thể xảy ra ở nhiệt độ thấp hơn nhưng quá trình hoàn nguyên chỉ xảy ra có hiệu quả khi nhiệt độ lớn hơn nhiệt độ bay hơi của Mg (1080$^o$C). Nhiệt độ càng tăng thì tốc độ di chuyển của Mg càng tăng nên phản ứng xảy ra càng thuận lợi cho đến khi phản ứng ổn định

Sau khi hoàn nguyên, magie được nấu lại, khử tạp chất để nâng cao độ tinh khiết bằng $MgCl_2$. Mẫu sau khi tinh luyện có hàm lượng 98,80% Mg.

**5. Kết luận**

Sử dụng phương pháp Pidgeon với chất hoàn nguyên là ferosilic 72% là phù hợp để sản xuất Magie từ quặng Dolomit Thanh Hóa. Chế độ nung quặng trước khi hoàn nguyên là 1000$^o$C trong 5 giờ. Chế độ hoàn nguyên là 1200$^o$C trong 4 giờ trong chân không.

Kết quả hoàn nguyên đạt tốt nhất hiệu suất hoàn nguyên là 84%, lượng Mg 94,30% ứng với lượng ferosilic so với dolomit là 30%. Độ sạch của magie sau hoàn nguyên là 94,30%, sau khi tinh luyện với $MgCl_2$ là 98,80%.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Winny Wulandari, Geoffrey A. Brooks, Muhammad A. Rhamdhani, Brian J. Monaghan, *Magnesium: Current and alternative production routes, 2013.*

[2] Mehmet Buğdaycı, Ahmet Turan, Murat Alkan, Onuralp Yüce, *Production of Magnesium Metal From Calcined DolomiteVia Pidgeon ProcessFerrosilicon magnesium production,* UCTEA Chamber of Metallurgical & Materials Engineers, pp.601-604, 2003.

[3] Hoda El-Faramawy, Mamdouh Eissa, Taha Mattar, Ayman Fathy and Saeed Ghali, *Ferrosilicon magnesium production,* Scandinavian Journal of Metallurgy Vol 32 pp 37-46, 2003.

[4] Behzad Mehrabi, Masud Abdellatif, and Fariborz Masoudi, *Evaluation of Zefreeh dolomite (Central Iran) for production ò magnesium via Pidgeon process,* Mineral Processing & Extractive Metall. Rev., 33: 316-326, 2012.

[5] Da-xue FU, Nai-xiang FENG, Yao-wu WANG, Jian-ping PENG, Yue-zhong DI, *Kinectics of extracting magnesium from mixture of calcined magnesite and calcined dolomite by vacuum aluminotheric reduction,* Transactions of Nonferrous Metals Society of China pp839-847, 2013.

Ngày nhận bài: 12/12/2017
Ngày nhận bản sửa: 06/02/2018
Ngày duyệt đăng: 09/02/2018

# VỀ MỘT LỚP CÁC DÃY SỐ NGUYÊN BỊ CHẶN
ON A CLASS OF BOUNDED INTEGER SEQUENCES

**HOÀNG VĂN HÙNG**
*Khoa Cơ sở Cơ bản, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Tác giả chứng minh tính bị chặn của một lớp các dãy số nguyên và đưa ra các áp dụng trong lý thuyết dãy số, phương trình sai phân.*

***Từ khóa**: Dãy số nguyên, tính bị chặn, sự hội tụ, phương trình sai phân.*

***Abstract***

*The author proved the boundedness of some integer sequences and showed several applications in theory of number sequences, difference equation theory.*

***Keywords**: Integer sequence, boundedness, convergence, difference equation.*

## 1. Đặt vấn đề

Một dãy số nguyên là một dãy số mà tất cả các phần tử của nó đều là các số nguyên. Nhiều dãy số nguyên quan trọng là nghiệm của các phương trình sai phân (ví dụ: dãy Fibonacci, dãy Lucas, xem [2], [3]). Vì vậy, một dấu hiệu bị chặn hoặc hội tụ đối với các dãy số nguyên có thể ứng dụng để giải một số bài toán trong lý thuyết các dãy số, nghiên cứu nghiệm nguyên của các phương trình sai phân.

## 2. Kết quả chính

Dưới đây, với hai véc tơ $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2) \in \mathbf{R}^3$, ký hiệu: $(x_1, y_1, z_1) \le (x_2, y_2, z_2)$ nghĩa là $x_1 \le x_2, y_1 \le y_2, z_1 \le z_2$. Kết quả chính của bài báo là các định lý sau:

**Định lý 1:** Giả sử $F(x, y, z)$ là hàm thực ba biến được xác định với mọi giá trị nguyên của $x, y, z$ và có các tính chất:

i) Tồn tại các số thực $A, B$ $(A \le B)$ và số nguyên dương $a_0$ sao cho:

$F(a, a, -a) < A$ và $F(-a, -a, a) > B$ với mọi số nguyên $a \ge a_0$;

ii) $F(a_1, b_1, c_1) \le F(a_2, b_2, c_2)$

khi $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2$ là các số nguyên thỏa mãn: $(a_1, b_1, c_1) \le (a_2, b_2, c_2)$.

Khi đó, nếu dãy số nguyên $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ thỏa mãn bất đẳng thức kép:

$$A \le F(x_n, x_{n+1}, x_{n+2}) \le B \tag{1}$$

với mọi giá trị nguyên dương đủ lớn của chỉ số $n$, thì tất cả các phần tử của dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ (ngoại trừ một số hữu hạn phần tử) đều nằm trong khoảng $(-a_0, a_0)$. Nếu $a_0 = 1$ thì dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ hội tụ về 0.

Để chứng minh định lý 1 chúng ta cần bổ đề:

**Bổ đề:** Giả sử $F(x, y, z)$ là hàm ba biến có các tính chất i)-ii) trong định lý 1. Khi đó:

Nếu $x, y, k\,(k \ge a_0)$ là các số nguyên thỏa mãn $F(x, y, -k) \ge A$ thì $\max\{x, y\} \ge k+1$; Nếu $x, y, k\,(k \ge a_0)$ là các số nguyên thỏa mãn $F(x, y, k) \le B$ thì $\min\{x, y\} \le -k-1$.

**Chứng minh.** Dùng lý luận phản chứng.

Giả sử trái lại rằng tồn tại các số nguyên $x, y, k\,(k \ge a_0)$ thỏa mãn $F(x, y, -k) \ge A$ nhưng $\max\{x, y\} < k+1$. Vì $x, y$ là các số nguyên nên ta có $x \le k, y \le k$. Từ tính chất ii) và tính chất i) của hàm $F(x, y, z)$ suy ra:

$$F(x, y, -k) \le F(k, k, -k) < A.$$

Mâu thuẫn. Vậy phải có $\max\{x, y\} \ge k+1$. Khẳng định còn lại được chứng minh tương tự bằng lý luận phản chứng và sử dụng các tính chất của hàm $F(x, y, z)$.

**Chứng minh định lý 1**

Giả sử trái lại rằng dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ có vô số phần tử $x_n$ thỏa mãn $|x_n| \geq a_0$. Khi đó, với mọi số nguyên dương $n$ lớn tùy ý, luôn tìm được số nguyên dương $m_n > n$ sao cho $|x_{m_n}| \geq a_0$. Nếu cần, bỏ đi một số (hữu hạn) đủ lớn các phần tử đầu tiên của dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$, ta có thể xem (1) được thỏa mãn với mọi $n \geq 1$. Giả sử $n \geq 1$ là số sao cho $|x_{n+2}| = k \geq a_0$. Nếu $x_{n+2} = k$, thì áp dụng (1) ta có:

$$F(x_n, x_{n+1}, k) \leq B \tag{2}$$

Từ (2) và bổ đề ta suy ra $\min\{x_n, x_{n+1}\} \leq -k-1$.

Nếu $x_{n+2} = -k$, thì áp dụng (1) ta có:

$$F(x_n, x_{n+1}, -k) \geq A \tag{3}$$

Từ (3) và bổ đề ta suy ra $\max\{x_n, x_{n+1}\} \geq k+1$.

Tổng hợp các kết quả nhận được trong lý luận ở trên ta suy ra nếu $|x_{n+2}| = k \geq a_0$ thì $\max\{|x_n|, |x_{n+1}|\} \geq k+1$. Nói cách khác, nếu $|x_m| \geq a_0$ $(m \geq 3)$ thì ít nhất một trong hai số của dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ đứng ngay trước $x_m$ sẽ có trị tuyệt đối $\geq |x_m| + 1 \geq a_0 + 1$.

Đặt $L = \max\{|x_1|, |x_2|, |x_3|\}$. Gọi $n_0$ là số nguyên dương sao cho $n_0 \geq 2L+3$ và $m \geq n_0$ là số sao cho $|x_m| \geq a_0$ .Từ kết luận vừa nhận được suy ra rằng ít nhất một trong 3 số $|x_1|, |x_2|, |x_3|$ sẽ không bé hơn $|x_m| + \frac{m-2}{2} \geq a_0 + \frac{2L+1}{2} > a_0 + L > L = \max\{|x_1|, |x_2|, |x_3|\}$. Mâu thuẫn. Vậy dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ không thể có vô số phần tử $x_n$ thỏa mãn $|x_n| \geq a_0$. Nếu $a_0 = 1$ thì một dãy số nguyên $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ chỉ có một số hữu hạn các phần tử thỏa mãn $|x_n| \geq 1$ rõ ràng phải hội tụ về 0. Định lý được chứng minh hoàn toàn.

