



ISSN 1859-4794

TẠP CHÍ

KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ Việt Nam

**Vietnam Journal of
Science and Technology - MOST**

B

Tập 57 - Số 10 - Tháng 10 năm 2015

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Nguyễn Văn Hiệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Nguyễn Việt Anh - Trường Đại học Xây dựng
Bùi Chí Bửu - Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp Miền Nam
Vũ Dũng - Hội Tâm lý học Việt Nam
Trần Thọ Đạt - Trường Đại học Kinh tế Quốc dân
Nguyễn Đình Đức - Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội
Vũ Minh Giang - Đại học Quốc gia Hà Nội
Trương Nam Hải - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Tư Quang Hiến - Trường Đại học Nông lâm Thái Nguyên
Phạm Huy Khang - Trường Đại học Giao thông Vận tải
Phạm Gia Khánh - Chủ tịch Hội Ghép tạng Việt Nam
Hồ Đắc Lộc - Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ TP Hồ Chí Minh
Nguyễn Thị Mỹ Lộc - Trường Đại học Giáo dục - Đại học Quốc gia Hà Nội
Bành Tiến Long - Trường Đại học Bách khoa Hà Nội
Lê Quan Nghiêm - Đại học Y Dược TP Hồ Chí Minh
Mai Trọng Nhuận - Đại học Quốc gia Hà Nội
Nguyễn Thanh Phương - Trường Đại học Cần Thơ
Nguyễn Thanh Thủy - Trường Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội
Phạm Hùng Việt - Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội

TỔNG BIÊN TẬP

Đặng Ngọc Bảo

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

Nguyễn Thị Hải Hằng
Nguyễn Thị Hương Giang

TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP

Phạm Thị Minh Nguyệt

TRƯỞNG BAN TRỊ SỰ

Lương Ngọc Quang Hưng

TRÌNH BÀY

Đinh Thị Luận

EDITORIAL COUNCIL

Nguyen Van Hieu - Vietnam Academy of Science and Technology
Nguyen Viet Anh - National University of Civil Engineering
Bui Chi Bui - Institute of Agricultural Science for Southern Vietnam
Vu Dung - Vietnam Association of Social Psychology
Tran Tho Dat - National Economics University
Nguyen Dinh Duc - University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi
Vu Minh Giang - Vietnam National University, Hanoi
Truong Nam Hai - Vietnam Academy of Science and Technology
Tu Quang Hien - Thai Nguyen University of Agriculture and Forestry
Pham Huy Khang - University of Transport and Communications
Pham Gia Khanh - President of Vietnam Society of Organ Transplantation
Ho Duc Loc - Ho Chi Minh City University of Technology
Nguyen Thi My Loc - University of Education, Vietnam National University, Hanoi
Banh Tien Long - Hanoi University of Science and Technology
Le Quan Nghiem - University of Medicine and Pharmacy of Ho Chi Minh City
Mai Trong Nhuan - Vietnam National University, Hanoi
Nguyen Thanh Phuong - Can Tho University
Nguyen Thanh Thuy - University of Engineering and Technology - Vietnam National University, Hanoi
Pham Hung Viet - VNU University of Science

EDITOR-IN-CHIEF

Dang Ngoc Bao

DEPUTY EDITORS

Nguyen Thi Hai Hang
Nguyen Thi Huong Giang

HEAD OF EDITORIAL BOARD

Pham Thi Minh Nguyet

HEAD OF ADMINISTRATION

Luong Ngoc Quang Hung

ART DIRECTOR

Dinh Thi Luan

TÒA SOẠN

113 Trần Duy Hưng - Cầu Giấy - Hà Nội
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794
Email: khcnvn@most.gov.vn
Tạp chí điện tử: b.vjst.vn

EDITORIAL OFFICE

113 Tran Duy Hung Str. - Cau Giay Dist. - Hanoi
Tel: (84.24) 39436793; Fax: (84.24) 39436794
Email: khcnvn@most.gov.vn
E-journal: b.vjst.vn

GIẤY PHÉP XUẤT BẢN

Số 1153/GP-BTTTT ngày 26/7/2011
Số 2528/GP-BTTTT ngày 26/12/2012

Giá: 18000^d

PUBLICATION LICENCE

No.1153/GP-BTTTT 26th July 2011
No.2528/GP-BTTTT 26th December 2012

Kiến trúc vi mạch cho nhận dạng tiếng nói tiếng Việt thiết kế theo quy trình ASIC, trên nền công nghệ 130 nm TSMC

Hoàng Trang*, Phạm Đăng Lâm, Trần Văn Hoàng

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 19.3.2015, ngày chuyển phản biện 25.3.2015, ngày nhận phản biện 21.4.2015, ngày chấp nhận đăng 26.4.2015

Nhận dạng tiếng nói đã được nghiên cứu từ hơn 60 năm qua. Những nỗ lực đầu tiên được thực hiện từ những năm 50 đến đầu những năm 70 của thế kỷ trước, hệ thống nhận dạng tiếng nói được thiết kế để nhận dạng phát âm rời rạc trong môi trường nhiễu thấp, chủ yếu là các hệ thống với bộ từ vựng nhỏ (10-100 từ), trong trường hợp người nói cũng là người huấn luyện. Ngày nay, các hệ thống nhận dạng với số từ vựng lớn được xây dựng trên nền tảng hệ thống máy tính với tốc độ xử lý cao. Khi mật độ tích hợp vi mạch tăng, việc tiếp cận ứng dụng nhận dạng trên phần cứng hay các thiết bị cầm tay trở nên khả thi. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả trình bày một kiến trúc vi mạch được thiết kế theo quy trình ASIC, trên nền công nghệ 130 nm TSMC, ứng dụng trong nhận dạng giọng nói tiếng Việt, để đáp ứng yêu cầu khắt khe về hiệu năng nhận dạng và tính thời gian thực trong các ứng dụng thực tế.

Từ khóa: *dây cổng lập trình được (FPGA), hàm phân bố xác suất Gauss, hệ thống nhận dạng giọng nói tự động (ASR), mô hình Markov ẩn (HMM), trích đặc trưng thang tần số mel (MFCC).*

Chỉ số phân loại 1.2

AN ASIC BASED ARCHITECTURE FOR VIETNAMESE SPEECH RECOGNITION ON THE BASIS OF 130 NM TSMC TECHNOLOGY

Summary

Speech recognition has been researched over sixty years. The first researches were conducted from the 1950s till the early 1970s, some complete recognition systems were developed to recognise incoherent pronunciation in low noise conditions and only adapted to small word libraries (10-100 words) which belong to the trainers as well as the recognition persons. Today, the recognition systems adapting to the large word library are built based on computer system with high performance. Moreover, when integrated density is enhanced, the access to the hardware or handset applying recognition technology becomes feasible. In this work, an ASIC based architecture for Vietnamese speech recognition on the basis of 130 nm TSMC technology is illustrated to meet the real time requirements as well as confirm the highly effective performance.

Keywords: *auto speech recognition (ASR), field-programmable gate array (FPGA), Gaussian probability distribution, hidden Markov model (HMM), mel-frequency cepstral coefficient (MFCC).*

Classification number 1.2

Đặt vấn đề

Các nhóm tác giả trong [1, 2] đã trình bày lý thuyết về trích đặc trưng tiếng nói dùng phương pháp MFCC và bộ giải mã tiếng nói dùng HMM với nhiều cải tiến mới dùng cho nhận dạng các số tiếng Anh từ 0 đến 9. Các nhóm tác giả trong [3] đã thực hiện thành công trên FPGA Cyclone II, với việc nhận dạng 1 số từ, thể hiện bằng việc bật sáng các đèn led bằng giọng nói. Trong bộ trích đặc trưng, do tính chất phức tạp khi thực thi phần cứng phép biến đổi FFT, nên nhóm tác giả này sử dụng module FFT 1024 điểm, được hỗ trợ sẵn trong IP Megacore của Altera. Đối với bộ giải mã tiếng nói, nhóm tác giả trong [4] dùng phương pháp lượng tử vector (VQ), phương pháp này chỉ thích hợp cho nhận dạng với bộ từ vựng nhỏ (khoảng 10-20 từ). Ngoài ra, các tác giả này cũng đưa

*Tác giả chính: Email: hoangtrang@hcmut.edu.vn

ra hướng phát triển tiếp theo là dùng mô hình HMM, nhưng yêu cầu thực thi phần cứng phức tạp. Tương tự, một số tổ chức nổi tiếng trên thế giới như ATR, AT&T hay IBM... [5-10] cũng đưa ra nhiều giải pháp khác nhau cho ứng dụng nhận dạng giọng nói, chủ yếu mô hình HMM được áp dụng một cách phổ biến. Bên cạnh đó, cũng có các công trình đề nghị cách xây dựng môi trường kiểm tra thiết kế nhận dạng tiếng nói [11], hay các thiết kế nâng cao hơn trong giao tiếp bộ nhớ [12], cũng như thiết kế layout cho chip nhận dạng tiếng nói trên, những công nghệ mới như 40 nm [13]. Bảng 1 thể hiện danh sách và so sánh chip của các hãng trên thế giới.

Bảng 1: các sản phẩm nhận dạng giọng nói

STT	Tên chip	Hãng thiết kế, sản xuất	Số từ ⇔ đặc tính số giọng người nói	Thời gian nhận dạng	Độ chính xác	Độc lập/ phụ thuộc người nói
1	DVC306	DSP	16 từ: 8 giọng nói của 8 người	Đôi với 16 từ: <1 s	92% (theo luật Hyde - Hyde's law)*	Không/có
	D6106	Communications	128 từ: 1 giọng duy nhất			
2	HM2007	Motorola	20 từ: 1 giọng nói duy nhất	1,9 s	Không công bố cụ thể	Không/có
3	MSM 6679	OKI Group	Tối đa 25 từ: 2 giọng người nói	Không công bố cụ thể	97% (theo luật Hyde - Hyde's law)*	
4	RSC-164	SENSORY	20-50 từ: Không đề cập đến bao nhiêu giọng người nói, mà chỉ đề cập là phụ thuộc người nói (cần huấn luyện trước)	Không công bố cụ thể	93% (theo luật Hyde - Hyde's law)*	
5	TC 8860F	TOSHIBA	10 từ: Nhận dạng từ rời rạc, phụ thuộc người nói (cần huấn luyện trước)	Không công bố cụ thể	Không công bố cụ thể	Không/có
6	TC8865F-00	TOSHIBA	20 từ: Nhận dạng từ rời rạc, phụ thuộc người nói (cần huấn luyện trước)	Không công bố cụ thể	Không công bố cụ thể	Không/có
7	5A128	RICOH	10 từ: Phụ thuộc người nói 3 từ: Độc lập người nói	Tối đa: 5 s (đối với nhận dạng 10 từ) Tối đa: 2 s (đối với nhận dạng 3 từ)	95% (theo luật Hyde - Hyde's law)*	Có/có
8	RF5A65	RICOH	60 từ: 1 giọng nói	Tối đa: 2 s	92% (theo luật Hyde - Hyde's law)*	Không/có

(*) Luật Hyde (Hyde's law): luật này được đưa ra bởi R.S. Hyde và được sử dụng rộng rãi trong giới chuyên môn về lĩnh vực nhận dạng tiếng nói như sau: “độ nhận dạng chính xác của bộ nhận dạng tiếng nói là 98%, vì bộ nhận dạng tiếng nói có độ nhận dạng chính xác là 98% thì bộ mẫu kiểm tra phải được sắp xếp để chứng tỏ điều đó”

Như vậy, những thành quả cơ bản có được trong nhận dạng tiếng nói là nhờ kết hợp hai hướng tiếp cận phần cứng và phần mềm. Tuy nhiên, nhiều hạn chế còn tồn tại với các cách tiếp cận như: các hướng tiếp cận

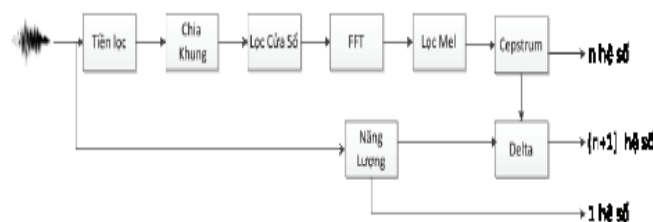
phương pháp huấn luyện vẫn thông qua hệ thống máy tính nhằm phục vụ những phép toán và giải thuật phức tạp; việc nhận dạng bằng phần cứng dựa trên các sản phẩm cầm tay còn hạn chế bởi khối lượng giải thuật đồ sộ cũng như khả năng mở rộng số từ vựng.

