

## TỔNG BIÊN TẬP

**PGS. TS. Trần Đức Quý**

## PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

**PGS. TS. Phạm Văn Đông**

## HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Chủ tịch hội đồng

**PGS. TS. Trần Đức Quý**

GS. TS. Đặng Quang Á  
PGS. TS. Phạm Văn Bổng  
GS. TS. Trần Thọ Đạt  
PGS. TS. Vũ Quý Đặc  
GS. TS. Trần Văn Dịch  
TS. Hoàng Văn Điện  
GS. TSKH. Bành Tiến Long  
VS. GS. TSKH. Trần Đình Long  
GS. TS. Đặng Thị Loan  
PGS. TS. Nguyễn Thị Hồng Nga  
PGS. TS. Lê Hồng Quân  
GS. TSKH. Nguyễn Xuân Quỳnh  
PGS. TS. Vũ Minh Tân  
GS. TS. Vũ Đức Thi  
GS. TS. Nguyễn Thanh Thủy  
PGS. TS. Phan Đăng Tuất  
GS. TSKH. Đặng Ứng Vận  
PGS. TS. Thái Quang Vinh

## BAN BIÊN TẬP

Phạm Văn Đông - Trưởng ban  
Đặng Văn Bính  
Nguyễn Thị Hằng  
Dư Đình Viên  
Đỗ Huyền Cư

## TÒA SOẠN

Tầng 3, Nhà A1, Khu A,  
Đại học Công nghiệp Hà Nội,  
Số 298 Đường Cầu Diễn, P. Minh Khai  
Quận Bắc Từ Liêm, TP. Hà Nội  
ĐT: 024 37655121 (8251)  
Fax: 024 37655261  
Website: hanoi.edu.vn  
E-mail: tapchikhcn@hanoi.edu.vn

## GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Giấy phép xuất bản số 1608/GP-BTTTT  
ngày 13/11/2009  
ISSN 1859-3585  
In tại Công ty Cổ phần Khoa học  
và Công nghệ Hoàng Quốc Việt