**Định lý 2:** Giả sử hàm $F(x, y, z)$ và dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ thỏa mãn tất cả các điều kiện trong định lý 1. Với $a_0 \geq 2$, dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ sẽ hội tụ về 0 nếu hàm $F(x, y, z)$ thỏa mãn thêm các điều kiện sau:

a) $F(a, a, -a) < A$ với mọi số nguyên dương $a \in [1, a_0)$;

b) $F(-a, -a, a+1) > B$ với mọi số nguyên $a \in [0, a_0 - 1]$.

**Chứng minh**. Không giảm tổng quát, ta có thể xem điều kiện (1) trong định lý 1 được thỏa mãn với mọi $n \geq 1$. Lý luận tương tự như trong chứng minh bổ đề suy ra rằng, nếu hàm $F(x, y, z)$ có tính chất ii) và dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ thỏa mãn điều kiện (1) trong định lý 1, đồng thời dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ chứa vô hạn phần tử nhận giá trị $-a$ với $a$ là số nguyên dương thỏa mãn $F(a, a, -a) < A$ thì dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ cũng sẽ chứa vô hạn phần tử nhận giá trị $\geq a+1$. Từ đó suy ra nếu hàm $F(x, y, z)$ thỏa mãn thêm điều kiện a) thì dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ không thể chứa vô hạn phần tử nhận giá trị $-(a_0 - 1)$, bởi vì theo định lý 1 dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ chỉ có không quá một số hữu hạn phần tử $x_n$ có $|x_n| \geq a_0$. Từ kết luận này và kết luận của định lý 1 suy ra tồn tại số nguyên dương $n_1$ sao cho:

$$x_n \geq -(a_0 - 1) + 1 = -a_0 + 2 \text{ với mọi } n \geq n_1 \tag{4}$$

Từ điều kiện b) ta có $F(-a_0 + 2, -a_0 + 2, a_0 - 1) > B$. Do đó, từ (4) và tính chất ii) của hàm $F(x, y, z)$ ( xem định lý 1) suy ra:

$$F(x_n, x_{n+1}, a_0 - 1) > B \quad (\forall n \geq n_1)$$

Do điều kiện (1) đặt lên dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ và tính chất ii) của hàm $F(x, y, z)$ ta suy ra:

$$x_{n+2} \le a_0 - 2 \qquad (\forall n \ge n_1).$$

Vậy: $$-a_0 + 2 \le x_n \le a_0 - 2 \qquad (\forall n \ge n_2 = n_1 + 2).$$

Bây giờ giả sử $a_0 - k \ge 1$ ($k$ là số nguyên dương $\ge 2$) và ta đã chứng minh được rằng tồn tại số nguyên dương $n_k$ sao cho:

$$-a_0 + k \le x_n \le a_0 - k \qquad (\forall n \ge n_k) \tag{5}$$

Bất đẳng thức (5) có nghĩa là dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ chỉ có không quá một số hữu hạn các phần tử có giá trị tuyệt đối $\ge a_0 - k + 1$. Do điều kiện a) ta có $F(a_0 - k, a_0 - k, -a_0 + k) < A$. Sử dụng lý luận như trong chứng minh bổ đề và bất đẳng thức (5) ta suy ra rằng dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ không thể có vô hạn phần tử với giá trị bằng $-(a_0 - k) = -a_0 + k$. Thực vậy, nếu trái lại, dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ sẽ chứa vô hạn phần tử $x_n \ge a_0 - k + 1$, mâu thuẫn với (5). Từ kết luận vừa nhận được và (5) suy ra tồn tại số nguyên dương $n_k^* \ge n_k$ sao cho:

$$-a_0 + k + 1 \le x_n \qquad (\forall n \ge n_k^*) \tag{6}$$

Vì $a_0 - k \ge 1$, từ điều kiện b) đặt lên hàm $F(x, y, z)$ ta có:

$$F(-a_0 + k + 1, -a_0 + k + 1, a_0 - k) > B \tag{7}$$

Dùng tính chất ii) của hàm $F(x, y, z)$ và các bất đẳng thức (6),(7) suy ra:

$$F(x_n, x_{n+1}, a_0 - k) > B \quad (\forall n \ge n_k^*) \tag{8}$$

Do $F(x_n, x_{n+1}, x_{n+2}) \le B$, từ (8) và tính chất ii) của hàm $F(x, y, z)$ suy ra phải có:

$$x_{n+2} \le a_0 - k - 1 \qquad (\forall n \ge n_k^*) \tag{9}$$

Từ (6) và (9) ta nhận được:

$$-a_0 + k + 1 \le x_n \le a_0 - k - 1 \quad (\forall n \ge n_{k+1} = n_k^* + 2) \tag{10}$$

Như vậy, với các giả thiết của định lý 2, bằng phép quy nạp theo $k$ ta đã chứng minh được rằng, nếu $a_0 - k \ge 1$ thì dãy $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ chỉ có không quá một số hữu hạn phần tử thỏa mãn bất đẳng thức $|x_n| \ge a_0 - k$.

Nói cách khác, $x_n = 0$ với $n$ đủ lớn. Điều này tương đương với khẳng định $\lim\limits_{n\to\infty} x_n = 0$.

**3. Ví dụ áp dụng**

Các định lý vừa được chứng minh ở trên có thể được áp dụng để chứng minh một số khẳng định trong lý thuyết dãy số và lý thuyết các phương trình sai phân.

**Ví dụ 1:** (xem [1]) Chứng minh rằng nếu dãy số nguyên $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ thỏa mãn bất đẳng thức:

$$0 \le x_n + 7x_{n+1} + 10x_{n+2} \le 9 \quad (\forall n \ge 1)$$

thì tồn tại số nguyên dương $n_0$ sao cho $x_n = 0$ với mọi $n \ge n_0$.

**Giải**. Đặt $F(x, y, z) = x + 7y + 10z$. Với $A = 0, B = 9, a_0 = 5$ hàm $F(x, y, z)$ thỏa mãn tất cả các điều kiện của định lý 2.

Thực vậy, với mọi số nguyên $a \ge 1$ ta có: $F(a, a, -a) = -2a \le -2 < 0$.

Với mọi số nguyên $a \ge 5$ ta có: $F(-a, -a, a) = 2a \ge 10 > 9$.

Với $a \in \{0,1,2,3,4\}$ ta có: $F(-a, -a, a+1) = 2a + 10 \ge 10 > 9$.

Hàm $F(x, y, z) = x + 7y + 10z$ rõ ràng có tính chất ii) trong định lý 1. Vậy mọi điều kiện của định lý 2 được thỏa mãn. Theo kết luận của định lý 2 dãy số nguyên $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ hội tụ về không. Điều này tương đương với khẳng định của bài toán.

**Ví dụ 2:** Giả sử $\alpha, \beta, \gamma, M$ là các số dương thỏa mãn $0 < M < \gamma - \alpha - \beta$,

$F(x,y,z)=\alpha x+\beta y+\gamma z$ và $\{x_n\}_{n=1}^{\infty},\{y_n\}_{n=1}^{\infty}$ là hai dãy số nguyên. Nếu tồn tại số nguyên dương $n_0$ sao cho với mọi $n \geq n_0$ có bất đẳng thức:

$$\left|F(x_n,x_{n+1},x_{n+2})-F(y_n,y_{n+1},y_{n+2})\right| \leq M \tag{11}$$

thì $x_n = y_n$ với mọi số nguyên dương $n$ đủ lớn.

**Chứng minh**. Đặt $z_n = x_n - y_n$. Bất đẳng thức (11) tương đương với bất đẳng thức kép:

$$-M \leq F(z_n, z_{n+1}, z_{n+2}) \leq M \tag{12}$$

Bất đẳng thức (12) tương ứng với điều kiện (1) (xem định lý 1) với $A=-M, B=M$. Dễ thấy hàm $F(x,y,z)=\alpha x+\beta y+\gamma z$ có tính chất ii) trong định lý 1. Mặt khác, ta có:

$$F(a,a,-a)=(\alpha+\beta-\gamma)a<-Ma\leq -M \qquad (\forall a\geq 1)$$

$$F(-a,-a,a)=(\gamma-\alpha-\beta)a>Ma\geq M \qquad (\forall a\geq 1)$$

Vậy hàm $F(x,y,z)$ cũng có tính chất i) trong định lý 1 với $A=-M, B=M, a_0=1$. Theo kết luận của định lý 1, ta có $z_n = 0 \Leftrightarrow x_n = y_n$ với mọi số nguyên dương $n$ đủ lớn.

**Nhận xét:** Ta nói một phương trình sai phân nào đó có nghiệm nguyên nếu tồn tại một dãy số nguyên $\{x_n\}_{n=1}^{\infty}$ thỏa mãn phương trình này với mọi $n$ nguyên dương. Ví dụ 2 chứng tỏ rằng nghiệm nguyên (nếu có) của phương trình sai phân dạng $\alpha x_n+\beta x_{n+1}+\gamma x_{n+2}=r(n)$ (*) ($\alpha,\beta,\gamma$ thỏa mãn các điều kiện trong ví dụ 2) khá "đơn độc" khi $r(n)$ chịu nhiễu loạn nhỏ. Thực vậy, giả sử phương trình (*) có nghiệm nguyên $\{x_n^*\}_{n=1}^{\infty}$. Khi đó, từ kết luận của ví dụ 2 có thể suy ra rằng, nếu $r_1(n)$ là hàm thực của đối số nguyên dương $n$ thỏa mãn bất đẳng thức $\left|r_1(n)-r(n)\right| \leq M < \gamma-\alpha-\beta$ với mọi $n$ đủ lớn và tập hợp $\{n : r(n) \neq r_1(n)\}$ vô hạn thì phương trình $\alpha x_n+\beta x_{n+1}+\gamma x_{n+2}=r_1(n)$ không thể có nghiệm nguyên.