Ở Việt Nam, vấn đề này mới được quan tâm nghiên cứu trong những năm gần đây. Đến nay, đã có một số công trình nghiên cứu về lĩnh vực này, theo nhiều hướng tiếp cận khác nhau, song kết quả đạt được chưa cao, vẫn có khả năng phát triển hơn nữa, vì hầu hết chỉ theo hướng tiếp cận phần mềm là chủ yếu. Để khắc phục những tồn tại của các hệ thống nhận dạng giọng nói trên thế giới nói chung và ở Việt Nam nói riêng, nhóm nghiên cứu trình bày một kiến trúc vi mạch nhận dạng giọng nói tiếng Việt cải tiến ở cấp độ từ đơn. Thiết kế được sản xuất trên nền công nghệ 130 nm TSMC, sau đó được kiểm tra ứng dụng hoàn chỉnh trên bo mạch tự phát triển. Bài viết này là kết quả nghiên cứu của Đề tài “Nghiên cứu thiết kế lõi IP mềm, IP cứng cho IC nhận dạng tiếng nói tiếng Việt và chế tạo thiết bị trợ giúp người khuyết tật bằng tiếng nói”, mã số KC01.23/11-15, thuộc Chương trình KH&CN trọng điểm cấp nhà nước KC01/11-15 về nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ thông tin và truyền thông.

Trích đặc trưng MFCC và mô hình HMM

Trích đặc trưng MFCC

Phương pháp trích đặc trưng MFCC được lựa chọn cơ bản rút trích các đặc trưng tần số của tiếng nói. Những bước chính của trích đặc trưng MFCC được mô tả như hình 1.

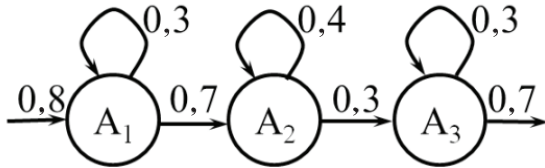


Hình 1: các bước trích đặc trưng MFCC

Chất lượng và xác suất nhận dạng của toàn bộ hệ thống ngoài phụ thuộc vào việc chọn lựa mô hình xác suất tối ưu, còn phụ thuộc nhiều vào chất lượng của các đặc trưng được trích xuất. Mặt khác, trích xuất MFCC gồm nhiều bước nhỏ khác nhau, trong đó một số hệ số nhạy cảm ảnh hưởng đến xác suất nhận dạng của hệ thống tồn tại bên trong những khối này, như hệ số của các bộ lọc và số bộ lọc tương ứng.

Mô hình xác suất HMM

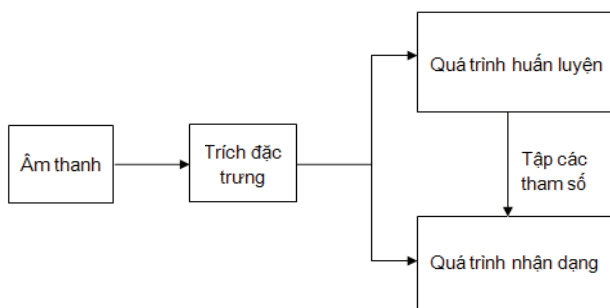
Mô hình HMM là mô hình thống kê quen thuộc, được áp dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng khác nhau. Trong ứng dụng nhận dạng giọng nói, mô hình HMM dạng tiến (hình 2) được sử dụng, mang lại những thành công nhất định. Mô hình này tương tự các mô hình HMM khác, các thông số bao gồm: xác suất chuyển trạng thái, tập các giá trị “mean” và “covarian” cũng như xác suất cho từng bộ trộn bên trong trạng thái.



Hình 2: mô hình HMM dạng tiến

Hệ thống nhận dạng giọng nói

Bất cứ một hệ thống nhận dạng giọng nói nào cũng bao gồm hai quá trình chính: quá trình huấn luyện và quá trình nhận dạng (quá trình giải mã). Trong cả hai quá trình này, không thể thiếu kiến trúc trích đặc trưng giọng nói, hình 3 mô tả các khối cơ bản về một hệ thống nhận dạng giọng nói hoàn chỉnh. Như đã nêu ở trên, quá trình huấn luyện yêu cầu tập mẫu các âm thanh đầu vào lớn, các giải thuật huấn luyện phức tạp, nên cần tiếp cận các hệ thống máy tính cho quá trình này. Sản phẩm của quá trình huấn luyện được gọi là bộ thông số mô hình. Quá trình huấn luyện dựa trên mô hình HMM tiến cơ bản đã được tìm hiểu và ứng dụng rộng rãi nên các công thức phức tạp không được đề cập.



Hình 3: mô hình hệ thống nhận dạng hoàn chỉnh

Tương tự quá trình huấn luyện, mẫu âm thanh được trích đặc trưng trước hết trong quá trình nhận dạng. Giả sử, sau khi trích đặc trưng cho ra 25 vector MFCC 26 chiều, có thể hiểu rằng ngõ vào của quá trình nhận dạng là 25 vector 26 chiều. Kết hợp với tập thông số

mô hình từ quá trình huấn luyện gồm 50 mô hình, mỗi mô hình bao gồm tập xác suất chuyển trạng thái (16 giá trị chuyển trạng thái tương ứng 8 trạng thái), tập xác suất bộ trộn (32 giá trị tương ứng mỗi trạng thái có 4 bộ trộn), tập các cặp vector “mean” và “covariance” (32 cặp vector tương ứng mỗi bộ trộn là một cặp). Cụ thể, công thức để tính xác suất cho một vector đặc trưng 26 chiều với một trạng thái bao gồm 4 bộ trộn được thể hiện qua hàm phân bố Gauss như sau:

$$b_j(o) = \sum_{k=1}^M c_{jk} \mathcal{N}(o, \mu_{jk}, U_{jk}), \quad 1 \leq j \leq N$$

Với

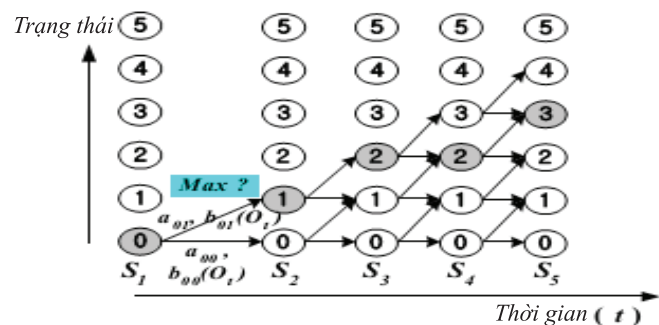
$$\sum_{k=1}^M c_{jk} = 1, \quad 1 \leq j \leq N$$

$$c_{jk} \geq 0, \quad 1 \leq j \leq N, 1 \leq k \leq M$$

$$\begin{aligned} \mathcal{N}(o, \mu, U) &= \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^n |U|}} e^{-\frac{1}{2}(o-\mu)' U^{-1} (o-\mu)} \\ &= \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^{26} |U|}} e^{-\frac{1}{2}(o-\mu)' U^{-1} (o-\mu)} \end{aligned}$$

Trong đó, N là số trạng thái (N = 8); M là số bộ trộn (M = 4); o là vector đặc trưng (hay còn gọi là chuỗi quan sát - 26 phần tử); μ là vector “mean” (26 phần tử); U là vector “covariance” (26 phần tử); c_{jk} là xác suất rơi vào bộ trộn thứ k trong trạng thái thứ j.

Vấn đề ở đây là, trong ví dụ trên ta có 25 vector MFCC trích đặc trưng cùng với 8 trạng thái, vậy thì vector nào tương ứng trạng thái nào sẽ cho kết quả xác suất lớn nhất? Theo logic, cần tính đến là 168 lần hàm phân bố xác suất Gauss, cùng với các thuật toán lựa chọn sẽ cho kết quả chính xác. Phương pháp này có thể xem là phương pháp vét cạn. Để cải thiện điều này, thuật toán Viterbi được mô tả như hình 4, đang được áp dụng rộng rãi.

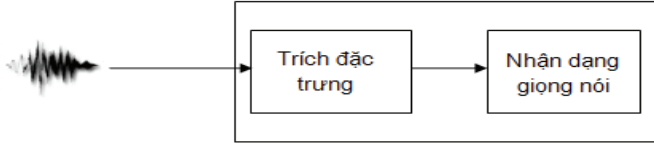


Hình 4: giải thuật Viterbi

Kiến trúc vi mạch ứng dụng nhận dạng giọng nói

Trích đặc trưng MFCC

Phương pháp: kiến trúc vi mạch tiếp cận việc nhận dạng giọng nói bao gồm hai thành phần trích đặc trưng và nhận dạng giọng nói, như thể hiện ở hình 5.



Hình 5: các khối chính trong kiến trúc vi mạch nhận dạng giọng nói

Tuy nhiên, khi tiếp cận phần cứng, có một số vấn đề nảy sinh, trong đó FFT là vấn đề đáng lưu ý. Để có thể giải quyết những thông số ảnh hưởng xấu đến kết quả trích đặc trưng và nhận dạng, việc kết hợp giữa khảo sát và tính khả thi trong thực nghiệm trên là rất cần thiết. Mặt khác, các ngôn ngữ khác nhau và đặc tính vùng miền tạo nên sự khác biệt về các đặc trưng. Việc áp đặt các cấu hình cứng nhắc sẽ cho những kết quả không như mong đợi.

Thực nghiệm: kiến trúc trích đặc trưng tương tự như lý thuyết tiếp cận bao gồm các thành phần chính với những đặc trưng chi tiết đã được khảo sát trong bảng 2.

Bảng 2: cấu hình trích đặc trưng MFCC

Thông số	Chọn lựa	So sánh	
Có sử dụng bộ lọc	Có	Sử dụng bộ lọc	Xác suất (%)
		Có	92,7
		Không	83,3
Giá trị hệ số bộ tiền lọc	31/32	Hệ số	Xác suất (%)
		31/32	92,2
		15/16	84,3
		7/8	78,6
Số điểm trong một khung	160	Số điểm	Xác suất (%)
		160	92,3
		80	84,4
Tỷ lệ chồng lấp	50%	Tỷ lệ (%)	Xác suất (%)
		50	92,2
		40	90
		30	87
Số điểm FFT	256	Số điểm	Xác suất (%)
		160	92,3
		80	84,4
Cấu hình bộ lọc MEL	Vuông	Kiểu bộ lọc	Xác suất (%)
		Tam giác	94,5
		Chữ nhật	90,1
Số bộ lọc MEL	27	Số bộ lọc	Xác suất (%)
		27	94
		26	90
		25	91
		24	89
		23	90
Số hệ số cepstrum			12
Số hệ số năng lượng			1
Số hệ số cho một vector MFCC			26

Mô hình HMM

Phương pháp: như đã nêu trên, việc tính theo khuôn mẫu với phương pháp vét cạn cho kết quả tốt nhất, nhưng do khả năng đáp ứng tính thời gian thực nên không khả thi. Nếu dựa trên yêu cầu ứng dụng cao về độ chính xác, phương pháp vét cạn vẫn được chọn lựa, nhưng trên thực tế, những ứng dụng cụ thể luôn đòi hỏi tính đáp ứng thời gian thực ở mức độ cần thiết. Do đó, để đáp ứng được hai yêu cầu khắt khe này, kỹ thuật song song được áp dụng nhằm tăng tốc độ xử lý. Tuy nhiên, kỹ thuật này có điểm yếu là quá trình quản lý, điều khiển dữ liệu phức tạp nên sự hao tổn tài nguyên cần được lưu ý chặt chẽ.

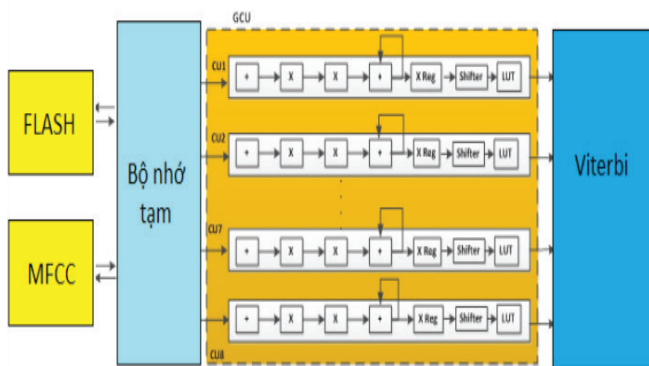
Một vấn đề khác cần được quan tâm khi tiếp cận phần cứng theo hướng ASIC là các kiến trúc và chức năng gần như không thể thay đổi. Đây là một trong những bất lợi khi tiếp cận ASIC thay vì FPGA. Để giải quyết vấn đề này, tiếp cận phần cứng sao cho khả năng cấu hình động là điều cần thiết, dựa trên mô hình MFCC tiếp cận với mỗi vector MFCC 26 chiều. Các thông số cơ bản của mô hình HMM cũng được giới thiệu chi tiết ở bảng 3 với khả năng thay đổi được.

Bảng 3: mô hình HMM tiếp cận phần cứng

Số trạng thái	8 (có thể thay đổi được)
Số bộ trộn	4
Số vector "mean"/"covariance"	26 (có thể thay đổi được)

Thực nghiệm: khi tiếp cận mô hình song song có hai giải pháp như sau: một vector MFCC được tính với nhiều trạng thái khác nhau; một trạng thái được tính với nhiều MFCC khác nhau.