Giá: 60.000đ

## KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ

- Cải thiện hiệu năng mạng chuyển mạch gói toàn quang đa chặng sử dụng phương pháp xử lý mào đầu điều chế vị trí xung sửa đổi **3** Cao Hồng Sơn
  - Giảm can nhiễu giữa các sóng mang con trong hệ thống MIMO-OFDM bằng cân bằng mù miền tần số kết hợp với phương pháp lặp **8** Nguyễn Kim Quang
  - Nhận dạng tròng mắt sử dụng biến đổi nhanh Curvelet rời rạc kết hợp các thuật toán PCA và SVD **15** Nguyễn Nam Phúc, Nguyễn Quốc Trung, Trần Hữu Toàn
  - Nghiên cứu tích hợp mạng cảm biến không dây dựa trên công nghệ Zigbee **19** Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Ngọc Linh
  - Truyền âm dưới nước trong vịnh bắc bộ dùng xấp xỉ parabolic **24** Trần Cao Quyền
  - Áp dụng công thức véc tơ cường độ từ trường H để liên kết các trường cục bộ với mạch điện ngoài bằng phương pháp bài toán nhỏ **27** Đặng Quốc Vương
  - Đánh giá hiệu quả của thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch bằng vật liệu siêu dẫn kiểu điện trở (R\_SFCL) trong hệ thống điện phân phối có kết nối với nguồn phân tán **31** Nguyễn Chí Hùng, Nguyễn Hữu Phúc, Nguyễn Tùng Linh, Ngô Đình Thành
  - Logic mờ điều khiển đồng tốc động cơ không đồng bộ ba pha **38** Nguyễn Thị Hiền
  - Một phương pháp giải tích tính toán khả năng tải của cáp ngầm cao thế trong các điều kiện lắp đặt khác nhau **43** Trần Anh Tùng
  - Nghiên cứu biến tần 4Q Sinamics S120 cho động cơ xoay chiều không đồng bộ ba pha **47** Mai Văn Duy
  - Ứng dụng phương pháp dòng quang điện cảm ứng để nghiên cứu đi-ốt bán dẫn công suất **51** Nguyễn Duy Minh
  - Mô phỏng hệ nghịch lưu - động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu sử dụng cảm biến đo góc resolver bằng PSIM **55** Phạm Thị Thùy Linh
  - Nghiên cứu phương pháp điều khiển dự báo Smith để nâng cao chất lượng quá trình trao đổi nhiệt trong dây chuyền sản xuất bia **60** Nguyễn Đức Dương
  - Xây dựng hệ thống điều khiển và giám sát Scada cho dây chuyền sản xuất qua mạng internet trên cơ sở PLC S7-1200 **66** Nguyễn Đức Diễn, Trần Ngọc Sơn, Nguyễn Cao Cường
  - Nguyên lý hoạt động, lắp đặt và xác định thực nghiệm các thông số kỹ thuật nguồn ion PIG trong máy gia tốc Cyclotron Kotron 13 **71** Nguyễn Tiến Dũng, Nguyễn Tuấn Anh, Phạm Minh Đức
  - Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt (S,t) đến độ nhám sườn răng khi cắt bánh răng côn cong hệ Gleason bằng đầu dao hợp kim cứng **76** Hoàng Xuân Thịnh, Phạm Văn Đông, Trần Vệ Quốc, Nguyễn Huy Kiên
  - Nghiên cứu ảnh hưởng của dao động tác động đến cánh tay người **81** Nguyễn Hữu Đình, Chu Khắc Trung
  - Tối ưu hóa đa mục tiêu quá trình phay khô thép SKD61 để giảm công suất cắt và độ nhám bề mặt **85** Nguyễn Trung Thành, Nguyễn Tuấn Nhật
  - Ảnh hưởng của một số thông số làm việc đến quá trình khoan của khoan xoay đập **91** Lưu Minh Hùng, Lê Trọng Cường, Bùi Văn Hải
  - Nghiên cứu các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng và môi trường động cơ Diesel 6D16T khi thay đổi tỷ lệ khí LPG **94** Nguyễn Văn Tuấn
  - Nghiên cứu thiết kế bộ tự động giảm nhiệt độ trong xe ô tô khi đỗ xe ngoài trời nắng **98** Nguyễn Tiến Hán, Nguyễn Xuân Khoa, Chu Đức Hùng
  - Ảnh hưởng của thông số cấu trúc tới tính giãn của vải bông dệt thoi **102** Nguyễn Thị Lệ
  - Ảnh hưởng của nhựa thải y tế đến đặc tính kỹ thuật của Bitum **107** Đặng Hữu Trung, Nguyễn Quang Tùng, Nguyễn Thế Hữu, Trịnh Thị Hải, Nguyễn Minh Việt
  - Đánh giá khả năng ô nhiễm kim loại nặng (Pb, Cu) trong nước rỉ từ bùn thải nạo vét tại sông Kim Ngưu, Hà Nội **111** Đỗ Thị Cẩm Vân, Cù Thị Thúy Hà
  - Nghiên cứu chế tạo màng sợi nano Chitosan/Poly Vinyl Alcohol ứng dụng loại bỏ kim loại nặng trong nước **115** Nguyễn Thị Thu Thủy, Nguyễn Thị Phương Thu
- ## KINH TẾ - XÃ HỘI
- Các yếu tố ảnh hưởng đến ý định khởi nghiệp của nữ sinh viên ngành quản trị kinh doanh trên địa bàn Hà Nội **120** Nguyễn Phương Mai, Lưu Thị Minh Ngọc, Trần Hoàng Dũng,
  - Các yếu tố ảnh hưởng đến việc giữ chân nhân viên thông qua mức độ hài lòng trong công việc: Nghiên cứu đối tượng nhân viên khối văn phòng tại thành phố Hồ Chí Minh **129** Bùi Nguyễn Bảo Khuê, Hồ Nhựt Quang
  - Các yếu tố tác động đến quyết định mua hàng của người tiêu dùng trong mua sắm trên mạng xã hội - Tầm quan trọng của truyền miệng đối với thị trường thực phẩm chức năng: Nghiên cứu tại thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam **137** Lê Võ Liễu Hoàng, Hồ Nhựt Quang
  - Sự hài lòng của khách hàng doanh nghiệp vừa và nhỏ với dịch vụ tín dụng của các ngân hàng thương mại: Nghiên cứu tại tỉnh Thái Nguyên **144** Ngô Thúy Hà