**Ví dụ 3:** Giả sử $f$ là ánh xạ từ tập các số nguyên dương **N*** vào tập các số nguyên **Z**. Các số $\alpha,\beta,\gamma,M$ được giả thiết như trong ví dụ 2. Nếu tồn tại số nguyên dương $n_0$ sao cho với mọi $n \geq n_0$ ta có:

$$\left|\alpha f(n)+\beta f(n+1)+\gamma f(n+2)-(\alpha+\beta+\gamma)n-\beta-2\gamma\right| \leq M \tag{13}$$

thì tồn tại một tập con hữu hạn A của **N*** sao cho thu hẹp của $f$ trên **N***\A là ánh xạ đồng nhất.

**Chứng minh**. Đặt $x_n = f(n), y_n = n$ ($\forall n \in$ **N***), $F(x,y,z)=\alpha x+\beta y+\gamma z$. Khi đó bất đẳng thức (13) chính là bất đẳng thức (11) trong ví dụ 2. Theo kết luận trong ví dụ 2, ta phải có $f(n)=n$ với mọi số nguyên dương $n$ đủ lớn. Điều này tương đương với khẳng định cần chứng minh.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO


[1] Kiều Đình Minh, Tạ Anh Dũng. *Giới hạn của dãy số nguyên và ứng dụng*. Toán học và tuổi trẻ, số 472 (10/2016).

[2] Mohammad K.Azarian. *Euler's Number via Difference Equations.* Int. J. Contemp. Math. Sciences, Vol 7, 2012, no.22, 1095-1102.

[3] Yacine Halim. *A system of difference equation with solutions associated to Fibonacci numbers*. International Journal of difference equations. Vol 11, 2016, no.11, 65-77.



Ngày nhận bài: 22/11/2017
Ngày nhận bản sửa: 21/12/2017
Ngày duyệt đăng: 24/12/2017

# KINH TẾ - XÃ HỘI

## THỰC THI CÁC BIỆN PHÁP BẢO ĐẢM AN NINH HÀNG HẢI CỦA ÚC VÀ KINH NGHIỆM CHO VIỆT NAM

ENFORCE MEASURES TO ENSURE MARITIME SECURITY OF AUSTRALIA AND EXPERIENCE FOR VIETNAM

**LƯƠNG THỊ KIM DUNG**
*Khoa Hàng hải, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Là một quốc gia bị đe dọa bởi nhiều hiểm họa an ninh, nhưng trong thời gian qua, Úc đã thực thi một hệ thống các biện pháp hữu hiệu nhằm bảo đảm an ninh hàng hải quốc gia. Thông qua việc phân tích, nghiên cứu các biện pháp bảo đảm an ninh hàng hải của Úc, tác giả bài báo mong muốn sẽ góp phần gợi ý cho các nhà hoạch định chính sách Việt Nam có những kinh nghiệm quý trong quá trình xây dựng và thực thi các biện pháp bảo đảm an ninh Hàng hải của Việt Nam.*

***Từ khóa**: Hiểm họa, an ninh hàng hải, Úc.*

***Astract***

*As a country threatened by many security threats, in recent years, Australia has implemented a system of effective measures to ensure national maritime security. Through the analysis and research of Australia's maritime security measures, the paper's author wishes to suggesting for Vietnamese policy makers have valuable experiences in the construction process and enforce measures to ensure maritime security of Vietnam.*

***Keywords**: Threats, maritime security, Australia.*

### 1. Đặt vấn đề

Trong tiến trình hội nhập kinh tế quốc tế, ngành hàng hải đóng góp vai trò quan trọng cho sự phát triển kinh tế đất nước, từng bước khẳng định vị thế của một ngành kinh tế mũi nhọn giúp Việt Nam "hướng ra biển, làm giàu từ biển". Bảo đảm an ninh cho sự phát triển của ngành hàng hải đã trở thành một phần chiến lược của chính sách an ninh hàng hải quốc gia. Tuy nhiên, an ninh hàng hải Việt Nam hiện đang bị đe dọa bởi nhiều hiểm họa, có thể kể đến như trộm cắp vặt, phá hoại, tiếp cận các khu vực cấm tại cảng, cướp biển khu vực Đông Nam Á, vận chuyển trái phép ma túy bằng đường biển, khủng bố hàng hải. Bên cạnh đó, những tranh chấp chủ quyền tại biển Đông đang nổi lên tạo nguy cơ biến thành xung đột "nóng", đe dọa trực tiếp đến môi trường an ninh, hòa bình và ổn định trong khu vực. Trung Quốc tuyên bố chủ quyền đối với hơn 80% diện tích biển Đông, tiến hành hoạt động tuần tra, khảo sát, ngăn trở các nước trong đó có Việt Nam khác khai thác tài nguyên. Cùng với đó là việc hiện đại hóa hải quân, cải tạo các bãi đá cạn thuộc quần đảo Trường Sa của Việt Nam do Trung quốc chiếm giữ trái phép để xây dựng đường băng, căn cứ quân sự phục vụ ý đồ kiểm soát tuyến hàng hải quan trọng trong khu vực. Nhận thức được tầm quan trọng của bảo đảm an ninh hàng hải, Việt Nam ngay từ rất sớm đã gia nhập nhiều công ước quốc tế về an ninh hàng hải, đặc biệt phải kể đến là Bộ luật quốc tế về an ninh tàu và bến cảng (ISPS code).Bộ luật hàng hải Việt Nam năm 2015 cũng đã bổ sung thêm hai điều luật về an ninh tàu biển và cảng biển nhưng Chính phủ hiện chưa ban hành được Nghị định về an ninh hàng hải. Một số văn bản quy phạm pháp luật về an ninh hàng hải còn bất cập, chồng chéo, mâu thuẫn, gây khó khăn trong thực tiễn thi hành. Việc phối kết hợp giữa các cơ quan thực thi pháp luật về an ninh hàng hải chưa thực sự hiệu quả.

Là một quốc gia mà an ninh hàng hải cũng bị đe dọa bởi nhiều hiểm họa, nhưng trong thời gian qua, Úc đã triển khai áp dụng nhiều biện pháp tăng cường an ninh hữu hiệu để giảm thiểu tới mức thấp nhất các rủi ro. Vì vậy, nghiên cứu quá trình thực thi các biện pháp bảo đảm an ninh hàng hải của Úc sẽ góp phần quan trọng giúp Việt Nam có được những kinh nghiệm quý báu cho bảo đảm tăng cường an ninh hàng hải Việt Nam.

### 2. Các hiểm họa đe dọa an ninh hàng hải Úc

Nằm biệt lập với các châu lục khác, Úc được bao bọc bởi hai Đại dương lớn là Thái Bình Dương và Ấn Độ Dương. An ninh hàng hải của Úc bị đe dọa bởi nhiều hiểm họa, đặc biệt phải kể đến là:

***2.1. Di cư bất hợp pháp***

Do đất đai rộng lớn, dân cư thưa thớt, thiếu nguồn lao động cho các ngành kinh tế nên chính sách nhập cư của Úc tương đối lỏng so với một số quốc gia khác như Mỹ, Nhật, Tây Âu,… Do đó, hàng năm có rất nhiều vụ di cư bất hợp pháp bằng thuyền từ khu vực giáp ranh với vùng biển của Indonesia vào Úc. Họ là những cư dân đến từ các quốc gia Trung Đông như Syry, Iraq, Apganixtan, cá biệt có cả Việt Nam, được các tổ chức buôn người quốc tế môi giới, dẫn dắt nhằm nhập cảnh trái phép vào Úc bằng đường biển.

***2.2. Đánh bắt, khai thác thủy hải sản trái phép***

Vùng biển nước Úc trải dài từ vĩ tuyến 02-00S xuống phía Nam bán cầu, từ kinh độ 075E đến kinh độ 163E, với trữ lượng hải sản lớn, trở thành khu vực hấp dẫn các tàu đánh bắt trộm, chủ yếu đến từ các quốc gia châu Á như Trung Quốc, Đài Loan, Hàn Quốc, Nhật Bản [1]. Nạn đánh bắt trái phép (đặc biệt là săn bắt cá voi) không chỉ làm suy giảm nguồn tài nguyên biển, phá hoại sự cân bằng hệ sinh thái biển mà còn đe dọa đến an ninh hàng hải của Úc.

***2.3. Người trốn theo tàu và thuyền viên bỏ trốn khi tàu cập cảng***

Hải quan Úc đã ghi nhận nhiều vụ người trốn theo tàu đến từ các quốc gia vùng Trung Đông vào Úc. Đặc biệt, trong nhiều năm nay, rất nhiều thuyền viên nước ngoài đến từ các quốc gia Ấn Độ, Bangladesh, Srilanca, Philippines, Việt Nam, Trung Quốc,… bỏ trốn lên bờ khi tàu của họ cập cảng Úc. Do địa bàn rất rộng lớn, cùng với việc có nhiều cộng đồng dân cư sinh sống nên việc truy bắt những đối tượng này hết sức khó khăn.

***2.4. Buôn lậu ma túy bằng đường biển***

Do đặc điểm là quốc gia đại dương nên việc vận chuyển ma túy vào Úc chỉ có thể bằng đường biển và đường hàng không. Thủ đoạn của các tổ chức buôn lậu ma túy rất đa dạng, từ việc trà trộn vào trong các hàng hóa nhập khẩu bằng đường biển, đến cất giấu ma túy trong các két chứa nước dằn, két chứa nhiên liệu trên tàu hay thuê những thuyền viên kém hiểu biết mang lên tàu,… Tinh vi hơn các đối tượng còn hàn một hộp kim loại rỗng trên đáy của phía ngoài thân tàu, rồi đặt ma túy được bọc kín nước vào trong hộp kim loại đó, vận chuyển lòng vòng qua nhiều quốc gia rồi mới vào Úc. Khi đến cảng, các đối tượng bố trí người nhái lặn xuống và lấy ma túy ra. Hải quan Úc bằng nghiệp vụ của mình đã phát hiện và bắt giữ nhiều vụ buôn bán, vận chuyển ma túy vào Úc theo hình thức trên.