Về khía cạnh phần cứng, số vector MFCC là không ổn định cho các mẫu từ dài ngắn khác nhau, ví dụ với các mẫu từ đơn, thường không dưới 10 vector MFCC. Trong khi đó, các mô hình HMM cho các ngôn ngữ khác nhau có số trạng thái khác nhau, nhưng tương đối nhỏ, số trạng thái thường lớn hơn hoặc nhỏ hơn gần với 10. Chính vì vậy, việc áp dụng cơ chế tính song song cho mỗi MFCC, với nhiều trạng thái khác nhau mang tính khả thi và ổn định cao. Một vấn đề khác cần được quan tâm là khối kiến trúc tính xác suất phân bố Gauss. Khối này giữ vai trò không thể thiếu trong quá trình tính toán các xác suất thành phần tương ứng với mỗi vector MFCC và trạng thái. Để có thể thực hiện được cơ chế song song, kiến trúc chi tiết được áp dụng như hình 6.



Hình 6: tổng quan các module trong quá trình nhận dạng

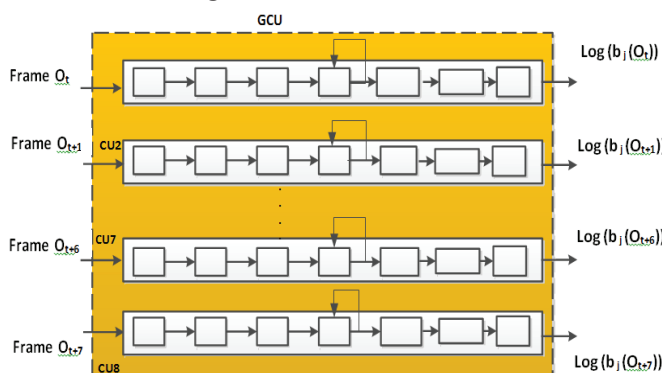
Có thể thấy, 8 luồng song song được áp dụng. Để tạo 8 luồng song song này, bộ nhớ tạm dùng để lưu trữ mô hình thông số cho một trạng thái và 8 MFCC một lúc được sử dụng. Chi tiết kiến trúc được mô tả ở phần sau:

Module Write - Mem: thực hiện việc đọc các giá trị mô hình trạng thái của quá trình huấn luyện từ software, được lưu vào trong FLASH (với các cấu hình sử dụng bộ nhớ FLASH được trình bày trong bảng 4), các giá trị đặc trưng của mẫu âm thanh được lưu trong SRAM.

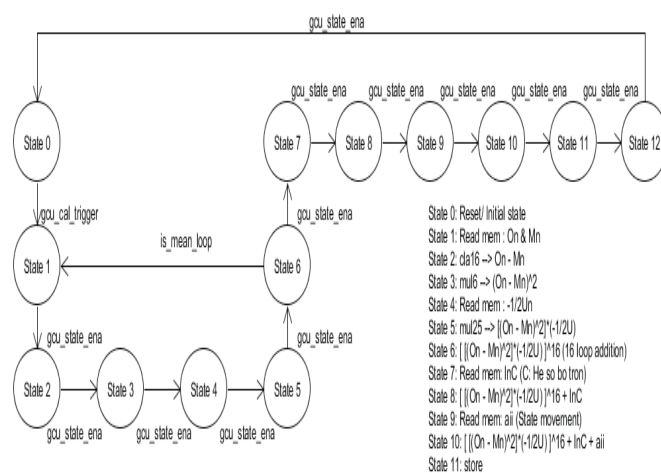
Bảng 4: cấu hình sử dụng bộ nhớ FLASH

[22:18] = 0	Information [17] ‘0’: Các thông số mô hình ‘1’: Các giá trị mô hình	Word_num [16:11]	State_num [10:8]	Mixture [7:6]	[5:0] Mean & Cov & lnC & aii & aij - aii
-------------	---	---------------------	---------------------	------------------	---

Module GCU: tính xác suất tại 1 bộ trộn của mỗi trạng thái cho từng MFCC khác nhau, theo 8 luồng dữ liệu. Thực hiện tính song song (theo sơ đồ tính toán trong hình 7) giúp giảm thời gian của quá trình tính giá trị xác suất cho mỗi bộ trộn. Sau khi tính được xác suất của 4 bộ trộn của 1 trạng thái, ta có thể thực hiện giải mã. Máy trạng thái (State machine) cho bộ GCU được thiết kế như trong hình 8.

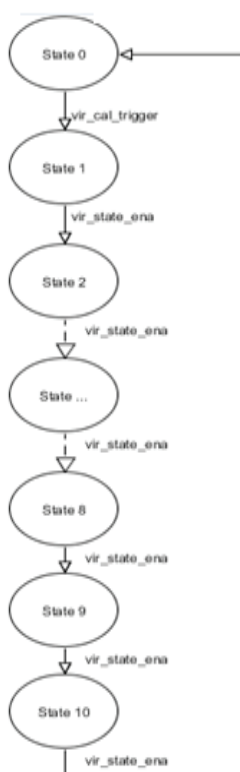


Hình 7: cơ chế tính song song 8 luồng dữ liệu



Hình 8: các trạng thái bộ GCU tính giá trị biot

Module Viterbi: thuật toán Viterbi vết cạn được thực hiện cứng hóa theo đúng như giải thuật giải mã, sau khi nhận giá trị từ bộ GCU (8 luồng), ta có được 8 giá trị xác suất, các giá trị này sẽ được tính toán với các giá trị xác suất chuyển trạng thái, chọn lọc giá trị lớn nhất sau cùng được giữ lại. Như vậy, quá trình được lặp lại nhiều lần mỗi khi có 8 giá trị được hoàn tất từ khối tính GCU, việc lặp lại này được mô tả bởi hình 9, đặc trưng cho quá trình chuyển trạng thái của toàn bộ hệ thống.



State 0: Reset

State 1: Load the information of
model: Word_num,
state_num, mix_num,
mean_num

State 2: load-aii

State 3: Load aij-aii

State 4: Write

State 5: Write & GCU

State 6: Write & GCU & Vir

State 7: GCU & Vir

State 8: Vir

State 9: Compare 8 result

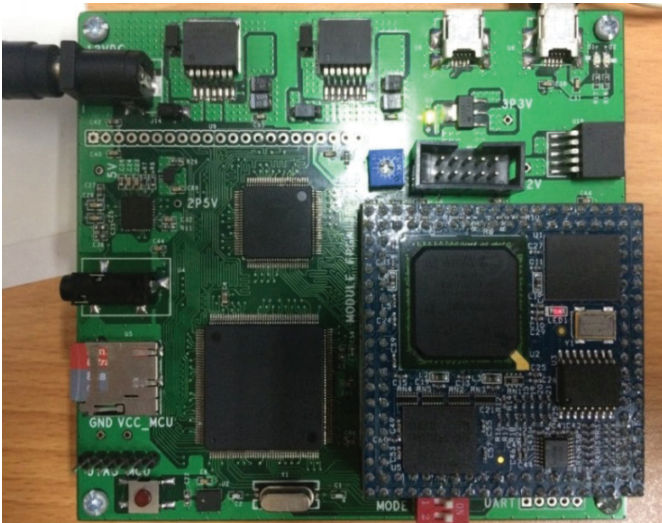
State 10: Nothing

Hình 9: sơ đồ máy trạng thái bộ giải mã VIR

Xác suất lớn nhất cuối cùng tương ứng với chỉ số từ được lưu trong thanh ghi điểm số cuối cùng. Khi kết thúc, hệ thống xuất ra tín hiệu “Result_ack”, cùng với chỉ số của từ trong thanh ghi điểm số cuối cùng, đó là kết quả nhận dạng.

Kết quả và thảo luận

Việc thực nghiệm trước hết được mô phỏng với các giả đồ xung clock, đảm bảo chức năng được thực hiện một cách chính xác. Sau khi xác nhận các kết quả mô phỏng là khả quan, một lần nữa toàn bộ kiến trúc được kiểm tra và chạy thử trên FPGA nhằm đảm bảo chính xác, tính hiện thực. Đây là bước không thể thiếu trong quy trình thiết kế chip ASIC, đòi hỏi khắt khe trong các khâu kiểm tra và hiện thực. Để có thể kiểm tra tính chính xác của thiết kế một cách thực tế, một mô hình trên kit thực tế đã được thực hiện. Trong mô hình này, toàn bộ thiết kế HMM được kiểm tra bằng cách hiện thực trên kit FPGA tự xây dựng của nhóm nghiên cứu iHearTech (hình 10) [14]. Các kết quả về trích đặc trưng, thông số mô hình không còn xử lý dưới dạng file mà được nạp lên các kiến trúc phần cứng được hỗ trợ trên kit như SRAM, ROM...



Hình 10: mô hình kiểm nghiệm trên kit FPGA của nhóm tác giả [14]

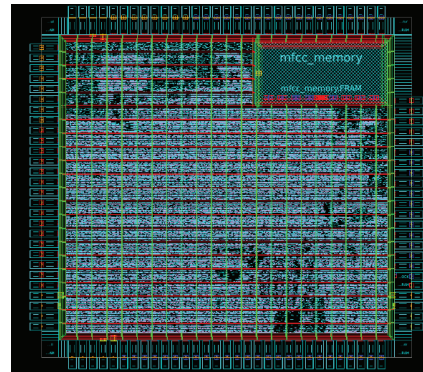
Lấy ngẫu nhiên một số mẫu đúng và sai (50 mẫu bất kỳ) đã mô phỏng của thiết kế phần cứng lần phần mềm, đem kiểm tra lại trên FPGA với mô hình kiểm tra trên, cho các kết quả tương đồng. Điều này đảm bảo tính chính xác, khả thi trong thực tế của hệ thống. Cụ thể, kết quả tiêu biểu thu được từ tập mẫu của nhiều người, với mô hình HMM cho hệ thống nhận dạng đã được hệ thống tiến hành thử nghiệm với bộ từ vựng

gồm 50 từ (hình 11), được đánh giá cho thấy kết quả khả thi của thiết kế.

“KHÔNG”, “MỘT”, “HAI”, “BA”, “BỐN”, “NHẢM”, “SÁU”, “BẢY”, “TÁM”
 “CHÍN”, “LỊCH”, “SỬ”, “VĂN”, “HÓA”, “GIÁO”, “DỤC”, “KHOA”, “HỌC”
 “NÔNG”, “NGHIỆP”, “CÁ”, “HEO”, “GÀ”, “VỊT”, “SÚC”, “KHỎE”, “CÂY”
 “HOA”, “BẬT”, “TẮT”, “MỎ”, “ĐỒNG”, “ĐÈN”, “QUAT”, “CỬA”, “PHÒNG”
 “KHÁCH”, “NGỦ”, “BẾP”, “DỪNG”, “BỎ”, “QUA”, “TIẾP”, “TỤC”, “TÔI”
 “NGHE”, “MUỐN”, “TIN”, “CHÀO”, “BẠN”

Hình 11: bộ từ vựng cần nhận dạng

Kết quả nhận dạng phần cứng được so sánh với các kết quả phần mềm cũng như mô phỏng cho thấy, độ tương đồng lớn (92%). Điều này cho thấy tính khả thi và độ tin cậy của việc thực thi phần cứng. Sau khi các phương pháp kiểm tra được thực hiện chính xác, thiết kế được chuyển xuống tổng hợp và thực hiện ở các bước vật lý thấp hơn. Hình 12 cho thấy, sản phẩm cuối cùng hoàn thành ở cấp độ vật lý, trên công nghệ 130 nm TSMC. Hình 13 là chip iHearTech được chế tạo hoàn chỉnh của nhóm nghiên cứu iHearTech chúng tôi [14].



Hình 12: kiến trúc ở cấp độ vật lý công nghệ 130 nm TSMC



Hình 13: chip iHearTech được chế tạo hoàn chỉnh [14]

Kết luận

Nhóm nghiên cứu đã trình bày kiến trúc vi mạch được thiết kế theo quy trình ASIC, trên nền công nghệ 130 nm TSMC, ứng dụng trong nhận dạng giọng nói tiếng Việt. Các kết quả kiểm tra theo quy trình ASIC cũng như trên FPGA cho xác suất nhận dạng cao, thời gian dưới 1 giây, đáp ứng yêu cầu khắt khe về thời gian thực trong các ứng dụng cụ thể.

Các phát triển ứng dụng cụ thể, tích hợp sản phẩm vi mạch, sẽ được tiếp tục đề hướng đến những giá trị thiết thực trong cuộc sống. Bên cạnh đó, kiến trúc vi mạch đề xuất cũng sẽ được nghiên cứu và phát triển với các định hướng nghiên cứu tối ưu về công suất, tốc độ cũng như các ứng dụng câu phức tạp.

Tài liệu tham khảo

[1] Wei HAN, Cheong - Fat CHAN, Chiu-Sing CHOY and Kong - Pang PUN (2006), "An efficient MFCC extraction method in speech recognition", *Circuits and systems, ISCAS 2006, IEEE international symposium*, pp.145-148.