## EDITOR-IN-CHIEF

Ass. Prof. PhD. Tran Duc Quy

## DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Ass. Prof. PhD. Pham Van Dong

## EDITOR BOARD

### CHAIRMAN

Ass. Prof. PhD. Tran Duc Quy

Prof. PhD. Dang Quang A

Ass. Prof. PhD. Pham Van Bong

Prof. PhD. Tran Tho Dat

Ass. Prof. PhD. Vu Quy Duc

Prof. PhD. Tran Van Dich

PhD. Hoang Van Dien

Prof. Dr. Sc. Banh Tien Long

Acad. Prof. Dr. Sc. Tran Dinh Long

Prof. PhD. Dang Thi Loan

Ass. Prof. PhD. Nguyen Thi Hong Nga

Ass. Prof. PhD. Le Hong Quan

Prof. Dr. Sc. Nguyen Xuan Quynh

Ass. Prof. PhD. Vu Minh Tan

Prof. PhD. Vu Duc Thi

Prof. PhD. Nguyen Thanh Thuy

Ass. Prof. PhD. Phan Dang Tuat

Prof. Dr. Sc. Dang Ung Van

Ass. Prof. PhD. Thai Quang Vinh

## EDITORS

Pham Van Dong - Head

Dang Van Binh

Nguyen Thi Hang

Du Dinh Vien

Do Huyen Cu

## EDITORIAL OFFICE

3<sup>rd</sup> Floor, A1 Building, Block A,  
Hanoi University of Industry,  
No. 298 Cau Dien Road, Minh Khai,  
Bac Tu Liem Dist., Hanoi,  
Vietnam

Tel: 024 37655121 (8251)

Fax: 024 37655261

Website: [hau.edu.vn](http://hau.edu.vn)

E-mail: [tapchikhcn@hau.edu.vn](mailto:tapchikhcn@hau.edu.vn)

## PUBLICATION LICENSE

No. 1608/GP-BTTTT (13/11/2009)

ISSN 1859-3585

## SCIENCE - TECHNOLOGY

- Improving Theperformance of Multi-hop All-Optical Packet - Switching Using A Modified Pulse Position Modulation Header Processing Method 3 Cao Hong Son
- ICI Cancellation in MIMO-OFDM System by Frequency Blind Equalizer and Repetation Technique 8 Nguyen Kim Quang
- Combination of PCA and SVD with Discrete Curvelet Algorithm in Iris Recognition 15 Nguyen Nam Phuc, Nguyen Quoc Trung, Tran Huu Toan
- Research on Integrating Sensors Network Based on Zigbee Technology 19 Nguyen Van Hung, Nguyen Ngoc Linh
- Underwater Sound Propagation in Tonkin Gulf Using Parabolic Approximation 24 Tran Cao Quyen
- Application of H-Formulations for Coupling of Local Fields and External Circuits via a Subproblem Approach 27 Dang Quoc Vuong
- Assessment of the Effectiveness of Resistor Type Superconducting Fault Current Limiter (R\_SFCL) in a Distribution System with Dispersed Generators 31 Nguyen Chi Hung, Nguyen Huu Phuc, Nguyen Tung Linh, Ngo Dinh Thanh
- Fuzzy Logic-Based Speed Controller in Multi Three-Phase Induction Motor 38 Nguyen Thi Hien
- An Analytical Method for Calculating Current-Carrying Capacityof High Voltage Underground Cable in Different Installation Conditions 43 Tran Anh Tung
- A Study of 4Q Sinamics S120 Inverter Used for Three - Phase Asynchronous AC Motor 47 Mai Van Duy
- Applying Optical Beam-Induced Current in the Characterization of Semiconductor Power Diodes 51 Nguyen Duy Minh
- Simulation of Inverter- Permanent Magnet Synchronous Motor System Using Resolver Sensor by PSIM 55 Pham Thi Thuy Linh
- Applying Smith Predictor Control Method to Improve the Performance of the Heat Transfer Process in Beer Production Line 60 Nguyen Duc Duong
- Building Up A Supervised and Controlled Scada System for Production Line Through Internet Based on PLC S7-1200 66 Nguyen Duc Dien, Tran Ngoc Son, Nguyen Cao Cuong
- The Principles of Operation, Installation and determination of Technical Parameters of Internal PIG Ion Source in Kotron-13Cyclotron 71 Nguyen Tien Dung, Nguyen Tuan Anh, Pham Minh Duc
- Study on Influence of Cutting Parameters (S, t) on Surface Roughness of Tooth Flank when Machining Gleason-Curved Toothed Teeth Using Carbide-Tipped Tool 76 Hoang Xuan Thinh, Pham Van Dong, Tran Ve Quoc, Nguyen Huy Kien
- A Study on the Effects of Vibration on Human Hand-Arm 81 Nguyen Huu Dinh, Chu Khac Trung
- Multi-Responses Optimization of Dry Milling of SKD61 for Low Cutting Power and Surface Roughness 85 Nguyen Trung Thanh, Nguyen Tuan Nhat
- Effects of Some Working Parameters on Drilling Process of the Rotary Percussive Drilling 91 Luu Minh Hung, Le Trong Cuong, Bui Van Hai
- Studying Economic, Energy and Environmental Indicators of the Diesel Engine 6D16T when Changing LPG Ratio 94 Nguyen Van Tuan
- A Study and Design of An Automatic Temperature Reducer for Cars Parking in the Sunlight 98 Nguyen Tien Han, Nguyen Xuan Khoa, Chu Duc Hung
- Effect of Structure Parameters on Woven Cotton Fabric Tensile 102 Nguyen Thi Le
- Effect of Medical Waste Plastic on the Technical Characteristics of Bitumen 107 Dang Huu Trung, Nguyen Quang Tung, Nguyen The Huu, Trinh Thi Hai, Nguyen Minh Viet
- Evaluation of Heavy Metals (Pb, Cu) Pollution in Leaching Water from Discharged Sludge of Kim Nguu River, Hanoi 111 Do Thi Cam Van, Cu Thi Thuy Ha
- Study on Fabrication of Chitosan/Poly (Vinyl Alcohol) Nanofiber Mats for Heavy Metal Ion Removal in Water 115 Nguyen Thi Thu Thuy, Nguyen Thi Phuong Thu