***2.5. Chất thải từ các tàu nhập cảnh vào Úc***

Do nền kinh tế chủ yếu dựa vào việc xuất khẩu sản phẩm nông nghiệp và nguyên liệu thô nên hàng năm, có rất nhiều tàu biển, chủ yếu là tàu cỡ lớn và siêu lớn (Cape size, Panamax size) đến Úc để chuyên chở hàng hóa xuất khẩu. Các tàu này mang theo một lượng lớn nước dằn tàu, được thải ra khi nhận hàng tại các cảng của Úc, cùng với đó là chất thải sinh hoạt, rác thải, dầu cặn thải ra từ tàu, có nguy cơ làm ô nhiễm vùng nước cảng biển, phá hủy hệ sinh thái môi trường biển nếu không được kiểm soát chặt chẽ. Bên cạnh đó là nguy cơ gây ô nhiễm tràn dầu do hệ thống phân ly dầu - nước của tàu bị hư hỏng hoặc làm việc không hiệu quả hay nguy cơ ô nhiễm do tàu không đảm bảo điều kiện vệ sinh cần thiết có thể đe dọa tới an ninh môi trường biển.

***2.6. Các nguy cơ khác***

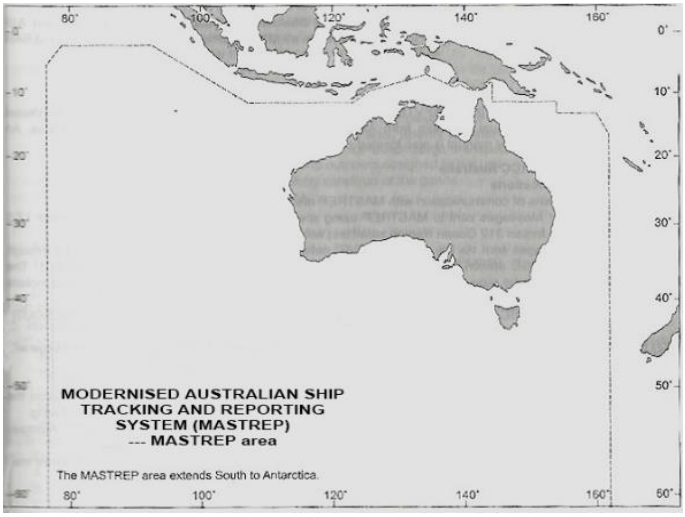
Nước Úc nằm phía Đông nam Châu Á, phía Bắc và Tây Bắc giáp với các quốc gia như Solomon, Papua New Guinea, Timor Leste và Indonesia - vốn là các nước đang phát triển hoặc kém phát triển nên tranh chấp chủ quyền và quyền chủ quyền trên biển giữa các quốc gia có thể là nguy cơ đe dọa đến an ninh hàng hải của Úc. Cướp biển, các hành vi bạo lực trên biển và khủng bố hàng hải cũng được coi là những hiểm họa tiềm tàng [2]. Tuy nhiên, do đặc thù các cảng biển ở Úc đa số dùng để xuất nguyên liệu thô, cần độ sâu lớn cho tàu siêu trường ra vào thuận tiện, do đó các cảng biển hầu hết được bố trí trên những Terminal nhô ra biển nên việc kiểm soát người ra, vào cảng tương đối dễ dàng. Ngoài ra, các cầu cảng hầu hết được lắp đặt camera an ninh (CCTV) nên chưa ghi nhận một trường hợp khủng bố hoặc phá hoại nào xảy ra.

**3. Các biện pháp đảm bảo an ninh hàng hải trên vùng biển và các cảng biển của Úc**

***3.1. Thiết lập hệ thống giám sát từ xa*** *(MASTREP)*

Để kiểm soát từ xa một cách có hệ thống tất cả các tàu vào Úc, chính quyền hành chính nước Úc đã thông qua Bộ Luật Hàng hải năm 2012 bắt buộc tất cả các tàu nước ngoài ra vào nước Úc và tất cả các tàu của Úc khi hành trình trong vùng giới hạn bởi MASTREP. MASTREP (Modernised Australian Ship Tracking and Reporting System) là sự kế thừa và phát triển của hệ thống AUSREP (Australia Ship Reporting System) trước đây. Sau khi hệ thống nhận dạng từ xa LRIT ra đời, nước Úc đã nhanh chóng thay thế hệ thống báo cáo AUSREP cũ thủ công (sử dụng Telex) bằng hệ thống

giám sát và báo cáo hiện đại tự động MASTREP.MASTREP được điều hành bởi cơ quan an toàn hàng hải Úc AMSA (Australian Maritime Safety Agency) dưới sự đặt hàng của Trung tâm phối hợp tìm kiếm, cứu nạn Úc (Maritime Rescue Coodinate Center Australia) - RCC Australia. RCC Australia trực canh 24/7 với những nhân viên có kinh nghiệm trong lĩnh vực hàng hải và cả hàng không.




***Hình 1. Giới hạn của MASTREP***

Vùng bao phủ của hệ thống MASTREP rất rộng, từ điểm cực Tây (06-00S; 075-00E) đến điểm cực Đông (17-40S; 163-00E) xuôi xuống tận Nam bán cầu bao quanh nước Úc [3].

Tất cả các tàu theo quy định nói trên phải gửi báo cáo vị trí bằng hệ thống AIS phù hợp với quy định của Công ước SOLAS chương V, điều 19.2.4. Nội dung của báo cáo vị trí phải bao gồm các thông tin sau: (1): Số nhận dạng; (2): Loại tàu; (3): Vị trí; (40: Hướng; (5): Tốc độ tàu;(6): Trạng thái Hàng hải; (7) Các thông tin an toàn hàng hải có liên quan.Vị trí tàu được cập nhật từ 5 phút đến 5 giờ tùy thuộc vào vị trí của tàu. Việc thu nhận các báo cáo vị trí được tiến hành tự động thông qua các trạm bờ hoặc hệ thống vệ tinh. Với hệ thống MASTREP này, nước Úc có thể giám sát, theo dõi tất cả các tàu ra vào vùng biển của họ, giảm thiểu việc xâm nhập trái phép, đánh bắt trộm thủy hải sản.

Tuy nhiên, nhược điểm của hệ thống MASTREP là chỉ thực sự có tác dụng đối với các tàu có trang bị hệ thống AIS và LRIT mà không kiểm soát được các tàu thuyền nhỏ chở người nhập cư bất hợp pháp, buôn lậu ma túy, đánh bắt thủy hải sản trái phép vì loại tàu thuyền này thường không trang bị hai thiết bị nói trên hoặc cố tình tắt chúng đi khi chuẩn bị đi vào vùng biển có sự kiểm soát bởi MASTREP. Để khắc phục nhược điểm này, Úc đã thuê vệ tinh giám sát của Thụy Điển với hai vệ tinh địa tĩnh, bao phủ một vùng rộng lớn bao trùm toàn bộ nước Úc và vùng biển xung quanh. Vệ tinh giám sát kết hợp với hệ thống MASTREP, lực lượng hải quân Hoàng gia và các máy bay tuần thám đã phát huy hiệu quả trong việc chống lại các hiểm họa đe dọa an ninh trên toàn bộ vùng biển của mình.

***3.2. Các biện pháp kiểm soát an ninh tại các cảng biển của Úc***

***Yêu cầu thị thực đối với thuyền viên người nước ngoài****:* Kể từ khi Bộ luật quốc tế về an ninh tàu và bến cảng (ISPS code) có hiệu lực, Chính phủ Úc đã tiến hành quản lý, giám sát thuyền viên người nước ngoài nhập cảnh bằng đường biển vào Úc bằng hình thức yêu cầu thị thực đối với tất cả các thuyền viên người nước ngoài (Crew Visa). Thị thực này được cấp bởi Đại sứ quán hoặc Lãnh sự quán Úc tại nước sở tại. Bằng hình thức này họ đã loại trừ bớt được những phần tử có nguy cơ hoặc liên quan đến khủng bố, buôn lậu ma túy,…

***Yêu cầu các tàu gửi cho cơ quan Di trú và Biên phòng bản "danh sách thuyền viên, hành khách"****:* Theo Bộ luật Hải quan năm 2015, tất cả các tàu nước ngoài trước khi vào Úc đều phải gửi trước bản "Danh sách thuyền viên" theo mẫu 3B, "Danh sách hành khách" theo mẫu 2B cho cơ quan *Di trú và Biên phòng* Úc thông qua Đại lý của tàu. Cơ quan Di trú và Biên phòng sẽ dựa vào bản danh sách này để đối chiếu với những thông tin mà họ có được trong hệ thống máy tính nhằm phát hiện và loại trừ những thuyền viên, hành khách có liên quan đến khủng bố, buôn lậu ma túy, các phần tử bị truy nã quốc tế.

***Yêu cầu các tàu gửi cho cơ quan Di trú và biên phòng bản "Báo cáo trước khi tàu đến"****:* Cũng như Bản danh sách thuyền viên, các tàu cũng phải gửi cho cơ quan *Di trú và Biên phòng* của Úc bản "*Báo cáo trước khi tàu đến*" (Pre-arival Report) theo mẫu 13 (FORM 13). *Báo cáo trước khi tàu đến* bao gồm 3 phần:

- Phần một là các thông tin riêng của tàu như tên, số hiệu, số IMO, trọng tải, tên chủ tàu, tên người khai thác, người thuê tàu, số lượng thuyền viên, hành khách. Trường hợp trên tàu có người trốn theo tàu hay có vũ khí nóng thì phải có tờ khai riêng.