[2] Wei HAN, Cheong - Fat CHAN, Chiu-Sing CHOY, Kong - Pang PUN (2005), "A speech recognizer with selectable model parameters", *Circuits and systems, ISCAS 2005, IEEE international symposium*, pp.5842-5845.

[3] Joe Tebelskis (1995), "Speech recognition using neural networks", *PhD thesis*, Carnegie Mellon University.

[4] Carlos Asmat, David López Sanzo, Kanwen Wu (2007), "Speech recognition using FPGA technology", *Master thesis*, University of McGill.

[5] Waibel A, Hanazawa H, Hintom G, Shikano K, Lang K.J (1989), "Phoneme recognition using time - delay neural networks", *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, **37**(3), pp.328-339.

[6] Kita K, Kawabata T, Saito H (1989), "HMM continuous speech recognition using predictive LR parsing",

in Proceedings IEEE international conference on acoustics, speech, and signal processing, pp.703-706.

[7] Wilpon J.G, Lee C.H, Rabiner L.R (1991), "Improvements in connected digit recognition using higher order spectral and energy features", *in proceedings IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing*, pp.349-352.

[8] Ney H (1990), "Experiments on mixture - density phoneme modelling for the speaker - independent 1000 word speech recognition DARPA task", *in proceedings IEEE international conference on acoustics, speech, and signal processing*, pp.713-716, Albuquerque, New Mexico, USA.

[9] Chow Y.L, Dunham M.O, Kimball O.A, Krasner M.A, Kubala G.F, Makhoul J, Price P.J, Roucos S, Schwartz R.M (1987), "BYBLOS: The BBN continuous speech recognition system", *in proceedings IEEE international conference on acoustics, speech, and signal processing*, pp.89-92, Dallas, Texas, USA.

[10] Kubala F, Feng M, Makhoul J, Schwartz R (1989), "Speaker adaptation from limited training in the BBN BYBLOS speech recognition system", *in proceedings of the DARPA speech and natural language workshop, morgan kaufmann publishers, Inc.*, Palo Alto, California, USA, pp.100-105.

[11] Shingo Yoshizawa, Naoya Wada, Noboru Hayasaka, Yoshikazu Miyanaga (2004), "VLSI architecture for HMM - based speech recognition system and its verification platform", *Proceeding of International Symposium on Communications and Information Technologies ISCIT*, pp.700-703.

[12] Choi Y, You K, Choi J, Sung W (2010), "A real - time FPGA - based speech recognizer with optimized DRAM access", *IEEE Transaction on Circuits System I, Regular papers*, **57**(8), pp.2119-2131.

[13] Guangji He, Takanobu Sugahara, Yuki Miyamoto, Tsuyoshi Fujinaga, Hiroki Noguchi, Shintaro Izumi, Hiroshi Kawaguchi, Masahiko Yoshimoto (2012), "A 40 nm 144 mW VLSI processor for real-time 60 k word continuous speech recognition", *IEEE Transactions on circuits and systems - I, Regular papers*, **59**(8), pp.1656-1666.

[14] Online: <http://iheartech.hcmut.edu.vn/>.

Một cấu trúc mới của bộ khuếch đại VGA công nghệ CMOS

Trần Đình Lâm*, Lê Kỳ Biên, Nguyễn Mạnh Cường

Viện Điện tử, Viện KH&CN Quân sự, Bộ Quốc phòng

Ngày nhận bài 31.3.2015, ngày chuyển phản biện 6.4.2015, ngày nhận phản biện 27.4.2015, ngày chấp nhận đăng 4.5.2015

Nghiên cứu này đề xuất một cấu trúc cho bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại có thể biến đổi (Variable gain amplifiers - VGA) sử dụng công nghệ CMOS 0,35 μm . Nhằm tăng tính chống nhiễu và tính tuyến tính, bộ VGA được thiết kế dựa trên cấu hình bộ khuếch đại vi sai (KĐVS). Hệ số khuếch đại được thay đổi theo hàm mũ giả dựa trên biến đổi nguồn dòng cung cấp cho một cặp vi sai tải mắc theo kiểu diode-connected. Các kết quả mô phỏng cho thấy, hệ số khuếch đại có thể thay đổi liên tục và tuyến tính từ 8 dB đến 21 dB khi điện áp điều khiển thay đổi từ 1,4 V đến 3,8 V, băng thông của bộ VGA đề xuất là lớn hơn 250 MHz.

Từ khóa: bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại có thể biến đổi (VGA), bộ KĐVS, công nghệ CMOS, hệ số khuếch đại theo hàm mũ.

Chỉ số phân loại 1.2

A NEW STRUCTURE OF THE VARIABLE GAIN AMPLIFIER USING CMOS TECHNOLOGY

Summary

This paper proposes a solution for a variable gain amplifier (VGA) using 0.35 μm CMOS technology. In order to increase linearity and noise performance, the VGA has been designed based on the configuration of differential amplifier. The gain is altered under a pseudo-exponential function following the control of a current source supplied to a source-coupled differential pair with diode-connected load. The simulation results indicate that the gain is varied continuously and linearly in a range from 8 dB to 21 dB when the controlled voltage varies from 1.4 V to 3.8 V, and the bandwidth of the VGA is proposed higher than 250 MHz.

Keywords: CMOS, differential amplifier, exponential gain, VGA.

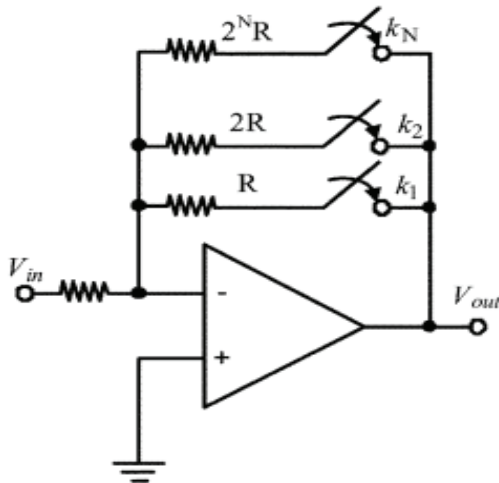
Classification number 1.2

Đặt vấn đề

Bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại biến đổi VGA được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống xử lý tín hiệu, đặc biệt trong lĩnh vực thông tin vô tuyến. Để nâng cao tính năng của VGA nhằm đáp ứng cho các ứng dụng đòi hỏi điều khiển hệ số khuếch đại với độ chính xác và độ tuyến tính cao, cũng như giảm giá thành sản xuất, các bộ VGA thường được thực thi trên công nghệ bán dẫn Complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) với mức độ tích hợp ngày càng cao [1].

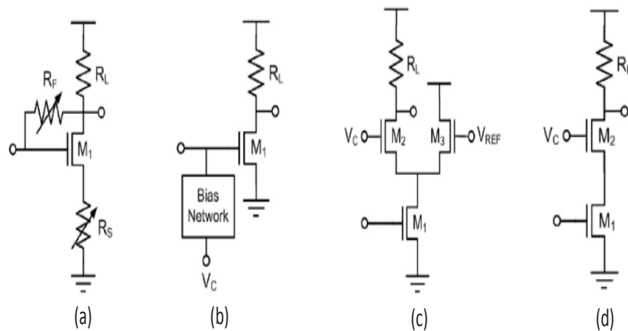
Trong công nghệ CMOS, nhìn chung có hai phương pháp chính được sử dụng để điều chỉnh hệ số khuếch đại, phân loại theo tín hiệu điều khiển là rời rạc hay liên tục [2]. Các bộ VGA với tín hiệu điều khiển số sử dụng một chuỗi các điện trở hoặc tụ điện chuyển mạch để thay đổi hệ số khuếch đại, như trình bày trong hình 1. Với phương pháp này, hệ số khuếch đại được biến đổi một cách rời rạc theo tín hiệu điều khiển số (là các chuỗi bit đầu vào), dẫn đến tín hiệu đầu ra thay đổi không liên tục. Hơn nữa, nếu cần tăng độ phân giải của hệ số khuếch đại thì phải tăng số bit điều khiển, tức là cần phải sử dụng một mạng chuyển mạch lớn. Điều này sẽ làm tăng độ phức tạp của mạch điện. Do vậy, các VGA được điều khiển bởi tín hiệu tương tự với hệ số khuếch đại thay đổi liên tục được sử dụng nhiều hơn.

* Tác giả chính: Email: lamtdvdt@gmail.com



Hình 1: sơ đồ VGA với hệ số khuếch đại được điều khiển theo phương pháp số [2]

Với cách tiếp cận hệ số khuếch đại được thay đổi liên tục, có 4 phương pháp điều khiển hệ số khuếch đại của một bộ VGA [1, 3], như trong hình 2, bao gồm: (a) biến đổi điện trở hồi tiếp, (b) biến đổi hồ dẫn của các phân tử CMOS hoạt động trong vùng bão hòa, (c) biến đổi điện trở tải, và (d) biến đổi điện trở suy giảm (các phân tử MOS hoạt động trong vùng tuyến tính).



Hình 2: các cấu trúc cho bộ VGA với hệ số khuếch đại biến đổi liên tục [3]

Với cách mắc biến đổi điện trở hồi tiếp (hình 2a) thì hệ số khuếch đại của bộ VGA được thay đổi nhờ thay đổi giá trị của điện trở hồi tiếp R_F . Biến trở này có thể được thiết kế ở dạng phân tử bán dẫn (Transistor) trường (Field-effect transistor - FET). Giải pháp này mang lại điểm chặn bậc 3 (Third-order intercept point - IP3) cao, tuy nhiên có nhược điểm là độ ổn định thấp và phạm vi điều khiển hệ số khuếch đại hẹp.

Giải pháp tiếp theo (hình 2b) sử dụng một mạng thiên áp để thay đổi hệ số khuếch đại bằng cách thay đổi các dòng thiên áp của các bóng bán dẫn điều khiển (qua đó thay đổi hồ dẫn của nó). Cách tiếp cận này có

lợi thế là tạp âm thấp, nhưng nhược điểm là độ tuyến tính của bộ khuếch đại phụ thuộc lớn vào dòng thiên áp.

Phương pháp thứ ba là sử dụng các bóng bán dẫn ghép cascode vì sai để điều khiển dòng điện qua tải R_L (hình 2c). Ưu điểm của phương pháp này là phạm vi điều chỉnh hệ số khuếch đại cao, tuy nhiên nhược điểm là có xu hướng bị ảnh hưởng bởi tạp nhiễu nhiều hơn so với các phương pháp khác.

Cách tiếp cận thứ tư (hình 2d) có thể coi như một biến thể của giải pháp thứ ba. Thay vì sử dụng các bóng bán dẫn bổ sung nhằm thay đổi giá trị dòng qua tải, hệ số khuếch đại được biến đổi bằng cách giảm dòng điện trong các bóng bán dẫn ghép tầng (cascode) M_2 và bóng bán dẫn điều khiển chính M_1 .

Trong các giải pháp nêu trên, giải pháp biến đổi điện trở suy giảm có nhiều ưu điểm vượt trội là cho độ tuyến tính cao, tạp nhiễu thấp và mức độ tiêu hao năng lượng thấp, vì các điện trở suy giảm cực nguồn không làm tăng các điện áp headroom (điện áp tối thiểu giữa cực máng và cực nguồn của bán dẫn để đảm bảo bán dẫn hoạt động trong vùng bão hòa) trong các bộ KĐVS đơn giản.

Hơn nữa, như trình bày trong [4], việc cân nhắc sử dụng các bộ KĐVS hay khuếch đại đơn cực để đảm bảo chỉ tiêu kỹ thuật là rất quan trọng. Mặc dù các bộ khuếch đại đơn cực chỉ tiêu hao một nửa công suất và diện tích die (khuôn đúc) so với các bộ KĐVS, nhưng các bộ khuếch đại đơn cực nhạy cảm với độ ẩm cảm cực đất và trở kháng của chất nền (substrate) hơn các bộ KĐVS. Đặc biệt, tính cảm của chất nền ảnh hưởng mạnh tới mặt phân cực ngược và thậm chí đến tính ổn định của bộ khuếch đại. Ngoài ra, các bộ khuếch đại đơn cực nhạy cảm với nhiễu nguồn và chất nền hơn rất nhiều so với các bộ KĐVS. Ngược lại, các bộ KĐVS có khả năng loại bỏ các nhiễu chế độ common-mode (CM). Các ưu điểm này của các bộ KĐVS làm đơn giản hóa rất nhiều thiết kế của một hệ thống thu phát hoàn thiện. Do đó, trong phạm vi nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất bộ VGA là sự kết hợp giữa cấu trúc vi sai với mô hình cách mắc suy giảm cực nguồn.

Cấu trúc bộ VGA đề xuất

Trong phần này, sơ đồ nguyên lý một bộ VGA hoạt động trong dải tần công tác lên đến 250 MHz theo

công nghệ CMOS 0,35 μm được xây dựng. Trong thiết kế VGA đề xuất, hệ số khuếch đại được biến đổi dựa trên quy luật hàm mũ gần đúng.