## ECONOMICS - SOCIETY

- Factors Affecting the Intention of Starting a Business of Female Students Majoring in Business Administration in Hanoi 120 Nguyen Phuong Mai, Luu Thi Minh Ngoc, Tran Hoang Dung,
- Factors Influencing Employee Retention through the Mediator Job Satisfaction: A Study of Office Staffs in Ho Chi Minh City 129 Bui Nguyen Bao Khue, Ho Nhut Quang
- Factors Impact Consumers' Buying Decision in Social Network Online Purchase - The Significance of Word-of-Mouth in Functional Foods Market: A Study in Ho Chi Minh City, Vietnam 137 Le Vo Lieu Hoang, Ho Nhut Quang
- Small and medium enterprises' satisfaction with credit services of commercial Bank: An Empirical study at Thai Nguyen city 144 Ngo Thuy Ha

## EDITOR-IN-CHIEF

Ass. Prof. PhD. Tran Duc Quy

## DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Ass. Prof. PhD. Pham Van Dong

## EDITOR BOARD

### CHAIRMAN

Ass. Prof. PhD. Tran Duc Quy

Prof. PhD. Dang Quang A

Ass. Prof. PhD. Pham Van Bong

Prof. PhD. Tran Tho Dat

Ass. Prof. PhD. Vu Quy Duc

Prof. PhD. Tran Van Dich

PhD. Hoang Van Dien

Prof. Dr. Sc. Banh Tien Long

Acad. Prof. Dr. Sc. Tran Dinh Long

Prof. PhD. Dang Thi Loan

Ass. Prof. PhD. Nguyen Thi Hong Nga

Ass. Prof. PhD. Le Hong Quan

Prof. Dr. Sc. Nguyen Xuan Quynh

Ass. Prof. PhD. Vu Minh Tan

Prof. PhD. Vu Duc Thi

Prof. PhD. Nguyen Thanh Thuy

Ass. Prof. PhD. Phan Dang Tuat

Prof. Dr. Sc. Dang Ung Van

Ass. Prof. PhD. Thai Quang Vinh

## EDITORS

Pham Van Dong - Head

Dang Van Binh

Nguyen Thi Hang

Du Dinh Vien

Do Huyen Cu

## EDITORIAL OFFICE

3<sup>rd</sup> Floor, A1 Building, Block A,  
Hanoi University of Industry,  
No. 298 Cau Dien Road, Minh Khai,  
Bac Tu Liem Dist., Hanoi,  
Vietnam

Tel: 024 37655121 (8251)

Fax: 024 37655261

Website: [hau.edu.vn](http://hau.edu.vn)

E-mail: [tapchikhcn@hau.edu.vn](mailto:tapchikhcn@hau.edu.vn)

## PUBLICATION LICENSE

No. 1608/GP-BTTTT (13/11/2009)