- Phần hai là báo cáo về an ninh của tàu bao gồm: Số của giấy chứng nhận an ninh tàu (ISSC), cơ quan cấp giấy chứng nhận, thời hạn có hiệu lực, cấp độ an ninh hiện tại tàu đang áp dụng, tên của mười cảng ghé mới nhất, ngày rời các cảng đó, cấp độ an ninh tại các cảng đó, các biện pháp an ninh đặc biệt hoặc biện pháp an ninh tăng cường đã áp dụng tại các cảng nói trên, tàu có hoạt động cặp mạn tàu khác trong số các cảng nói trên hay không (nếu có thì phải khai báo chi tiết) và cuối cùng là danh sách bốn cảng ghé sắp tới.

- Phần ba là báo cáo về các giấy chứng nhận của tàu: trong đó yêu cầu Thuyền trưởng cung cấp thời hạn có hiệu lực của các giấy chứng nhận như: GCN bảo hiểm P&I, GCN an toàn kết cấu, GCN an toàn vô tuyến điện, GCN an toàn trang thiết bị, GNC chống ô nhiễm dầu quốc tế, GCN về Công ước quốc tế về dầu chuyên chở. Ngoài ra, tàu bắt buộc phải có hai GCN của Úc là biên lai thuế đường biển (Marine Navigation Levy) và biên lai thuế bảo vệ môi trường biển (Protection of the Sea Levy), nếu tàu chưa có đại lý sẽ phải thay mặt chủ tàu mua với chi phí khoảng 25.000AUD cho loại tàu Cape Size và thời hạn của hai GCN này chỉ là ba tháng. Bằng việc áp dụng thuế đường biển và thuế môi trường, Úc đã tạo được một nguồn kinh phí rất lớn để có thể cung cấp tài chính cho các hoạt động bảo đảm an ninh hàng hải, xử lý tai tạn hàng hải, bảo vệ môi trường biển.

Với các thông tin về thuyền viên, hành khách, danh sách các cảng ghé, cơ quan Di trú và Biên phòng Úc sẽ xử lý các thông tin trên và sẽ áp dụng các biện pháp an ninh phù hợp. Ví dụ trong số mười cảng tàu ghé gần nhất có tên một cảng thuộc khu vực có nguy cơ buôn lậu ma túy cao như Colombia, Chile, Uruguay,… cơ quan Hải quan Úc có thể sẽ tiến hành soát xét tàu với các nghiệp vụ đặc biệt như mang theo chó nghiệp vụ, kiểm tra các két, cho thợ lặn kiểm tra đáy tàu đề phòng việc giấu ma túy dưới đáy tàu.

***Hải quan lên tàu kiểm tra trực tiếp (Face to Face)****:* Để phòng ngừa việc giả mạo giấy tờ hộ chiếu, cơ quan Hải quan sẽ lên tàu kiểm tra từng thuyền viên và so sánh với ảnh trong hộ chiếu, bằng hành động này họ đã loại trừ được việc giả mạo giấy tờ của các đối tượng thuộc tổ chức tội phạm, ma túy, khủng bố trà trộn xâm nhập trái phép vào Úc.

***Yêu cầu các tàu nộp bản khai tài sản cá nhân, đồ dự trữ của tàu, danh mục thuốc tân dược, bia, rượu, thuốc lá,…*** Bằng cách yêu cầu đối với thuyền viên nộp các bản kê khai này, cơ quan hải quan sẽ kiểm tra, đánh giá nguy cơ xảy ra việc buôn lậu bằng đường biển và sẽ áp dụng các biện pháp cần thiết như niêm phong đồ dự trữ, bia, rượu, thuốc lá. Một thuyền viên có tài sản cá nhân, tiền mặt quá lớn so với thu nhập bằng lương sẽ bị nghi ngờ và bị kiểm tra, soát xét kỹ lưỡng để loại trừ các hiểm họa như buôn lậu trong đó có buôn lậu ma túy bằng đường biển.

***Yêu cầu Thuyền trưởng cung cấp thông tin về người thân của thuyền viên tại Úc****:* Do hiện tượng bỏ trốn của thuyền viên tại Úc vẫn xảy ra, cơ quan Hải quan thông qua Đại lý yêu cầu Thuyền trưởng cung cấp thông tin về mối quan hệ của thuyền viên với người thân của họ tại Úc, qua đó có thể áp dụng các biện pháp phòng ngừa cần thiết như không cho phép thuyền viên đó đi bờ, cử người đi kèm giám sát.

***Sử dụng Camera giám sát****:* Tại các Cầu cảng, để giám sát hoạt động của tàu và chống buôn lậu, phá hoại, bỏ trốn thì ngoài hệ thống bảo vệ tại cổng cảng, họ còn gắn các Camera giám sát tại các cầu tàu 24/7.

***Không cho phép thuyền viên đi bộ trong khu vực Cảng****:* Để đảm bảo an ninh bến cảng, khi tàu vào cảng, Sỹ quan an ninh bến cảng sẽ trực tiếp hoặc thông qua đại lý thông báo đến Thuyền trưởng về việc thuyền viên không đuọc phép đi bộ, đi xe đạp trong khu vực cảng vì lý do an ninh, thuyền viên vi phạm sẽ bị phạt rất nặng, thậm chí trục xuất khỏi Úc và cấm vĩnh viễn không được nhập cảnh vào Úc.

***Yêu cầu các tàu thực hiện nghiêm túc các biện pháp an ninh theo Bộ luật ISPS****:* Trước khi tàu đến cảng, chính quyền cảng sẽ trực tiếp thông báo hoặc thông qua Đại lý thông báo cho tàu về cấp độ an ninh áp dụng tại cảng, qua đó tàu sẽ phải áp dụng các biện pháp an ninh thích hợp như kiểm soát người lên xuống, niêm phong hoặc khóa chống tiếp cận các khu vực hạn chế,… Việc thực thi các biện pháp an ninh phù hợp với cấp độ an ninh được kiểm tra, đánh giá bằng việc kiểm tra hành chính của cơ quan an toàn hàng hải Úc (AMSA) mà không được thông báo trước.

### *3.3. Những bài học kinh nghiệm cho Việt Nam*

***Về hệ thống pháp luật***

Úc ban hành Bộ luật về An ninh hàng hải và bảo vệ bờ biển năm 2003 và Quy định về an ninh hàng hải và cơ sở hạ tầng cảng biển 2003 nhằm nội luật hóa và thi hành Bộ luật ISPS code. Dưới Bộ luật an ninh hàng hải Úc là hệ thống văn bản quy phạm pháp luật hướng dẫn chi tiết về tổ chức, quản lý, đào tạo, huấn luyện và chế độ chính sách đối với lực lượng an ninh.

Trong khi đó ở Việt Nam, hệ thống văn bản quy phạm pháp luật mỏng, chưa xây dựng được Bộ luật hay Nghị định về An ninh hàng hải. Hệ thống văn bản quy phạm pháp luật Việt Nam còn thiếu những quy định về chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn của lực lượng an ninh cảng; quy chế phối hợp hành động giữa các cơ quan quản lý an ninh hàng hải cũng như chế tài xử lý các hành vi vi phạm về an ninh hàng hải. Công tác triển khai các quy định pháp luật về an ninh hàng hải còn nhiều bất cập, vướng mắc trong thực tiễn thi hành. Ngoài ra cũng chưa có chính sách thu phí bảo đảm an ninh tại cảng biển nên không có nguồn kinh phí để đầu tư phương tiện, thiết bị cũng như tổ chức, huấn luyện nghiệp vụ cho lực lượng an ninh cảng biển

***Về tổ chức, quản lý an ninh hàng hải***

Đứng đầu cơ quan quản lý an ninh hàng hải của Úc là Cục an ninh, trực thuộc Bộ Giao thông vận tải Úc. Cục an ninh sẽ trực tiếp hướng dẫn cấp độ an ninh cho từng khu vực cảng biển, tổ chức các cuộc diễn tập cấp quốc gia, đồng thời hướng dẫn, phê duyệt kế hoạch, kịch bản diễn tập an ninh cho các khu vực cảng biển.

Trong khi đó ở Việt Nam hiện nay, công tác quản lý an ninh hàng hải được giao cho 2 Cục thuộc Bộ Giao thông Vận tải là Cục Hàng hải Việt Nam (có trách nhiệm đánh giá an ninh cảng biển, xây dựng kế hoạch an ninh cảng biển cho các nhân viên an ninh cảng biển) và Cục Đăng kiểm Việt Nam (được giao nhiệm vụ tổ chức đào tạo và cấp Giấy chứng nhận Sỹ quan an ninh tàu biển và nhân viên an ninh công ty).

Mô hình quản lý hiện tại của Việt Nam thể hiện nhiều bất cập như:

- Việc kiểm tra duy trì hệ thống an ninh tàu biển và thử hoạt động của hệ thống thiết bị an ninh trên tàu biển do Trung tâm Thông tin An ninh Hàng hải thuộc Cục Hàng hải Việt Nam thực hiện; Khi gặp sự cố khủng bố đối với tàu biển, Cục Hàng hải Việt Nam chịu trách nhiệm giải quyết với tư cách là cơ quan quản lý nhà nước chuyên ngành còn Cục Đăng kiểm Việt Nam chỉ làm dịch vụ đào tạo, cấp chứng chỉ chứ không chịu trách nhiệm giải quyết hậu quả đối với an ninh của tàu biển ở nước ngoài.
- Không thống nhất được giáo trình giảng dạy cho các đối tượng;
- Lãng phí nguồn nhân lực đào tạo vì lực lượng giáo viên phân bố ở cả 02 Cục;
- Khó khăn cho việc xây dựng quy hoạch bảo đảm an ninh hàng hải.