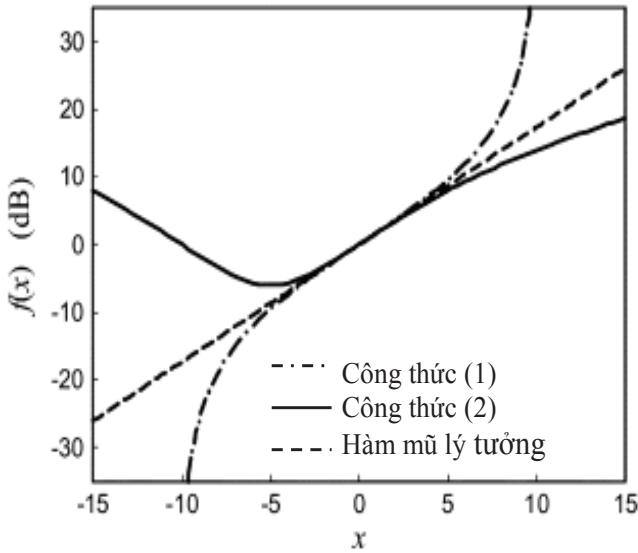
Cơ sở lý thuyết

Như trình bày trong [2], biến đổi chuỗi Taylor cho hàm mũ có thể được biểu diễn như sau:

$$f(x) = e^{2ax} \approx \frac{1+ax}{1-ax} \quad (1)$$

Với $|ax| \ll 1$, phép biến đổi này có thể được xấp xỉ như sau:

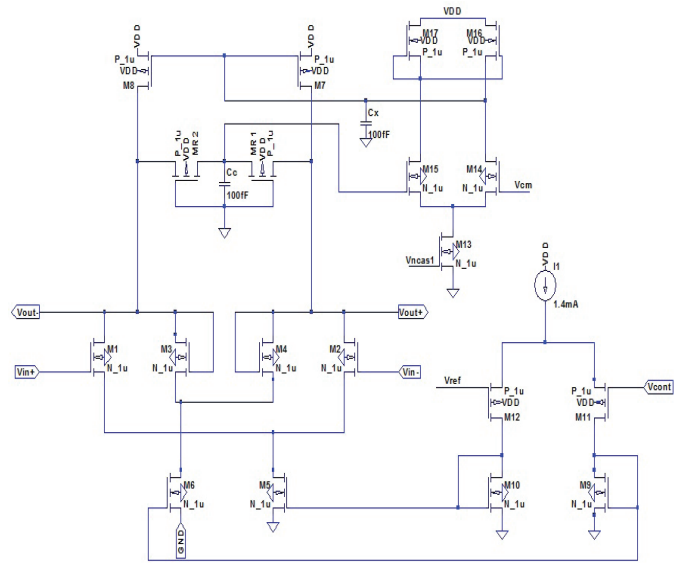
$$\begin{aligned} f(x) = e^{2ax} &\approx 1 + \frac{2a}{1!}x + \frac{(2a)^2}{2!}x^2 \\ &= \frac{1}{2} [1 + (1 + 2ax)^2] \end{aligned} \quad (2)$$



Hình 3: đồ thị mô tả hàm mũ lý tưởng và xấp xỉ [2]

Đồ thị hình 3 mô tả mối quan hệ của x và $f(x)$ theo dB, đồng thời so sánh với công thức hàm mũ lý tưởng. Như đã thấy, phạm vi biến thiên tuyến tính của phép tính xấp xỉ hàm mũ là khá rộng, khoảng 20 dB (từ -5 dB đến 15 dB). Vì quan hệ I/V của CMOS bán dẫn khi hoạt động trong vùng bão hòa tuân theo hàm mũ bậc hai, khá gần với công thức (2), nên cách tính hàm mũ xấp xỉ có thể được hiện thực bởi quan hệ I/V của bán dẫn. Nhằm mở rộng phạm vi biến đổi hệ số khuếch đại lớn hơn 20 dB, các tầng khuếch đại giống nhau có thể được ghép tầng. Do vậy, phương pháp này thường được áp dụng cho thiết kế VGA.

Cấu trúc mạch



Hình 4: sơ đồ nguyên lý bộ VGA đề xuất

Sơ đồ nguyên lý cho bộ VGA như trong hình 4. Trong đó, tất cả các bán dẫn hoạt động trong chế độ bão hòa, các cực bulk của các P-MOS được nối với V_{DD} , trong khi N-MOS được nối với GND. Tế bào khuếch đại bao gồm cặp kết nối cực nguồn source-couple đầu vào (M_1 và M_2) với các tải diode-connected (M_3 và M_4), với kích thước của M_1 và M_2 ; M_3 và M_4 bằng nhau, các dòng qua cặp bán dẫn đầu vào và tải là hằng số và bằng các nguồn dòng P-MOS M_7 và M_8 . Bộ điều khiển hệ số khuếch đại được xây dựng từ cặp kết nối cực nguồn M_9 - M_{12} . Cơ chế điều khiển hệ số khuếch đại đạt được bằng cách dùng nguyên lý gương dòng điện từ các dòng đầu ra vi sai của khối điều khiển khuếch đại, đến các dòng đuôi (M_5 và M_6) của cặp kết nối cực nguồn và cặp vi sai tải. Các bán dẫn dùng cho gương dòng điện là các phần tử kênh dài để đạt được độ chính xác tốt hơn.

Mạch hồi tiếp chế độ CM (Common - Mode Feedback - CMFB) được xây dựng bởi các bán dẫn M_{13} - M_{17} . Một vấn đề với bộ VGA là điện áp đầu ra một chiều thay đổi với các hệ số khuếch đại khác nhau. Vì với thiết kế VGA đa tầng, điện áp đầu ra một chiều của tầng này sẽ thiên áp cho tầng VGA phía sau. Nếu VGA không thể đưa ra một mức điện áp DC chính xác và ổn định ở đầu ra, nó sẽ định thiên các tầng phía sau tại các điểm làm việc khác nhau với các hệ số khuếch đại khác nhau. Với sơ đồ VGA đã đưa ra, sự biến thiên của điện áp DC đầu ra là tương đối nhỏ với các hệ số khuếch đại khác nhau, do các dòng điện

qua các nguồn dòng tạo bởi M_7 và M_8 là hằng số. Tuy nhiên, đường hồi tiếp chế độ CMFB vẫn cần thiết vì đầu ra DC rất nhạy cảm với những biến đổi của mức common-mode của điện áp điều khiển. Do vậy, không giống các phương pháp khác, khi giá trị tải đầu ra thay đổi với các hệ số khuếch đại khác nhau, mạch VGA đề xuất với đường hồi tiếp CMFB không ảnh hưởng đến chức năng khuếch đại của mạch.

Với phương pháp CMFB này, các bán dẫn M_{R1} , M_{R2} (làm việc ở vùng triode) và tụ điện C_x được sử dụng để cảm nhận sự biến đổi mức CM đầu vào. Các bán dẫn M_{14} - M_{17} hình thành một tầng khuếch đại và hồi tiếp độ sai lệch của điện áp CM và tín hiệu tham chiếu nhằm điều khiển các nguồn dòng được tạo ra bởi các bán dẫn P-MOS M_7 và M_8 .

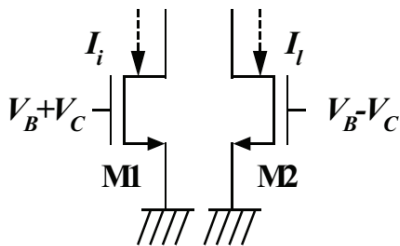
Tính toán hệ số khuếch đại

Bộ khuếch đại này đơn giản là một bộ khuếch đại cặp vi sai nối cực nguồn với các tải diode-connected. Khi các bán dẫn làm việc ở chế độ bão hòa, luật bậc hai cho quan hệ I/V được áp dụng. Khi cực bulk của tất cả các bán dẫn M_1 - M_4 được nối GND, hệ số KĐVS được xác định bằng tỷ số giữa hồ dẫn đầu vào và hồ dẫn tải [5]:

$$A_v = \frac{g_{m-input}}{g_{m-load}} = \sqrt{\frac{\mu_n C_{ox} (W/L)_i \cdot I_i}{\mu_n C_{ox} (W/L)_l \cdot I_l}} \quad (3)$$

$$A_v = K \sqrt{\frac{I_i}{I_l}}$$

Trong đó: μ_n là độ linh động của điện tử trong chất bán dẫn; C_{ox} là điện dung tổng giữa cực cổng của bán dẫn và GND; W, L lần lượt là chiều rộng, dài của phần tử bán dẫn; I_i , I_l lần lượt là dòng cực máng của M_5 , M_6 , tương ứng với nguồn dòng cung cấp cho các phần tử đầu vào, và phần tử tải: $K = \sqrt{\frac{(W/L)_i}{(W/L)_l}}$.



Hình 5: mạch điều khiển hệ số khuếch đại

Các bán dẫn M_5 và M_6 được định thiên để hoạt động trong vùng bão hòa tại điện áp V_B , và được áp một điện áp điều khiển vi sai V_C . Như vậy, so sánh với điện áp thiên áp cấp cho M_5 , M_6 trong hình 5, có mối liên hệ sau:

$$V_B = \frac{V_{Cont} + V_{bias4}}{2}$$

$$V_C = \frac{V_{Cont} - V_{bias4}}{2}$$

Các dòng I_i và I_l qua các bán dẫn M_5 và M_6 được cho như sau:

$$I_i = K_n (V_B + V_C - V_{Tn})^2$$

$$I_l = K_n (V_B - V_C - V_{Tn})^2$$

$$\text{Trong đó, } K_n = \frac{\mu_n C_{ox}}{2} \cdot \frac{W}{L}$$

Như vậy, tỷ lệ của dòng đầu vào và dòng qua tải được tính bởi:

$$\frac{I_i}{I_l} = \left(\frac{1 + \frac{V_C}{V_B - V_{Tn}}}{1 - \frac{V_C}{V_B - V_{Tn}}} \right)^2 = \left(\frac{1+x}{1-x} \right)^2 \approx e^{4x} \quad (4)$$

$$\text{Trong đó: } x = \frac{V_C}{V_B - V_{Tn}}$$

Hay có thể viết lại:

$$x = \frac{V_{Cont} - V_{bias4}}{V_{Cont} + V_{bias4} - 2V_{Tn}}$$

Thay (4) vào (3), hệ số khuếch đại là:

$$A_v = K \frac{1+x}{1-x} \quad (5)$$

Như vậy, công thức (5) có dạng như công thức (1). Từ đồ thị hình 3 cho thấy, phạm vi điều khiển hệ số khuếch đại trong vùng tuyến tính đạt từ -5 dB đến 15 dB bằng cách thay đổi x. Thêm vào đó, nếu muốn tịnh tiến hệ số khuếch đại lên thì có thể thay đổi tỷ lệ kích thước K giữa bán dẫn đầu vào và bán dẫn tải. Hệ số khuếch đại sẽ dịch lên 3 dB nếu K tăng gấp đôi.

Một cách cụ thể, giả sử $K = (W/L)_{1,2}/(W/L)_{3,4} = 2$; $V_{bias4} = 1,073$ V; và $V_{Tn} = 0,8$ V thì hệ số khuếch đại của bộ VGA biến thiên theo điện áp điều khiển V_{cont} như chỉ ra trong hình 6.