ISSN 1859-3585

## SCIENCE - TECHNOLOGY

- Improving Theperformance of Multi-hop All-Optical Packet - Switching Using A Modified Pulse Position Modulation Header Processing Method 3 Cao Hong Son
- ICI Cancellation in MIMO-OFDM System by Frequency Blind Equalizer and Repetation Technique 8 Nguyen Kim Quang
- Combination of PCA and SVD with Discrete Curvelet Algorithm in Iris Recognition 15 Nguyen Nam Phuc, Nguyen Quoc Trung, Tran Huu Toan
- Research on Integrating Sensors Network Based on Zigbee Technology 19 Nguyen Van Hung, Nguyen Ngoc Linh
- Underwater Sound Propagation in Tonkin Gulf Using Parabolic Approximation 24 Tran Cao Quyen
- Application of H-Formulations for Coupling of Local Fields and External Circuits via a Subproblem Approach 27 Dang Quoc Vuong
- Assessment of the Effectiveness of Resistor Type Superconducting Fault Current Limiter (R\_SFCL) in a Distribution System with Dispersed Generators 31 Nguyen Chi Hung, Nguyen Huu Phuc, Nguyen Tung Linh, Ngo Dinh Thanh
- Fuzzy Logic-Based Speed Controller in Multi Three-Phase Induction Motor 38 Nguyen Thi Hien
- An Analytical Method for Calculating Current-Carrying Capacityof High Voltage Underground Cable in Different Installation Conditions 43 Tran Anh Tung
- A Study of 4Q Sinamics S120 Inverter Used for Three - Phase Asynchronous AC Motor 47 Mai Van Duy
- Applying Optical Beam-Induced Current in the Characterization of Semiconductor Power Diodes 51 Nguyen Duy Minh
- Simulation of Inverter- Permanent Magnet Synchronous Motor System Using Resolver Sensor by PSIM 55 Pham Thi Thuy Linh
- Applying Smith Predictor Control Method to Improve the Performance of the Heat Transfer Process in Beer Production Line 60 Nguyen Duc Duong
- Building Up A Supervised and Controlled Scada System for Production Line Through Internet Based on PLC S7-1200 66 Nguyen Duc Dien, Tran Ngoc Son, Nguyen Cao Cuong
- The Principles of Operation, Installation and determination of Technical Parameters of Internal PIG Ion Source in Kotron-13Cyclotron 71 Nguyen Tien Dung, Nguyen Tuan Anh, Pham Minh Duc
- Study on Influence of Cutting Parameters (S, t) on Surface Roughness of Tooth Flank when Machining Gleason-Curved Toothed Teeth Using Carbide-Tipped Tool 76 Hoang Xuan Thinh, Pham Van Dong, Tran Ve Quoc, Nguyen Huy Kien
- A Study on the Effects of Vibration on Human Hand-Arm 81 Nguyen Huu Dinh, Chu Khac Trung
- Multi-Responses Optimization of Dry Milling of SKD61 for Low Cutting Power and Surface Roughness 85 Nguyen Trung Thanh, Nguyen Tuan Nhat
- Effects of Some Working Parameters on Drilling Process of the Rotary Percussive Drilling 91 Luu Minh Hung, Le Trong Cuong, Bui Van Hai
- Studying Economic, Energy and Environmental Indicators of the Diesel Engine 6D16T when Changing LPG Ratio 94 Nguyen Van Tuan
- A Study and Design of An Automatic Temperature Reducer for Cars Parking in the Sunlight 98 Nguyen Tien Han, Nguyen Xuan Khoa, Chu Duc Hung
- Effect of Structure Parameters on Woven Cotton Fabric Tensile 102 Nguyen Thi Le
- Effect of Medical Waste Plastic on the Technical Characteristics of Bitumen 107 Dang Huu Trung, Nguyen Quang Tung, Nguyen The Huu, Trinh Thi Hai, Nguyen Minh Viet
- Evaluation of Heavy Metals (Pb, Cu) Pollution in Leaching Water from Discharged Sludge of Kim Nguu River, Hanoi 111 Do Thi Cam Van, Cu Thi Thuy Ha
- Study on Fabrication of Chitosan/Poly (Vinyl Alcohol) Nanofiber Mats for Heavy Metal Ion Removal in Water 115 Nguyen Thi Thu Thuy, Nguyen Thi Phuong Thu

## ECONOMICS - SOCIETY

- Factors Affecting the Intention of Starting a Business of Female Students Majoring in Business Administration in Hanoi 120 Nguyen Phuong Mai, Luu Thi Minh Ngoc, Tran Hoang Dung,
- Factors Influencing Employee Retention through the Mediator Job Satisfaction: A Study of Office Staffs in Ho Chi Minh City 129 Bui Nguyen Bao Khue, Ho Nhut Quang
- Factors Impact Consumers' Buying Decision in Social Network Online Purchase - The Significance of Word-of-Mouth in Functional Foods Market: A Study in Ho Chi Minh City, Vietnam 137 Le Vo Lieu Hoang, Ho Nhut Quang
- Small and medium enterprises' satisfaction with credit services of commercial Bank: An Empirical study at Thai Nguyen city 144 Ngo Thuy Ha

# UNDERWATER SOUND PROPAGATION IN TONKIN GULF USING PARABOLIC APPROXIMATION

TRUYỀN ÂM DƯỚI NƯỚC TRONG VỊNH BẮC BỘ DÙNG XẤP XỈ PARABOLIC

Trần Cao Quyền

## ABSTRACT

The advanced technologies of SONAR (ranging or localization for instance) have to solve the problem of underwater propagation in an ocean waveguide. Among underwater sound transmission models such as ray, normal mode and parabolic approximation (PA), the last one has more potential. The positives of PA are not only in the modeling aspect of its model but also in the capability of its practical application since unequally divided layers and range dependence are taken into account. This paper investigates the possibility of the modeling of Tonkin gulf using PA. The model is converged and the results of transmission loss factor in range proved the effectiveness of the model.