***Về quản lý an ninh cảng biển***

Tại Úc, Trung tâm an ninh cảng biển là cơ quan chuyên trách quản lý an ninh cảng biển, có trách nhiệm tổ chức huấn luyện, hướng dẫn các cảng lập kịch bản và triển khai diễn tập theo kế hoạch của từng bến cảng và diễn tập chung toàn cảng, kinh phí diễn tập do các doanh nghiệp thành viên đóng góp. Trung tâm an ninh cảng được trang bị hệ thống camera an ninh (CCTV) theo dõi toàn bộ cảng biển. Hệ thống này được kết nối với hệ thống VTS kiểm soát hàng hải của Cảng vụ hàng hải, qua đó hỗ trợ nhau trong việc kiểm soát hoạt động của tàu thuyền ra vào cảng, hoạt động xếp dỡ hàng hóa và tình hình an ninh từng khu vực hạn chế.

Trong khi đó, ở Việt Nam, quản lý an ninh hàng hải tại các cầu bến cảng trong khu vực đều do chính các đơn vị quản lý, khai thác cảng đó xây dựng và thực hiện. Do vậy, có sự manh mún, lỏng lẻo về mô hình tổ chức và quản lý an ninh, nhất là tại các cảng quy mô nhỏ, thiếu nguồn nhân lực có kinh nghiệm, có chuyên môn liên quan đến vấn đề an ninh hàng hải, thiếu trang thiết bị, hạn chế về kinh phí khi triển khai thực hiện trong thực tế.

***Về đào tạo nguồn nhân lực an ninh hàng hải***

Tại Úc, ở mỗi cảng biển có lực lượng an ninh cảng với các nhân viên an ninh chuyên trách, hoạt động theo hình thức bán quân sự, được đào tạo về nghiệp vụ an ninh và được hưởng chế độ như Công an, Biên phòng của Úc. Lực lượng này được trang bị ca nô cao tốc, ô tô và các phương tiện, công cụ hỗ trợ phục vụ hoạt động kiểm soát an ninh cổng ra vào, các bến cảng và các khu vực hạn chế. Việc huấn luyện cho các cá nhân thực hiện nhiệm vụ an ninh cảng biển do tổ chức cảng và cơ quan quản lý an ninh hàng hải phối hợp tổ chức. Chương trình huấn luyện được lấy từ chương trình chuẩn của IMO cho Sỹ quan an ninh cảng biển. Giấy chứng nhận sẽ được cấp cho các thành viên hoàn thành khóa học. Diễn tập an ninh được thực hiện ở cấp quốc gia và các khu vực cảng biển cấp khu vực.

Trong khi đó, Việt Nam hiện nay, việc đào tạo các sỹ quan an ninh cảng biển do các Trường Cao đẳng Hàng hải I và Trường Cao đẳng nghề TP. Hồ Chí Minh trực thuộc Cục Hàng hải Việt Nam thực hiện và còn nặng về mặt lý thuyết. Việc phối hợp với Cục A67 - Bộ Công an, và các cơ quan liên quan trong công tác huấn luyện nghiệp vụ bảo đảm an ninh hàng hải cho cán bộ an ninh cảng chưa được triển khai thực hiện. Công tác tổ chức diễn tập tình huống an ninh tại cảng hiện nay chủ

yếu là tập trung vào công tác phòng cháy chữa cháy và do chính các đơn vị quản lý, khai thác cảng tổ chức thực hiện; việc diễn tập các tình huống an ninh khác chưa được triển khai.

***Về đầu tư tài chính cho hoạt động bảo đảm an ninh***

Ở Úc, đầu tư cho công tác bảo đảm an ninh hàng hải của các cơ quan quản lý thuộc các Bộ, ngành do Nhà nước chịu trách nhiệm. Kinh phí bảo đảm an ninh cho cảng biển, tàu biển do các doanh nghiệp tự chịu trách nhiệm. Chi phí cho hoạt động an ninh được lấy từ nguồn thu phí bảo đảm an ninh hàng hải và đóng góp của các tổ chức cung cấp dịch vụ hàng hải.

Trong khi đó ở Việt Nam, các đơn vị quản lý và khai thác cảng gặp khó khăn cho đầu tư cơ sở hạ tầng và trang thiết bị kỹ thuật an ninh, bởi chi phí đầu tư rất lớn nhưng không trực tiếp không đem lại lợi nhuận cho doanh nghiệp. Do vậy, các đơn vị này chỉ đầu tư, mua sắm, trang bị những thiết bị kỹ thuật an ninh đơn giản, chi phí thấp. Đối với việc đầu tư cơ sở hạ tầng, trang thiết bị kỹ thuật an ninh cao như hệ thống camera quan sát, hệ thống kiểm tra kiểm soát, nhận dạng người ra vào cổng cảng bằng thẻ từ, thiết bị soi chiếu, ca-nô tuần tra ở vùng nước đều không được trang bị. Bên cạnh đó, các quy định, chính sách về tài chính của Việt Nam cho hoạt động đảm bảo an ninh còn rất thiếu, chưa rõ ràng, gây khó khăn và lúng túng trong quá trình thực hiện. Nhiều chương trình, hoạt động theo kế hoạch để đảm bảo an ninh không được triển khai thực hiện được trong thực tế vì không có nguồn kinh phí và không được hỗ trợ về mặt cơ chế, chính sách. Chế độ lương của các cán bộ an ninh chưa có thang bậc riêng. Tại các doanh nghiệp cảng biển, bậc lương của cán bộ an ninh được áp dụng theo bậc lương bảo vệ, chưa phù hợp với chức năng nhiệm vụ của cán bộ quản lý an ninh trong khu vực cảng biển.

**4. Kết luận**

Bảo đảm an ninh hàng hải là một phần không thể tách rời trong kinh tế và xã hội của Úc bởi ngành hàng hải hỗ trợ cả du lịch, thương mại và kết nối Úc với phần còn lại của thế giới. Úc có cách tiếp cận toàn diện dựa trên nguyên tắc "an ninh sâu", có nghĩa là thiết lập nhiều lớp bảo mật nhằm giảm thiểu cơ hội tấn công của các hiểm họa đe dọa an ninh. Chính phủ Úc quy định về bảo đảm an ninh hàng hải Úc thông qua Đạo luật về an ninh hàng hải và bảo vệ bờ biển năm 2003 (MTOFSA) và Quy định về an ninh hàng hải và cơ sở hạ tầng cảng biển 2003 nhằm đáp ứng các nghĩa vụ trong Chương XI-2 của Công ước Quốc tế về An toàn sinh mạng người trên biển năm 1974 (SOLAS) và Bộ luật quốc tế về An ninh tàu và bến cảng năm 2003 (ISPS). Thực thi hiệu quả các biện pháp bảo đảm an ninh hàng hải của Úc sẽ là bài học kinh nghiệm cho các quốc gia, trong đó có Việt nam trong việc bảo đảm an ninh trước các hiểm họa đe dọa an ninh hàng hải.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] GAMSA, *"Guide to Australian Maritime Security Arrangements*", Australian Border Protection Command, 2013.

[2] Anthony Bergin, *"Future unknown: The terrorist threat to Australian maritime security*", University of Wollongong Australia, 2015.

[3] Australian Maritime Safety Authority, "*MASTREP and Australian Mandatory Reporting"*, 2016 https://www.amsa.gov.au/safety-navigation/navigation-systems/modernised-australian-ship-tracking-and-reporting-system.

Ngày nhận bài: 26/02/2018
Ngày nhận bản sửa: 02/04/2018
Ngày duyệt đăng: 06/04/2018

# ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT BẤT ĐỊNH TRONG DỰ BÁO NHU CẦU HÀNG HÓA: ÁP DỤNG TẠI DOANH NGHIỆP CUNG ỨNG VẬT TƯ THIẾT BỊ HÀNG HẢI

# APPLICATION OF UNCERTAINTY THEORY IN FORECASTING CUSTOMER DEMAND: THE CASE OF MARITIME SPARE PARTS SUPPLYING COMPANY

**NGUYỄN MINH ĐỨC, VŨ LÊ HUY**
*Khoa Kinh tế, Trường ĐHHH Việt Nam*

***Tóm tắt***

*Dự báo nhu cầu hàng hóa luôn luôn là một nhiệm vụ quan trọng đối với chuỗi cung ứng, đặc biệt là tại các doanh nghiệp trực tiếp phân phối sản phẩm đến tay khách hàng do họ là đầu mối thông tin phản hồi lại cho người phân phối cấp cao hơn cũng như người sản xuất. Đối với các doanh nghiệp hoạt động chưa lâu, đây thực sự là thách thức không nhỏ do giới hạn về số liệu lịch sử cũng như số lượng các khách hàng thân thiết với nguồn cầu ổn định. Việc dự báo nhu cầu hàng hóa ảnh hưởng trực tiếp đến việc lập kế hoạch kinh doanh, trong đó có quản trị hàng tồn kho. Bài báo đề xuất ứng dụng của lý thuyết bất định trong dự báo nhu cầu hàng hóa và áp dụng kết quả vào mô hình đặt hàng kinh tế tại một doanh nghiệp cung ứng vật tư thiết bị hàng hải.*

***Từ khóa**: Lý thuyết bất định, dự báo nhu cầu khách hàng, quản trị tồn kho.*

***Abstract***

*Forecasting customer demand is always a critical activity in supply chain management, especially at companies that directly distribute products to customers because those companies are at the end of the supply chain line to provide information to other distributors and manufacturers. This activity is even a higher challenge to new companies due to the shortage of historical data as well as certain demand from loyal customers. Forecasting customer demand directly impacts companies' business planning, such as inventory management. The paper suggests the application of uncertainty theory in forecasting customer demand and its application to economical order model at a maritime spare parts supplying company.*