Hình 6: mối quan hệ giữa hệ số khuếch đại và điện áp điều khiển

Kết quả mô phỏng, phân tích và thảo luận

Để kiểm chứng các kết quả tính toán trên, công cụ mô phỏng LT-SPICE của hãng Linear Technology được sử dụng. Ở đây, chúng ta sẽ phân tích hoạt động tín hiệu nhỏ AC khi điểm làm việc DC được thiên áp như mong muốn. Phân tích AC được thực hiện trên miền tần số, ở đó đáp ứng tín hiệu nhỏ AC được tính toán sử dụng các tính toán số học phức tạp. Với mô phỏng này, chúng ta có thể khảo sát được thay đổi của hệ số khuếch đại theo điện áp đầu vào điều khiển. Các điện áp được cấp cho đầu vào V_{in+} và V_{in-} như sau:

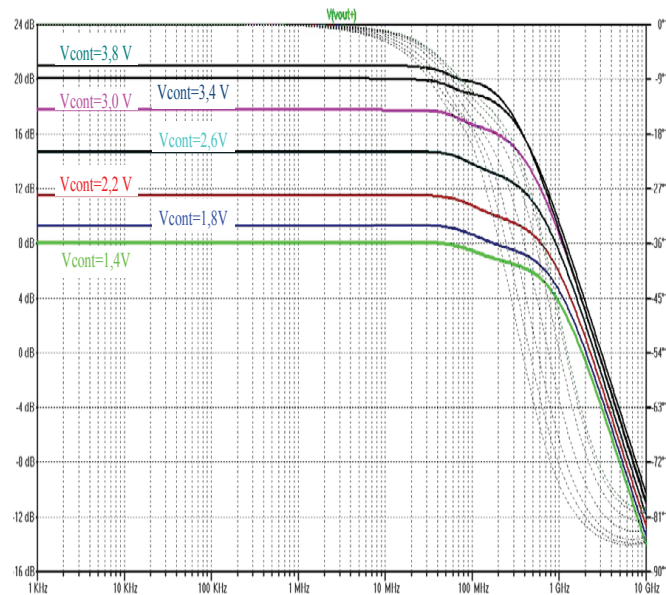
$$V_{in+} = 2,5 + 0,001\sin(2\pi \cdot 250 \cdot 10^6 \cdot t) \text{ (V)}$$

$$V_{in-} = 2,5 \text{ (V)}$$

Như vậy, các thành phần một chiều trong nguồn tín hiệu đầu vào V_{in+} và V_{in-} đảm bảo cấp vi sai được thiên áp ở điện áp một chiều 2,5 V. Điều này đảm bảo 2 transistor M_1 và M_2 hoạt động trong chế độ bão hòa. Với nguồn tín hiệu đầu vào này, tín hiệu vi sai cấp cho mạch VGA là tín hiệu dạng sin có tần số 250 MHz:

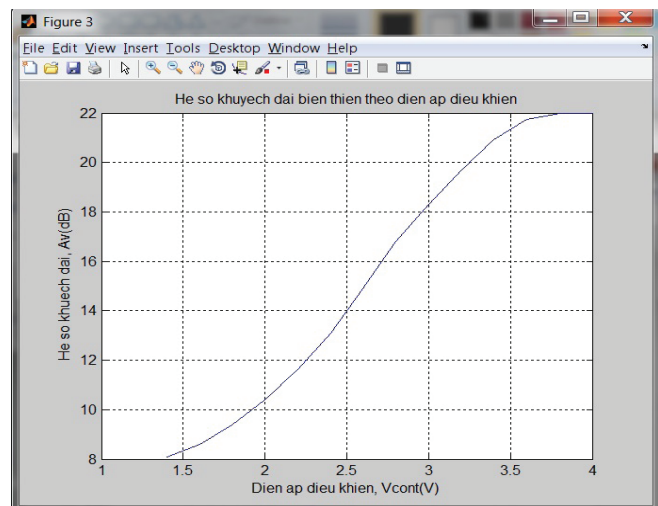
$$V_{DI} = 0,001\sin(2\pi \cdot 250 \cdot 10^6 \cdot t) \text{ (V)}$$

Hình 7 thể hiện kết quả mô phỏng đặc tuyến biên độ - tần số của bộ VGA cho một số giá trị điện áp điều khiển. Các kết quả này cho thấy, hệ số khuếch đại của bộ VGA biến thiên từ 8 dB đến 21 dB với điện áp điều khiển tăng từ 1,4 lên 3,8 V một cách tương ứng. Từ hình cho thấy, băng tần hoạt động 3 dB của bộ VGA là xấp xỉ 250 MHz.



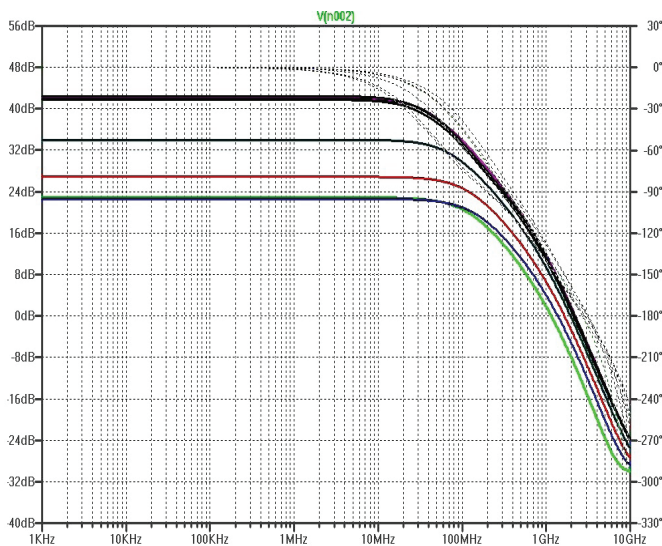
Hình 7: đặc tuyến biên độ - tần số của bộ VGA với điện áp điều khiển biến thiên

Hình 8 cho thấy sự thay đổi của hệ số khuếch đại từ 8 dB đến 21 dB theo điện áp điều khiển là xấp xỉ tuyến tính và liên tục trong toàn dải 1,4-3,8 V.



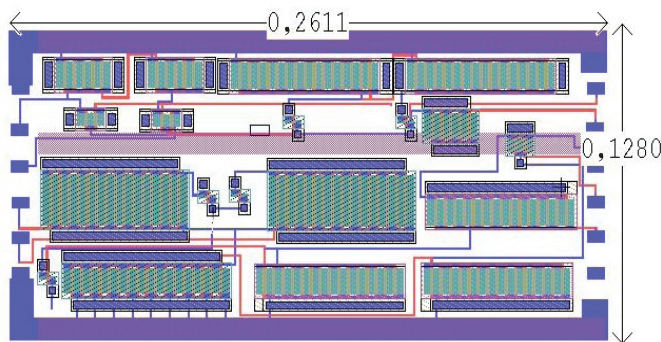
Hình 8: sự biến thiên của hệ số khuếch đại theo điện áp tín hiệu điều khiển

Khi muốn tăng dải biến đổi của hệ số khuếch đại, có thể thực hiện ghép tầng nhiều bộ khuếch đại đơn lại với nhau. Hình 9 cho kết quả mô phỏng của mối quan hệ biên độ - tần số cho bộ VGA hai tầng với điện áp điều khiển cũng biến thiên trong dải 1,4 đến 3,8 V. Khi đó hệ số khuếch đại tăng từ 22,5 lên 42 dB. Tuy nhiên, nhược điểm là băng thông bị giảm xuống còn xấp xỉ 60 MHz cho toàn dải điều khiển.



Hình 9: đặc tuyến biên độ - tần số của bộ VGA 2 tầng

Sau khi thực hiện mô phỏng, bộ VGA đề xuất được thực thi với công nghệ CMOS 0,35 μm . Trong hình 10 mô tả layout của die, có thể thấy kích thước của chip tương đối nhỏ, xấp xỉ 0,033 mm^2 .



Hình 10: layout chip VGA đề xuất chưa có bonpads

Bảng 1 là kết quả và so sánh hiệu năng của bộ VGA do nhóm tác giả đề xuất với các công trình nghiên cứu khác. Như vậy, chúng ta thấy rằng công trình [1] có sự vượt trội về băng thông, điều này có thể giải thích là [1] đã sử dụng công nghệ cao hơn (CMOS 0,18 μm). Mặc dù, với công nghệ cao hơn và với điện áp cung cấp thấp hơn, nhưng công suất tiêu thụ là tương đương với bộ VGA được đề xuất trong nghiên cứu này. Dải hệ số khuếch đại điều khiển là tương đương. Các công trình [3, 6, 7] cùng sử dụng cùng công nghệ CMOS 0,35; có được dải hệ số khuếch đại lớn hơn, nhưng băng thông thấp hơn nhiều so với giải pháp của chúng tôi. Mặc dù sử dụng nguồn cung cấp 5 V, nhưng kết quả mô phỏng cho thấy công suất tiêu thụ của mạch VGA đề xuất (7 mW) là ở mức trung bình so với các công trình khác.

Bảng 1: tổng hợp và so sánh hiệu năng của bộ VGA đề xuất

Tham số	[1]	[3]	[6]	[7]	Đề xuất
Công nghệ (μm)	0,18	0,35	0,35	0,35	0,35
Nguồn cung cấp (V)	1,8	3	1,65	1,8	5
Băng thông (MHz)	2000	10	49	175	250
Dải hệ số khuếch đại	5,1÷20,6	0÷22	0÷21,3	-18÷18	8÷21
Dải điện áp điều khiển (V)	0,9÷1,8	0÷1,1	-1÷-0,1	0,0075÷0,42	1,4÷3,8
Công suất (mW)	8	35	-	2,7	7

Kết luận

Trong nghiên cứu này, bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại có thể thay đổi VGA sử dụng công nghệ CMOS 0,35 μm được đề xuất. Trên cơ sở phân tích, tính toán bộ VGA được thiết kế dựa trên cấu hình bộ KĐVS nhằm tăng tính chống nhiễu và tính tuyến tính. Trong đó, hệ số khuếch đại được biến đổi dựa trên biến đổi nguồn dòng cung cấp cho một cặp vi sai tải mắc theo kiểu diode-connected. Với thiết kế này, hệ số khuếch đại của bộ VGA được biến đổi một cách liên tục, dựa trên quy luật hàm mũ gần đúng thông qua thay đổi giá trị điện áp điều khiển đầu vào. Các kết quả mô phỏng cho thấy hệ số khuếch đại có thể thay đổi từ 8 đến 21 dB khi điện áp điều khiển thay đổi từ 1,4 đến 3,8 V. Ưu điểm của bộ VGA này là cho phép hoạt động ở tần số cao với công suất tiêu thụ trung bình. Dải tần số công tác cho phép của bộ VGA đề xuất là 0 đến 250 MHz, như kết quả mô phỏng đưa ra. Một ưu điểm nữa của sơ đồ mắc này là dải điện áp đầu vào và dải động đầu ra có thể được tinh chỉnh một cách dễ dàng, điều này rất phù hợp với thiết kế máy thu khi mức tín hiệu đầu vào biến đổi lớn.

Tài liệu tham khảo

- [1] Cameron Charles T, David Allstot J (2006), "A 2-GHz CMOS variable gain amplifier optimized for low noise", *ISCAS, IEEE*, pp.2305-2308.
- [2] Quoc Hoang Duong, Quan Le, Chang Wan Kim, Sang Gug Lee (2006), "A 95 dB linear low-power variable gain amplifier", *Circuits and Systems I: Regular Papers, IEEE Transactions on*, **53** (8), pp.1648-1657.
- [3] Yuanjin Zheng, Jiangnan Yan, Yong Ping Xu (2004), "A CMOS dB-linear VGA with pre-distortion compensation for wireless communication applications", *Circuits and Systems, ISCAS'04, Proceedings of the 2004 International Symposium on*, **1**, pp.1813-1816.
- [4] Razavi B (2001), "Design of analog CMOS integrated circuits", *McGraw - Hill*.
- [5] Jacob Baker R (2010), "CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation (3rd ed.)", *Wiley-IEEE Press*.
- [6] Kyuyoung Chung, Gunhee Han, Sungho Kang (2000), "A 0.35 μm CMOS low noise VGA", *AP-ASIC 2000, Proceedings of the Second IEEE Asia Pacific Conference on*, pp.5-8.
- [7] Alegre J.P, Celma S, Calvo B, García del Pozo J.M (2007), "A 0.35 μm CMOS 1.8 V low-power 175 MHz variable gain amplifier", *Midwest Symposium on Circuits and Systems - MWCAS*, pp.261-264.

Siêu rắn: trạng thái mới của vật chất

Dặng Đình Long*, Phạm Thanh Đại

Khoa Vật lý kỹ thuật và Công nghệ nano, Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội

Ngày nhận bài 26.4.2015, ngày chuyển phản biện 28.4.2015, ngày nhận phản biện 1.6.2015, ngày chấp nhận đăng 28.6.2015

Siêu rắn là một khái niệm để chỉ một trạng thái dị thường của vật chất được đưa ra từ hơn nửa thế kỷ trước nhưng không có bằng chứng thực nghiệm cho thấy có sự tồn tại của trạng thái này. Mãi đến năm 2004, nhóm của Kim và Chan tại Đại học Penn State (Hoa Kỳ) mới công bố tìm thấy trạng thái này trong hệ Helium-4 nhưng cho đến nay sự tồn tại của trạng thái này vẫn còn là đề tài tranh luận sôi nổi với nhiều ý kiến trái chiều. Bài báo này đưa ra các khái niệm cơ bản có liên quan đến trạng thái siêu rắn, các đặc trưng của nó cùng các điều kiện quan trọng để có thể quan sát thực nghiệm giúp cho việc nhận thức về trạng thái dị thường này được sáng tỏ hơn. Ngoài ra, bài báo cũng chỉ ra một hệ vật lý khả thi có thể quan sát được pha siêu rắn, đó là mạng quang học. Cuối cùng, bài báo đưa ra các thảo luận về các trạng thái dị thường khác của vật chất kèm theo các kiến nghị.

Từ khóa: *helium-4, hệ tương quan mạnh, mạng quang học, pha dị thường, pha siêu chảy, pha siêu rắn.*

Chỉ số phân loại 1.3

SUPERSOLIDITY: A NEW STATE OF MATTER

Summary

Supersolidity is an exotic phase of matter which has been proposed for a half of century. Unfortunately, there is a lack of evidence of its existence. Until 2004, there was a claim of finding this state in an experiment with a solid He-4 system established by Kim and Chan at Penn State University, USA. However, there is still many controversial discussions around this claim, and the existence of supersolid phase is still a mystery in science. In this paper, the authors propose several fundamental concepts associated with the supersolidity as well as its characteristics. Moreover, the authors also show the important conditions to achieve this phase in experiments and shed the light to this mystic phase of matter. Finally, the authors discuss the potential experiments which can be a host for the supersolid phase and the other exotic phases

Keywords: *exotic phases, helium-4, optical lattice, strongly correlated system, superfluidity, supersolidity.*

Classification number 1.3

Trạng thái siêu rắn là gì?