**Keywords:** SONAR, Parabolic, Elliptic, Split-step Fourier, Tonkin.

## TÓM TẮT

Các kỹ thuật tiên tiến của SONAR (ví dụ như đo xa, định vị) phải giải bài toán truyền âm trong ống dẫn sóng đại dương. Trong số các mô hình truyền âm như tia, mode chuẩn và xấp xỉ parabolic thì cái cuối cùng có nhiều tiềm năng hơn. Các ưu điểm của xấp xỉ parabolic không chỉ ở khía cạnh mô hình hóa mà còn ở khả năng áp dụng trong thực tế vì có xét đến việc chia lớp không đều và phụ thuộc cự ly. Bài báo này nghiên cứu khả năng mô hình hóa vịnh Bắc Bộ dùng xấp xỉ parabolic. Mô hình đã hội tụ và các kết quả hệ số suy hao âm theo cự ly chứng minh hiệu quả của mô hình.

**Từ khóa:** SONAR, Parabolic, Elliptic, chia bước Fourier, vịnh Bắc Bộ.

Khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Công nghệ (ĐHQGHN)

Email: quyentc@vnu.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/8/2018

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 15/10/2018

Ngày chấp nhận đăng: 25/12/2018

## 1. INTRODUCTION

SONAR (Sound navigation and ranging) techniques take an important role in the development of social economic as well as national security. In SONAR, the problem of underwater sound propagation is fundamental issue. As we known, there are numerous ways of the underwater sound modeling which appeared in time order as ray, normal mode and parabolic approximation method (for the rest of the paper, we shortly named as parabolic method) [1]. The parabolic method is introduced firstly by Tappert [2] and is considered the modern and most practical method since it applied for the medium which has layers separated

unclearly [2-6]. The advantages of parabolic method consists of using a source with one-way propagation, applying for range dependence, as well as performing in the medium which is not required exactly layered separation. However, those advantages did not include in ray and normal mode method [1-6].

So whether or not the parabolic method can be exploited for the underwater sound propagation in Tonkin gulf of Vietnam? On the basis of the positive aspects of the parabolic method, the paper has been used this method to calculate the underwater sound transmission in Tonkin gulf and to answer the question.

The obtained results show that when we divided the grid small enough (the depth,  $\Delta z \leq \frac{\lambda}{4}$ , the range,  $\Delta r = (5-10)\Delta z$ ), the parabolic algorithm converged fast. The achieved results of transmission loss factor with the range up to 10 and 15 km proved for the efficiency of the method. Those results are very useful for designing of a SONAR system in reality.

The rest of the paper is organized as follows. Section II presents the parabolic method, the source level and the medium parameters. We evaluate the PA model in Tonkin gulf in section III. Section IV is our discussions. We conclude the paper in section V.

## 2. METHOD AND DATA

### 2.1. The parabolic method

Starting from the Helmholtz equation in the most general form [1]

$$\nabla^2 \psi + k_0^2 (n^2 - 1) \psi = 0 \quad (1)$$

where  $n$  is the refraction index of the medium and  $k_0$  is the wavenumber at the acoustic source.

In cylindrical coordinate, (1) becomes

$$\psi_{rr} + \frac{1}{r} \psi_r + \psi_{zz} + k_0^2 (n^2 - 1) \psi = 0 \quad (2)$$

in which the subscripts denote the order of derivative.

From the assumption of Tappert [2-3],  $\psi$  is defined as

$$\psi(r, z) = \Phi(r, z)V(r) \quad (3)$$

where  $z$  denotes depth and  $r$  denotes distance.

Thus (2) becomes the system of equations as follows

$$\Phi_{rr} + \left(\frac{1}{r} + \frac{2}{V} V_r\right) \Phi_r + \Phi_{zz} + k_0^2 (n^2 - 1) \Phi = 0 \quad (4)$$

$$\text{and } V_{rr} + \frac{1}{r} V_r + k_0^2 V = 0 \quad (5)$$

The root of (5) is a Hankel function with its approximation as

$$V_{r0} = H_0^1(k_0 r) = \sqrt{\frac{2}{\pi k_0 r}} e^{i(k_0 r - \frac{\pi}{4})} \quad (6)$$

After some manipulations, (4) becomes

$$2ik_0 \Phi_r - \Phi_{zz} + k_0^2 (n^2 - 1) \Phi = 0 \quad (7),$$

i.e. a parabolic equation.