***Keywords**: Uncertainty theory, forecasting customer demand, inventory management.*

## 1. Đặt vấn đề

Dự báo nhu cầu hàng hóa luôn luôn là một nhiệm vụ quan trọng đối với chuỗi cung ứng, đặc biệt là tại các doanh nghiệp trực tiếp phân phối sản phẩm đến tay khách hàng do họ là đầu mối thông tin phản hồi lại cho người phân phối cấp cao hơn cũng như người sản xuất. Việc dự báo nhu cầu hàng hóa ảnh hưởng trực tiếp đến việc lập kế hoạch kinh doanh, trong đó có quản trị hàng tồn kho. Quản trị hàng tồn kho chiếm một vị trí quan trọng trong thành công của các doanh nghiệp cũng như cho cả chuỗi cung ứng. Thực hiện tốt quản trị hàng tồn kho sẽ giúp các doanh nghiệp tiết kiệm chi phí cũng như tăng mức dịch vụ khách hàng, giảm thiệt hại kinh tế do hết hàng tồn kho hay lãng phí do lượng hàng tồn kho quá lớn. Trên thực tế, việc quản trị hàng tồn kho càng trở nên thách thức do tính bất ổn của dòng thông tin đầu vào như nhu cầu hàng hóa của khách hàng, thời gian vận chuyển trong chuỗi, các loại chi phí liên quan,… (Sethi et al, 2005) Việc xác định chính xác các thông tin đầu vào này sẽ quyết định sự hiệu quả của công tác quản trị hàng tồn kho. Lý thuyết bất định cung cấp một công cụ để xác định và nâng cao mức độ tin cậy của giá trị kỳ vọng của các thông tin đầu vào này. Bài báo, trước hết, sẽ giới thiệu một cách khái quát về lý thuyết bất định và sau đó, đề xuất ứng dụng của lý thuyết này trong dự báo nhu cầu khách hàng và áp dụng nó vào mô hình đặt hàng kinh tế tại một công ty cung ứng vật tư thiết bị hàng hải.

## 2. Ứng dụng lý thuyết bất định trong xác định giá trị kỳ vọng

Nhằm mục đích mô hình hóa những vấn đề không thể xác định được một cách chắc chắn, đã có rất nhiều lý thuyết được phát triển nhưng nổi lên là hai phương pháp toán học: lý thuyết xác suất và lý thuyết bất định. Lý thuyết xác suất đòi hỏi một lượng đủ lớn của mẫu để có thể xác định phân phối xác suất. Tuy nhiên, không phải lúc nào mẫu cũng sẵn có để xác định được hàm mật độ của một biến ngẫu nhiên. Nếu không có đủ số liệu, có thể phải mời chuyên gia để đánh giá mức độ tin cậy của một sự kiện có thể xảy ra. Lý thuyết bất định được giới thiệu bởi giáo sư Liu Baoding lần đầu năm 2007 và được định nghĩa lại vào năm 2010. Theo lý thuyết bất định, một biến bất định là một hàm đo lường $\xi$ từ một không gian bất định $(\Gamma, \mathcal{L}, \mathcal{M})$ đối với một tập các số thực, với $\{\xi \in B\}$ là

một sự kiện đối với bất kỳ một tập hợp B nào. Phân phối bất định của một biến bất định ξ được xác định bởi $\Phi(x) = \mathcal{M}\{\xi \le x\}$ với bất kỳ số thực nào (Liu, 2015). Một biến bất định tuyến tính có phân phối bất định như sau:

$$\Phi(x) = \begin{cases} 0, \ với\ x < a \\ (x-a)/(b-a), \ với\ a \le x < b \\ 1, \ với\ x \ge b \end{cases} \quad (1)$$

Với a và b là số thực, (a < b).

Một hàm $\Phi: \mathcal{R} \longrightarrow [0,1]$ là một phân phối bất định khi và chỉ khi nó là một hàm tăng dần ngoại trừ khi $\Phi(x) \equiv 0$ và $\Phi(x) \equiv 1$.

Do không thể xác định chính xác biến bất định ξ, nên thay vào đó, ta sẽ xác định giá trị kỳ vọng của biến ξ. Đối với một phân phối bất định thực nghiệm được Liu (2015) đề xuất như sau:

$$\Phi(x) = \begin{cases} 0 & \text{với } x < x1 \\ \alpha_i + \dfrac{(\alpha_{i+1} - \alpha_i)(x - x_i)}{x_{i+1} - x_i} & \text{với } x_i \le x \le x_{i+1}, 1 \le i \le n \\ 1 & \text{với } x > x_n \end{cases} \quad (2)$$

Giá trị kỳ vọng của biến ξ sẽ được xác định theo công thức:

$$E[\xi] = \frac{\alpha_1+\alpha_2}{2}x_1 + \sum_{i=2}^{n-1}\frac{\alpha_{i+1}-\alpha_{i-1}}{2}x_i + \left(1 - \frac{\alpha_{n-1}+\alpha_n}{2}\right)x_n \quad (3)$$

Trong đó, $\alpha_1$, $\alpha_2$ , .. $\alpha_n$ lần lượt là mức độ tin cậy của sự kiện giá trị khảo sát nhỏ hơn $x_1$, $x_2$, … $x_n$ và x được sắp xếp theo thứ tự từ bé đến lớn.

Trên cơ sở lý thuyết bất định, ta có thể xác định giá trị kỳ vọng của biến ξ thông qua bộ câu hỏi cho chuyên gia để xác định bộ giá trị ($x_1$, $\alpha_1$), ($x_2$, $\alpha_2$)… ($x_n$, $\alpha_n$) như sau:

(i) Giá trị lớn nhất có thể của biến ξ là bao nhiêu?

(ii) Giá trị nhỏ nhất có thể của biến ξ là bao nhiêu?

(iii) Giá trị của biến ξ có thể là bao nhiêu? Và mức độ tin cậy của việc giá trị thức tế sẽ nhỏ hơn giá trị kỳ vọng này?

Câu hỏi thứ (i) có thể lặp lại nhiều lần cho đến khi chuyên gia ngừng đưa ra đáp án. Giá trị kỳ vọng $E[\xi]$ của tất cả chuyên gia tham gia khảo sát sẽ được lấy trung bình để rút ra kết quả kỳ vọng cuối cùng.

**3. Ứng dụng lý thuyết bất định trong dự báo nhu cầu khách hàng và áp dụng để tính toán lượng đặt hàng kinh tế tại công ty cung ứng vật tư thiết bị hàng hải**

Trong mô hình đặt hàng kinh tế EOQ (Economic Order Quantity) (Bowersox, Closs & Cooper 2002), lượng đặt hàng tối ưu được xác định theo công thức:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DK}{h}} \quad (4)$$

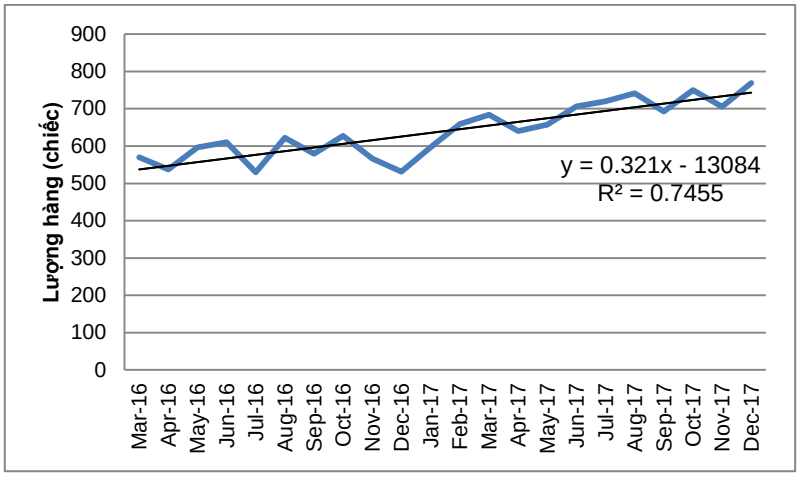
Trong đó: D là nhu cầu về hàng hóa, K là chi phí đặt hàng, h là chi phí tồn trữ một đơn vị hàng hóa

Tuy nhiên, trong thực tế, việc dự báo nhu cầu về hàng hóa luôn là thách thức đối với tất cả những nhà quản lý, đặc biệt là tại các doanh nghiệp hoạt động chưa lâu do hạn chế về lượng thông tin để có thể áp dụng các phương pháp dự báo truyền thống. Công ty TNHH Dịch vụ Hàng hải Hoàng Minh là một công ty thành lập năm 2016 chuyên cung ứng các vật tư thiết bị hàng hải cho các đội tàu biển trên khu vực Hải Phòng. Một trong những sản phẩm được cung ứng với số lượng lớn và liên tục là bóng đèn chiếu sáng lắp đặt trên tàu. Một nhiệm vụ quan trọng của công ty là dự báo nhu cầu lượng bóng đèn và từ đó lập kế hoạch mua hàng để tiết kiệm chi phí tồn trữ. Tuy nhiên, do thời gian hoạt động chưa lâu, nên công ty luôn gặp khó khăn trong việc xác định lượng cầu một cách tin cậy. Lý thuyết bất định, do đó, phù hợp để áp dụng trong trường hợp này.