Việc tìm kiếm các pha mới của vật chất là một nhu cầu tất yếu của cộng đồng nghiên cứu vật lý nói chung và vật lý chất rắn nói riêng. Những nghiên cứu cơ bản này một mặt có tác dụng thúc đẩy phát triển khoa học và công nghệ, mặt khác nó có tác dụng đưa nhận thức của chúng ta về thế giới vật chất lên một tầm cao mới.

Trước khi tìm hiểu về trạng thái siêu rắn, chúng ta cần hiểu các trạng thái quen thuộc hơn. Như chúng ta đã biết, trạng thái thường gặp của vật chất là rắn, lỏng, khí hoặc plasma nhưng cũng có rất nhiều trạng thái khác thường hơn của vật chất, như trạng thái siêu dẫn hay trạng thái siêu lỏng của một đồng vị Helium (He-4 - một loại hạt boson) tại nhiệt độ thấp, ví dụ: dưới 2,17 K. Tính chất siêu chảy của He-4 lần đầu tiên được biết đến vào năm 1937 nhờ phát hiện của nhà vật lý người Nga Pyotr Kapitza [1] đã mở ra một hướng nghiên cứu mới trong vật lý chất rắn nhằm tìm kiếm các pha dị thường của vật chất cho đến tận ngày nay. Sự hấp dẫn trong việc nghiên cứu các tính chất siêu chảy đến từ ý nghĩa của nó trong việc minh chứng cho vai trò của tương tác trong cơ học lượng tử.

*Tác giả chính: Tel: 0967598228; Email: longdd@gmail.com

Cần chú ý rằng, vai trò của các tương tác này không thể hiện rõ nét ở các hệ cơ học cổ điển, ví dụ như các hệ vật lý có kích thước lớn (hệ vĩ mô) hoặc hệ khí ở nhiệt độ cao...

Trong những năm gần đây, nghiên cứu còn chỉ ra sự hình thành pha siêu chảy không những được tìm thấy ở các hệ hạt boson mà còn có khả năng tìm thấy trên các hệ hạt fermion như hệ hạt He-3 (một đồng vị của Helium nhưng là hạt fermion) [2]. Ngoài ra, trong vật lý thống kê lượng tử chúng ta còn biết đến một hiện tượng đặc trưng cho các hạt boson như sau: khi nhiệt độ được hạ xuống dưới nhiệt độ tới hạn (như trong trường hợp của He-4 là 2,17 K), các hạt boson có thể cùng tồn tại trong một trạng thái lượng tử với mức năng lượng thấp nhất gọi là hiện tượng ngưng tụ Bose Einstein. Điều này hoàn toàn khác với các hạt fermion bị quy định bởi nguyên lý loại trừ Pauli. Đường như có một mối liên hệ giữa hiện tượng ngưng tụ Bose Einstein và tính siêu chảy nhưng đáng tiếc là cho đến nay vẫn chưa có ai chỉ ra sự liên hệ đó thực sự như thế nào. Ngoài ra, chúng ta còn biết rằng: khi nghiên cứu chuyển pha hoặc đặc trưng pha thì tham số trật tự là một tham số vật lý quan trọng bậc nhất và không thể thiếu được. Ở khía cạnh lý thuyết, pha siêu chảy cũng như ngưng tụ Bose Einstein được đặc trưng bởi sự tồn tại của tham số trật tự ngoài đường chéo tầm xa (Off Diagonal Long Range Order - ODLRO) để phân biệt với tham số trật tự theo đường chéo (Long Range Order - LRO) đặc trưng cho các nguyên tử bị định xứ trong các nút mạng. Ý nghĩa của khái niệm đường chéo và ngoài đường chéo xuất phát từ các đặc trưng của tương tác trong ma trận của Hamiltonian đặc trưng cho hệ. Cụ thể là: số hạng mô tả ma trận thế năng có đặc trưng là ma trận đường chéo, các số hạng ngoài đường chéo đều bằng không. Ngược lại, số hạng mô tả ma trận động năng có đặc trưng là ma trận đường chéo bằng không, còn các số hạng ngoài đường chéo thì khác 0. Như chúng ta thấy, hai tham số trật tự này phủ định nhau và trước đây người ta không cho rằng hai tham số trật tự này có thể đồng thời tồn tại. Nói cách khác, không thể có một pha có đồng thời cả hai tham số trật tự trên. Tuy nhiên, trong quá trình phát triển nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm đối với các hệ boson lại cho ra kết quả đáng kinh ngạc. Đó là có thể đồng thời tồn tại hai tham số trật tự nêu trên trong cùng một pha, và thuật

ngữ pha siêu rắn ra đời để chỉ sự đồng tồn tại của hai tham số trật tự này. Điều thú vị là trạng thái siêu rắn lần đầu tiên được gọi tên bởi Penrose và Onsager từ năm 1956 nhưng không phải để minh chứng cho sự tồn tại của nó mà là để bác bỏ nó. Họ lập luận và kết luận rằng, không thể tồn tại trật tự ODLRO trong các chất rắn kết tinh. Tuy nhiên, Andreev và Lifshitz (1969) và Chester (1970) đã đề xuất bức tranh khác bằng cách sử dụng mô hình của các sai hỏng mạng nhằm giải thích cho khả năng tồn tại của pha siêu rắn này [2, 3]. Lập luận của họ dựa trên quan điểm cho rằng, các sai hỏng mạng ở nhiệt độ thấp trở nên linh động và có thể là ứng cử viên số một cho trạng thái nền với mức năng lượng thấp nhất của các hệ lượng tử như He-4. Ở nhiệt độ thấp, do khả năng linh động nên các sai hỏng này có thể chuyển động không có ma sát và đi vào trạng thái ngưng tụ. Tuy nhiên, sau nhiều nỗ lực tìm kiếm thực nghiệm đều thất bại thì đến năm 2004, một cuộc bùng nổ trong nghiên cứu pha siêu rắn xảy ra ngay sau khi E. Kim và W. Chan công bố đã thành công trong việc quan sát thực nghiệm thấy pha siêu rắn [4]. Đáng tiếc là cho đến nay, hiện tượng này vẫn còn gây ra rất nhiều tranh cãi [5]. Một trong những nguyên nhân gây tranh cãi đó là He-4 trong thí nghiệm có chứa nhiều tạp và các tham số vật lý không điều khiển được. Nói cách khác là hệ He-4 không sạch và không kiểm soát được. May mắn là một nhóm các nhà khoa học đã đưa ra khả năng phát hiện được các pha dị thường như pha siêu chảy, pha rắn trong mạng quang học trong quá trình nghiên cứu các tính chất của hệ này. Các phát hiện này đã mở ra một lối thoát cho việc tìm kiếm pha siêu rắn trên mạng quang học. Thực tế là mạng quang học được hình thành do các chùm laser cùng tần số chiếu đối đầu vào nhau để hình thành nên các sóng dừng với các hố thế nằm tại các vị trí đáy sóng. Các nguyên tử ở nhiệt độ thấp có thể bị giam cầm trong các hố thế này. Cũng bởi lý do là các hố thế trong mạng quang học có cấu trúc giống các mạng tinh thể nên người ta sử dụng khái niệm mạng quang học để chỉ cấu trúc mạng của hệ thống quang học này và quan niệm nó như một mạng nhân tạo. Ưu điểm của mạng quang học là độ tinh khiết so với He-4 và khả năng kiểm soát từng tham số của hệ bằng cách thay đổi cường độ các chùm laser. Cần chú ý rằng, mạng quang học không giống như mạng tinh thể hoàn toàn vì khoảng cách giữa các hố thế đặc

trung cho nút mạng (cỡ nửa bước sóng laser, ví dụ 300 nm với laser đỏ) gấp hàng nghìn lần khoảng cách các nguyên tử trong tinh thể. Cộng đồng nghiên cứu về các pha dị thường và đặc biệt là những nhóm đang tìm kiếm pha siêu rắn kỳ vọng sẽ quan sát thấy pha này xuất hiện trong mạng quang học do mạng quang học sạch và dễ kiểm soát hơn. Hệ quả là các kết quả sẽ đáng tin cậy và gây tranh cãi ít hơn. Vì vậy, việc nghiên cứu các đặc trưng và khả năng hình thành các pha trong mạng quang học trở thành một đề tài mang tính thời sự nóng hổi trong những năm gần đây. Câu hỏi đặt ra là các yếu tố nào ảnh hưởng đến quá trình hình thành pha lượng tử và sự chuyển pha giữa chúng được kiểm soát như thế nào?

Trạng thái siêu rắn của Helium

Muốn hiểu về đặc trưng của các pha, chúng ta cần hiểu sự hình thành của các pha và yếu tố vật lý nào điều khiển cơ chế hình thành các pha đó. Ngoài ra, sự biến đổi từ pha này sang pha khác hay còn gọi là sự chuyển pha là sự thay đổi trạng thái từ mức độ đối xứng này sang mức độ đối xứng khác. Không phải sự chuyển pha nào cũng giống nhau, ví dụ chuyển pha từ trạng thái siêu lỏng sang trạng thái rắn là chuyển pha loại hai, trong khi chuyển pha từ trạng thái siêu rắn sang trạng thái rắn lại là chuyển pha loại một.

Tham số trật tự trong pha rắn

Trong tinh thể vật rắn, các nút mạng - vị trí của các nguyên tử - được sắp xếp một cách trật tự tuần hoàn trong không gian ba chiều. Để đặc trưng cho vị trí của nút mạng trong tinh thể, người ta sử dụng giá trị trung bình của hàm mật độ định xứ $\rho(r)$ của các hạt trong không gian Ω như sau:

$$\bar{\rho} = \frac{1}{\Omega} \int d^3r \rho(r) \quad (1)$$

Đối với các pha không có sự phá vỡ bất biến tịnh tiến liên tục (pha lỏng hoặc khí) thì $\rho(r) = \bar{\rho}$ và độ lệch mật độ định xứ: $\delta\rho = \rho(r) - \bar{\rho} = 0$. Tính trật tự được biểu diễn thông qua điều kiện tuần hoàn: $\delta\rho(r) = \delta\rho(r+T)$ với vectơ T là vectơ mạng tinh thể. Tiếp đến, chúng ta xét khai triển chuỗi Fourier $\delta\rho(r)$ trong không gian ba chiều theo tập hợp vectơ $\vec{k}$ đặc

trung cho mạng tinh thể:

$$\rho(\vec{k}) = \frac{1}{\Omega} \int d^3r \delta\rho(r) e^{-i\vec{k}\cdot\vec{r}} \quad (2)$$

Thực tế là giá trị bình phương của $\rho(\vec{k})$ cho ta hệ số cấu trúc tĩnh $S(\vec{k})$. Hệ số này mô tả các đỉnh của cường độ tán xạ của ánh sáng trong tinh thể. Nó có liên hệ với G là vectơ mạng đảo theo công thức: $G \cdot T = 2\pi n$ (n là số nguyên). Ở đây, hệ số cấu trúc tĩnh là một tham số trật tự để mô tả trật tự rắn của tinh thể. Nói cách khác, hệ số cấu trúc tĩnh là đặc trưng cho trật tự đường chéo DLRO, hay sự phá vỡ đối xứng dịch chuyển. Cần chú ý rằng, một hệ quả ngược lại của mối liên hệ này không phải lúc nào cũng đúng.

Tham số trật tự trong pha siêu chảy

Mặc dù, Kapitza phát hiện về tính siêu chảy năm 1937 nhưng phải một năm sau, mô hình của hiện tượng siêu chảy trên He-4 mới được xây dựng bởi Tisza (1938) [6] dựa trên hàm mật độ định xứ một hạt:

$$\rho(r) = \rho_S(r) + \rho_N(r) \quad (3)$$

Trong đó, thành phần $\rho_S(r) = \rho_s$ và $\rho_N(r) = \rho_N$ tương ứng là mật độ định xứ trung bình đặc trưng cho pha siêu chảy và pha lỏng thông thường. Nhìn vào công thức (3) dễ dàng thấy rằng, khi hệ He-4 đi vào trạng thái siêu chảy thì chỉ có một phần tham gia vào trạng thái này. Thành phần đặc trưng cho pha siêu chảy có tính chất chảy liên tục không ma sát, trong khi thành phần lỏng thông thường thì có sự tiêu hao và mất mát năng lượng. Quá trình hình thành pha siêu chảy xảy ra ở nhiệt độ chuyển pha T_c , khi đó thành phần $\rho_S \neq 0$ và tăng dần khi tiếp tục hạ nhiệt độ xuống dưới nhiệt độ chuyển pha $T \rightarrow 0$. Về mặt nguyên tắc, $\rho_S = \bar{\rho}$ và tỷ

số $\rho_S / \bar{\rho}$ tiến gần đến 1 khi $T \rightarrow 0$. Trong các hệ ba chiều, hiện tượng siêu chảy đi kèm với hiện tượng ngưng tụ Bose Einstein xảy ra ở nhiệt độ thấp [7].