Taking the Fourier transform both side of (7) in z domain obtained

$$2ik_0 \Phi_r - k_z^2 \Phi + k_0^2 (n^2 - 1) \Phi = 0 \quad (8)$$

Rewrite (8) in simpler form as

$$\Phi_r + \frac{k_0^2 (n^2 - 1) - k_z^2}{2ik_0} \Phi = 0 \quad (9)$$

Thus, from [7] we have

$$\Phi(r, k_z) = \Phi(r_0, k_z) e^{\frac{-k_0^2 (n^2 - 1) - k_z^2}{2ik_0} (r - r_0)} \quad (10)$$

where  $\Phi(r_0, k_z)$  is the initial value of the source.

Taking the Inverse Fourier transform both side of (10) obtained

$$\Phi(r, z) = e^{\frac{k_0^2 (n^2 - 1) \Delta r}{i}} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(r_0, k_z) e^{\frac{-i \Delta r k_z^2}{2ik_0}} e^{ik_z z} dk_z \quad (11)$$

where  $\Delta r = r - r_0$ .

Finally, we arrived

$$\Phi(r, z) = e^{\frac{k_0^2 (n^2 - 1) \Delta r}{i}} \mathfrak{F}^{-1} \left\{ e^{\frac{-i \Delta r k_z^2}{2ik_0}} \mathfrak{F} \{ \Phi(r_0, z) \} \right\} \quad (12).$$

This form is called Split-Step Fourier transform.

### 2.2. The acoustic source

The Gauss acoustic source with the center frequency of 250 Hz can be expressed as

$$\psi(0, z) = \sqrt{k_0} e^{-\frac{k_0^2}{2} (z - z_s)^2} \quad (13)$$

where  $k_0$  is the wavenumber at the source and  $z_s$  is the source depth.

The source depth is 99 m and the same as receiver's depth.

### 2.3. Medium parameters

#### Case 1: Isovelocity

In this case, Tolkin gulf is modeled as Pekeris waveguide with isovelocity. The medium parameters of Tolkin gulf are given in the Table 1 as follows

Table 1. The medium parameters in case 1

Parameter	Value
Ocean depth	100 m
Sound speed in winter	$c = 1500$ m/s
Bottom	Sand, $\rho_1 = 2000 \text{ kg/m}^3$ $c_1 = 1700$ m/s

In Table1,  $c$  denotes sound velocity whereas  $\rho$  indicates medium density.

#### Case 2: Measured sound speed profile

In this case, Tonkin gulf is used as Pekeris waveguide model with its sound velocity which is measured from [8].

Thuc was carried out many sound speed measurements which were reported in his monograph. On the basis of Thuc's results, the medium parameters of Tolkin gulf are given in the Table 2 as follows

Table 2. The medium parameters in case 2

Parameter	Value
Ocean depth	100 m
Sound speed in winter	$c(z) = 1500 + 0.3z$ (m/s)
Bottom	Sand, $\rho_1 = 2000 \text{ kg/m}^3$ $c_1 = 1700$ m/s

## 3. SIMULATION RESULTS

#### Case 1: Isovelocity

The transmission loss factors in the case 1 are presented in Figure 1 and 2.

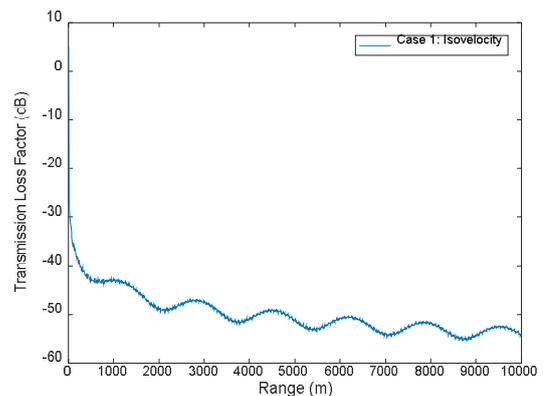


Figure 1. Transmission loss factor with range up to 10 km (case 1)

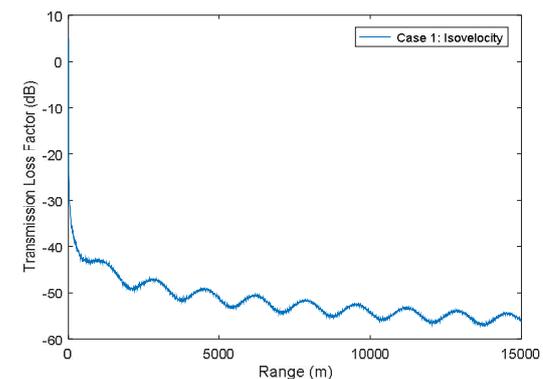


Figure 2. Transmission loss factor with range up to 15 km (case 1)

**Case 2: Measured sound speed profile**

The transmission loss factors in the case 2 are shown in Figure 3 and 4.