Do giá trị của D là không xác định được trực tiếp một cách chính xác, nên ta sẽ phải xác đing lượng đặt hàng tối ưu thông qua giá trị kỳ vọng $E[D]$. Lúc này, công thức xác định lượng đặt hàng tối ưu sẽ là:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2E[D]K}{h}} \quad (5)$$

Nhu cầu về sản phẩm bóng đèn chiếu sáng lắp đặt trên tàu biển tại công ty theo từng tháng từ ngày thành lập được thể hiện trong Hình 1. Bằng cách áp dụng hồi quy tuyến tính, ta có thể xác định hàm xu thế tuyến tính và dự báo tuyến tính nhu cầu hàng hóa trong năm 2018.




*(Nguồn: thống kê từ doanh nghiệp)*

***Hình 1. Nhu cầu sản phẩm và hàm xu thế tuyến tính***

Nhu cầu khách hàng trong năm 2018 dựa trên dự báo tuyến tính là 9.680 sản phẩm. Mặc dù kết quả dự báo này có độ tin cậy thấp, nhưng nó vẫn là một thông số tham khảo để tiếp tục áp dụng lý thuyết bất định trong khảo sát ý kiến chuyên gia. Các chuyên gia, trong trường hợp này là giám đốc và nhân viên mua hàng, nhân viên phân phối. Họ sẽ độc lập trả lời các câu hỏi về giá trị kỳ vọng của nhu cầu khách hàng, trên cơ sở đã biết nhu cầu thực tế của khách hàng trong lịch sử và kết quả dự báo tuyến tính:

Kết quả khảo sát được tổng hợp như sau:

Chuyên gia 1: (8000, 0), (9000, 0,5), (9680, 0,7), (12000, 1);

Chuyên gia 2: (7000, 0), (8000, 0,5), (9680, 0,9), (10000, 1);

Chuyên gia 3: (8000, 0), (9680, 0,5), (11000, 0,8), (12000, 1).

Áp dụng công thức (3) ta có kết quả nhu cầu khách kỳ vọng của các chuyên gia lần lượt là: 10570, 10270 và 11622. Lấy trung bình các kết quả kỳ vọng của các chuyên gia, ta có nhu cầu khách hàng kỳ vọng trong năm 2018 là $\mathrm{E[D]} = 10820$.

Với thống kê từ bộ phận tài chính, chi phí đặt hàng là 2 triệu đồng cho một đơn đặt hàng và chi phí tồn trữ bình quân một đơn vị sản phẩm là 5000 đồng. Áp dụng công thức (5), lượng đặt hàng tối ưu đối với công ty sẽ là:

EOQ = 2942 (sản phẩm/đơn hàng)

**4. Kết luận**

Có thể thấy đối với trường hợp Công ty TNHH Dịch vụ Hàng hải Hoàng Minh, là Công ty Cung ứng vật tư thiết bị hàng hải, nhu cầu khách hàng về sản phẩm bóng đèn trên tàu biển được nâng cao độ tin cậy của dự báo thông qua ứng dụng của lý thuyết bất định khi cơ sở dữ liệu không đủ để thực hiện các dự báo truyền thống. Việc sử dụng ý kiến nhiều chuyên gia cũng giúp hạn chế tính chủ quan của một chuyên gia đơn lẻ. Kế hoạch về lượng đặt hàng kinh tế, do đó, sẽ có mức độ tin cậy cao hơn. Rõ ràng, nếu chỉ sử dụng kết quả dự báo tuyến tính, sẽ có nhiều khả năng lượng hàng nhập về không đáp ứng đủ nhu cầu khách hàng và doanh nghiệp sẽ có thể mất thêm chi phí để đặt hàng bổ sung.

Quản trị hàng tồn kho là một nhiệm vụ quan trọng trong quản trị chuỗi cung ứng nhằm mục đích nâng cao chất lượng dịch vụ khách hàng, tránh tình trạng hết hàng và giảm chi phí tồn trữ cho doanh nghiệp cũng như toàn chuôi cung ứng. Việc lập kế hoạch tồn kho, do đó, chiếm một vị trí vô cùng quan trọng, tuy nhiên, lại là một thách thức không nhỏ cho các nhà quản lý, đặc biệt khi các giá trị đầu vào của các mô hình quản lý tồn kho như nhu cầu hàng hóa biến động và khó xác định một cách chắc chắn. Lý thuyết bất định được xây dựng để xác định giá trị kỳ vọng của một biến số dựa trên mức độ tin cậy của các sự kiện có thể xảy đến với biến số đó. Lý thuyết bất định do đó, có thể đóng vai trò cầu nối giữa các phương pháp toán học dự báo đơn thuần và phương pháp chuyên gia để nâng cao độ tin cậy cho giá trị kỳ vọng của biến số. Trên thực tế, thông tin về các thông số kinh tế thường mang tính bất định, và do đó, ứng dụng của lý thuyết bất định trong dự báo nhu cầu khách hàng và áp dụng trong quản trị hàng tồn kho chỉ là một trong phạm vi rất rộng các ứng dụng của lý thuyết này.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] Sethi, Suresh P; Yan, Houmin; Zhang, Hanqin; *Inventory and supply chain management with forecast updates*, Springer, 2005.
[2] Liu, Baoding, *Uncertainty Theory 5th edition*, Springer-Verlag Berlin, 2015.
[3] Donald J. Bowersox, David J. Closs, M. Bixby Cooper, *Supply Chain Logistics Management International edition*, McGraw-Hill Higher Education, 2002.

Ngày nhận bài: 14/03/2018
Ngày nhận bản sửa: 02/04/2018
Ngày duyệt đăng: 09/04/2018

## THỂ LỆ VIẾT BÀI GỬI ĐĂNG
## TẠP CHÍ KHOA HỌC CÔNG NGHỆ HÀNG HẢI

1. Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải" đăng các thông tin, phổ biến các định hướng nghiên cứu khoa học và đào tạo của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, công bố và phổ biến kết quả các công trình nghiên cứu khoa học và chuyển giao công nghệ thuộc các chuyên ngành đào tạo của Nhà trường, phục vụ các lĩnh vực thuộc ngành Hàng hải mà các thông tin này chưa đăng trên bất kỳ một ấn phẩm nào.

2. Quy định về hình thức trình bày một bài báo gửi đăng trên Tạp chí:

Bài gửi đăng trên Tạp chí phải đánh máy vi tính theo font Unicode (Arial), cỡ chữ 10, in 1 bản gốc dài không quá 5 trang (khổ giấy $A_4$ 21 x 29,7cm; Lề trái: 3cm; Lề phải: 2,5cm; Trên: 2,7cm; Dưới: 3,3cm) kèm 1 file bài viết gửi qua Email.

+ Tên bài báo viết bằng tiếng Việt và tiếng Anh (Arial in hoa, đậm cỡ chữ 12);

+ Họ và tên tác giả (Arial in hoa, đậm cỡ chữ 10);

+ Tên đơn vị (Arial thường, nghiêng cỡ chữ 10);

+ Bài báo cần có đầy đủ tóm tắt, từ khóa, tóm tắt nội dung bài báo bằng tiếng Việt và tiếng Anh khoảng 100 đến 200 từ phải nêu được nội dung chính, đóng góp mới của công trình (Arial thường, nghiêng cỡ chữ 10);

+ Nội dung bài báo cần có hành văn rõ ràng, súc tích, cách dùng thuật ngữ khoa học và đơn vị đo lường hợp pháp do Nhà nước ban hành hoặc đã dùng thống nhất trong chuyên môn hẹp và cần phải được phân rõ phần, mục, tiểu mục có đánh số thứ tự;

+ Công thức được viết theo Equation Editor, viết rõ theo kí hiệu thông dụng và đánh số thứ tự công thức về phía bên phải. Hình và ảnh minh họa là hình đen trắng, rõ nét và cần được chú thích đầy đủ (font in thường, đậm, nghiêng cỡ chữ 9);

+ Danh mục tài liệu tham khảo được đặt ngay sau phần kết luận của bài báo được ghi theo trình tự: thứ tự tài liệu trong [ ]; Với tài liệu tham khảo là sách thì tên tác giả chữ thường, tên sách chữ nghiêng, nhà xuất bản, năm xuất bản; Với tài liệu tham khảo là Tạp chí thì tên tác giả chữ thường, tên bài chữ nghiêng, tên tạp chí, số tạp chí, năm xuất bản.

+ Bản thảo bài báo không đánh số trang.

3. Bài gửi đăng cần được viết cẩn thận, đúng văn phạm (đặc biệt là tiếng Anh), đánh máy rõ ràng và có ý kiến cho phép công bố của đơn vị chủ quản trực tiếp. Bài báo gửi đăng sẽ được ít nhất 02 phản biện của bài báo đọc, góp ý sửa chữa và cho ý kiến có thể công bố trên Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải".

4. Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải" chỉ đăng các bài đáp ứng các yêu cầu trên. Bài không đăng không trả lại bản thảo cho người gửi.

5. Tác giả có bài được đăng trên Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải" được biếu 01 cuốn Tạp chí đăng bài đó và được hưởng mọi quyền lợi theo qui định.

**Thư góp ý kiến và bài gửi đăng xin gửi theo địa chỉ:**

***Tòa soạn Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải"***

***Phòng KH-CN - Trường Đại học Hàng hải VN, 484 Lạch Tray - Lê Chân - Hải Phòng***

***Tel: 0225.3 829111; Email: jmst@vimaru.edu.vn***

---

***Ghi chú:*** ***Theo Thông báo số 28/HĐCDGSNN, ký ngày 7/6/2006 của Hội đồng Chức danh Giáo sư Nhà nước có quy định những bài báo đăng trên Tạp chí "Khoa học Công nghệ Hàng hải" của Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, được tính từ 0 đến 0,75 điểm công trình khoa học quy đổi khi xét công nhận các chức danh GS, PGS.***

*In 300 cuốn tại Xưởng In Nhà xuất bản Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam*
*In xong và nộp lưu chiểu tháng 4 năm 2018*