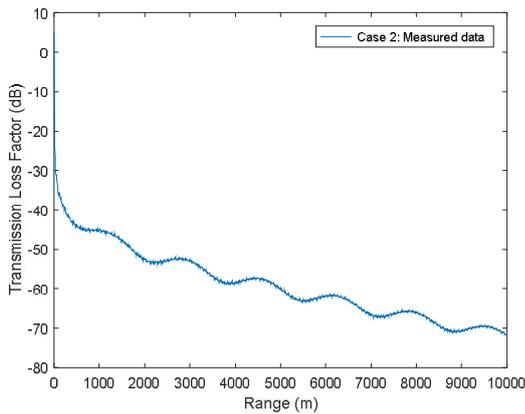


Figure 3. Transmission loss factor with range up to 10 km (case 2)

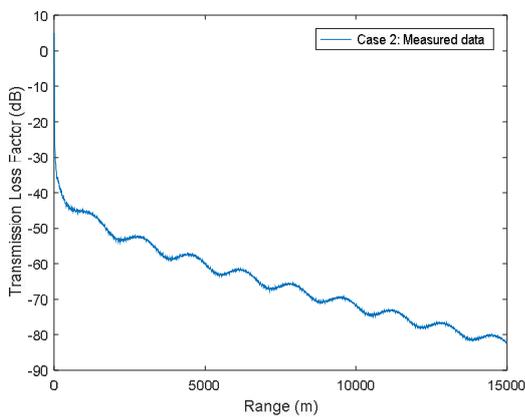


Figure 4. Transmission loss factor with range up to 15 km (case 2)

**4. DISCUSSIONS**

**Case 1: Isovelocity**

It can be seen from Figure 1 and 2 that the acoustic pressure seem be decreased far from the source. However, the pressure fluctuated up and down along the range axis. The pressure levels at 10 km and 15 km are less than 53 dB and 56 dB to the source respectively.

**Case 2: Measured sound speed profile**

It can be seen from Figure 3 and 4 that the acoustic pressure seem be decreased far from the source. The pressure levels in this case at 10 km and 15 km are less than 70 dB and 80 dB to the source respectively.

**The comparison between Case 1 and Case 2**

The pressure levels in Case 2 are less than that of in Case 1 since the sound speeds varying are encountered. As a consequence, the ability of sound propagation in case 2 is reduced.

**5. CONCLUSIONS**

In this paper, Helmholtz equation which becomes a parabolic equation is solved exactly in cylindrical coordinate. As far as mathematic is concerned, part II of the paper demonstrated the success of the PA model. In view of the application, this is the first time when PA had been exploited for Tonkin gulf in an effective manner (part III and IV). In future, we will use this model not only with measured data of sound velocity but also with the data of transmission loss in reality in order to improve it.

**ACKNOWLEDGEMENT**

This work has been supported by Vietnam National University, Hanoi (VNUH), under Project No. QG.17.40.

**REFERENCES**

- [1]. F. B. Jensen et al, 2011. *Computational Ocean Acoustics*. Springer.
- [2]. F. D. Tappert, 1977. "The parabolic approximation method". Wave propagation in underwater acoustics, pp.224-287, Springer, New York.
- [3]. D. Lee, 1984. "The state of the art parabolic equation approximation as applied to underwater acoustic propagation with discussion on intensive computations". J. Acoustic. Soc. Am, **76**.
- [4]. A. Tolstoy et al, 1985. "Ray theory vs the parabolic equation in a long range ducted environment". J. Acoustic. Soc. Am, **78**(176).
- [5]. E. C. Young and D. Lee, 1988. "A model of underwater acoustic propagation". Math. Comput. Modelling, **1**, pp.58-61.
- [6]. J. Soneson and Y. Lin, 2017. "Validation of a wide angle parabolic model for shallow focus ultrasound transducer". J. Acoustic. Soc. Am, **142**.
- [7]. D. G. Zill and W. S. Wright. *Advanced Engineering Mathematics*. Fifth edition, Jones and Bartlett Learning, LCC, ISBN: 978-1-4496-9172-1.
- [8]. Pham Van Thuc, 2011. *Ocean Sound and Sound Field in South East Asia Sea*. National and Science Technology Express.