Chúng ta biết rằng, khi hệ boson bị ngưng tụ trong một trạng thái lượng tử thì phân bố của moment động lượng sẽ có đỉnh sắc nhọn, hàm nghĩa rằng tất cả các nguyên tử tập trung tại một trạng thái năng lượng.

Người ta sử dụng hàm phân bố momen động lượng lượng tử để mô tả quá trình này:

$$\tilde{n}(k) = \langle \hat{\psi}^\dagger(k) \hat{\psi}(k) \rangle / N \quad (4)$$

Trong đó, $\hat{\psi}(k)$ và $\hat{\psi}^\dagger(k)$ là toán tử sinh hủy Bose của hạt có động lượng $\hbar k$, ký hiệu ngoặc $\langle \rangle$ biểu diễn giá trị kỳ vọng của giá trị vật lý có tính đến các giới hạn nhiệt động lực học. Trong hệ có sự ngưng tụ Bose Einstein thì $\tilde{n}(k)$ sẽ có dạng:

$$\tilde{n}(k) = n_o \delta(k) + \tilde{n}_{NC}(k) \quad (5)$$

Số hạng đầu tiên biểu diễn thành phần tham gia vào trạng thái ngưng tụ, n_o là độ ngưng tụ. Trong khi đó thành phần thứ hai biểu diễn những đóng góp vào động lượng của những phần tử có mômen khác 0, hay các thành phần thông thường.

Một trong những đại lượng cơ bản để biết được thành phần siêu chảy có xuất hiện trong hệ hay không, đó là sử dụng khái niệm hàm ma trận mật độ đơn hạt như sau:

$$n(r, r') = \langle \hat{\psi}^\dagger(r) \hat{\psi}(r') \rangle \quad (6)$$

Trong đó, $\hat{\psi}(r)$ và $\hat{\psi}^\dagger(r')$ là toán tử sinh hủy Bose của hạt tại các vị trí r và r' và nó là biến đổi Fourier của các toán tử sinh hủy Bose của hạt ở trạng thái có động lượng $\hbar k$. Còn hàm ma trận mật độ đơn hạt (6) là biến đổi Fourier của hàm phân bố mômen động lượng (5). Thực tế là, trong các hệ có bất biến tịnh tiến liên tục (chất lỏng hoặc khí) thì $n(r, r') = n(r - r')$. Khi bất biến tịnh tiến liên tục bị phá vỡ, hàm mật độ trung bình theo không gian được tính theo công thức:

$$n(r) = \frac{1}{\Omega} \int d^3 r' n(r', r' + r) \quad (7)$$

Dễ dàng thấy phương trình (7) có tính chất $n(r) \rightarrow n_o$ khi $r \rightarrow \infty$. Từ đây, một hệ quả quan trọng

được rút ra là: ở giới hạn nhiệt động lực học, khi chúng ta hủy đi một hạt ở vị trí r thì ảnh hưởng của nó đối với một hạt đồng nhất khác ở vị trí bất kỳ trong hệ là khác 0. Hiệu ứng này chỉ có thể xuất hiện trong cơ học lượng tử mà không có trong cơ học cổ điển. Điều này cho thấy, việc phát hiện ra hiện tượng siêu chảy khẳng định vai trò quan trọng của các hiệu ứng lượng tử ở nhiệt độ thấp. Ngoài ra, hệ quả này cũng là đặc trưng của trật tự ngoài đường chéo ODLRO xuất hiện trong các trạng thái ngưng tụ Bose Einstein.

Tham số trật tự trong pha siêu rắn

Như chúng tôi đã trình bày về trật tự rắn và trật tự siêu chảy ở trên thì hai trật tự này có đặc trưng hoàn toàn khác nhau. Trật tự rắn được hỗ trợ và hình thành khi thế năng tương tác trở nên rất mạnh so với động năng của hạt. Ngược lại, trật tự siêu lỏng được hình thành nhờ vào sự linh động và khả năng di chuyển không ma sát, nói cách khác, trạng thái này được hình thành khi động năng lấn át thế năng. Chính vì vậy, hai trật tự này phủ định nhau. Tuy nhiên, một câu hỏi được đặt ra là có khi nào hai trật tự này hỗ trợ nhau và cùng tồn tại không? Ý tưởng về một pha chứa đồng thời cả hai trật tự trái ngược nhau đã dẫn đến khái niệm về pha siêu rắn, ở đó có sự tồn tại đồng thời của cả trật tự đường chéo DLRO và trật tự ngoài đường chéo ODLRO. Nói một cách khác, trật tự rắn và trật tự lỏng cùng tồn tại đồng thời trong một pha đồng nhất, để phân biệt với trạng thái tách hai pha riêng biệt trong cùng một hệ. Trong trạng thái tách pha của một hệ sẽ tồn tại hai bộ phận, một phần ở pha siêu lỏng, một phần ở pha siêu rắn và hệ không phải đồng nhất về pha. Ở khía cạnh nào đó, nó giống như trạng thái đá lạnh trong nước. Sự thú vị là ở chỗ, pha siêu rắn có cả hai đặc trưng về trật tự và là một pha đồng nhất chứ không có sự tách pha. Hiện tại, nhiều kết quả nghiên cứu chỉ ra sự tồn tại của pha siêu rắn nhưng cũng nhiều nhóm nghiên cứu bác bỏ sự tồn tại của pha này. Nguyên nhân chủ yếu là do các hệ He-4 có tạp và không kiểm soát được tham số. Như chúng tôi đã trình bày ở phần đặt vấn đề, cộng đồng khoa học muốn tìm kiếm và kiểm nghiệm sự tồn tại của các pha dị thường như pha siêu rắn trong mạng quang học để giảm bớt sự tranh cãi đối với kết quả đo. Lý do đơn giản là vì mạng quang học

rất tinh khiết và các tham số như tương tác và hình dạng đều có thể điều chỉnh được.

Mô hình lý thuyết của pha siêu rắn

Cho đến nay, giới nghiên cứu thống nhất cao về sự chưa hoàn chỉnh của các bằng chứng thực nghiệm để minh chứng cho một pha dị thường quan sát được trong hệ He-4. Mặc dù có rất nhiều bức tranh lý thuyết được đưa ra nhưng không có lý thuyết nào có thể giải thích cùng một lúc tất cả những câu hỏi hoặc những mâu thuẫn trong các kết quả thực nghiệm [5]. Trong một nỗ lực nghiên cứu khác gần đây, các tác giả đã đưa ra một bức tranh vật lý vận dụng tính toán từ nguyên lý đầu tiên áp dụng vào các mô hình thực tế của tinh thể He-4 nhằm giải thích các quan sát thực nghiệm [8, 9].

Một cách tiếp cận khác nhằm giải thích các cơ chế bên trong các pha dị thường cùng với chuyển pha lượng tử giữa chúng (ví dụ, từ pha siêu rắn sang siêu lỏng) và vai trò của các yếu tố định xứ có nguồn gốc từ tương tác, bất trật tự hoặc sự cảm tù của các hạt trong các mạng gián đoạn. Trong trường hợp này, sự phá vỡ đối xứng tịnh tiến tự phát được gắn với đối xứng tịnh tiến gián đoạn của Hamiltonian. Ưu điểm của các nghiên cứu này là người ta có thể sử dụng các mô hình đơn giản rồi áp dụng các phương pháp tính toán số chính xác để giải quyết rất nhiều vấn đề lý thuyết liên quan đến các pha đã đề cập ở trên. Các nghiên cứu này không những giải thích được các kết quả thực nghiệm mà còn đưa ra những định hướng cho các thí nghiệm. Thật vậy, người ta đã sử dụng Hamiltonian mạng để giải thích cho pha liên quan đến ứng xử của He-4 trong những nỗ lực khảo sát lý thuyết đầu tiên. Lớp các Hamiltonian này gọi là lớp các mô hình Bose Hubbard có dạng như sau:

$$H = -J \sum_{\langle ij \rangle} (\hat{b}_i^\dagger \hat{b}_j + h.c.) + \frac{1}{2} U \sum_i \hat{n}_i (\hat{n}_i - 1) - \mu \sum_i \hat{n}_i \quad (8)$$

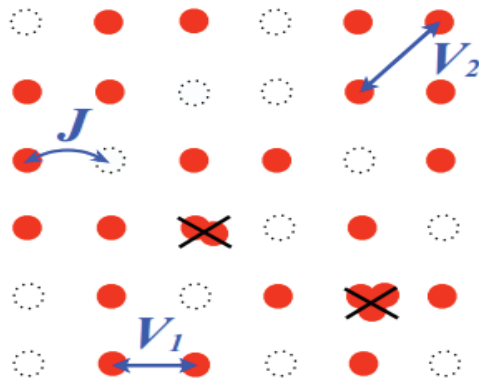
Trong đó: $\hat{b}_i$ và $\hat{b}_i^\dagger$ là toán tử sinh hủy hạt boson ở vị trí thứ i trong mạng và tuân theo quy tắc: $[\hat{b}_i, \hat{b}_j^\dagger] = \delta_{ij}$, toán tử $\hat{n}_i = \hat{b}_i^\dagger \hat{b}_i$ là toán tử số hạt, J là ma trận nhảy mô tả động năng của hệ, U là thế năng tương tác giữa các boson trên cùng một vị trí trong

mạng, μ là thế hóa có vai trò điều khiển số hạt trong hệ và chính là hàm thế hóa trong phân bố thống kê lớn. Hamiltonian (8) là mô hình tối giản để mô tả pha siêu chảy của hệ boson. Về mặt vật lý, khi động năng thắng thế hay tương tác giữa các boson rất yếu, $J \geq U$, hệ sẽ ở trạng thái siêu chảy, còn ngược lại, khi tương tác trở nên mạnh hơn so với động năng $J \leq U$ thì hệ sẽ chuyển sang trạng thái điện môi Mott. Các kết quả này đã được kiểm nghiệm cả về lý thuyết lẫn thực nghiệm [10]. Mặc dù Hamiltonian (8) mô tả rất tốt pha siêu chảy của hệ boson như He-4 chẳng hạn, nhưng nó vẫn chưa đủ để mô tả pha siêu rắn. Có nhiều cách để mô tả pha siêu rắn dựa trên lớp các mô hình Bose Hubbard (8) bằng cách thêm các tương tác tầm xa, ví dụ các tương tác lân cận gần nhất và xa hơn nữa. Thật thú vị là khi thêm các tương tác tầm xa thì ảnh hưởng của yếu tố hình học lại đóng vai trò quyết định. Cụ thể là, khi thêm tương tác lân cận gần nhất vào Hamiltonian (8), người ta thấy có sự tồn tại của pha siêu rắn trong mạng tam giác nhưng không xuất hiện trong mạng vuông [11-15].

Quay trở lại bài toán của chúng ta, khi các hạt composite boson kiểu He-4 tham gia vào quá trình vật lý. Do He có lớp các orbital mang điện tích âm bao phủ quanh hạt nhân nên thực tế là rất khó để các He-4 nằm cùng một vị trí do nguyên lý loại trừ Pauli. Nói cách khác, đối với trường hợp này thì thế năng tương tác trên cùng một vị trí nút mạng $U = \infty$, hay tại một vị trí nút chỉ tồn tại không nhiều hơn một phần tử, điều kiện này thường được gọi là điều kiện boson lõi cứng, mật độ phân tử thỏa mãn $0 \leq \rho \leq 1$. Việc xét các lân cận xa hơn là cần thiết để thu được các mô tả chính xác hơn của các pha dị thường. Ví dụ: nếu không có lân cận thứ hai trong mạng vuông, sẽ không thể mô tả được pha siêu rắn. Với điều kiện này, Hamiltonian (8) sẽ trở thành:

$$H = -J \sum_{\langle ij \rangle} (\hat{b}_i^\dagger \hat{b}_j + h.c.) + V_1 \sum_{\langle ij \rangle} \hat{n}_i \hat{n}_j + V_2 \sum_{\langle\langle ij \rangle\rangle} \hat{n}_i \hat{n}_j - \sum_i \mu_i \hat{n}_i \quad (9)$$

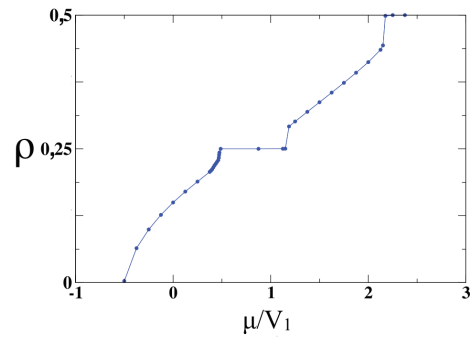
Trong đó, V_1 là thế năng tương tác giữa các phân tử lân cận gần nhất, V_2 là thế năng tương tác giữa các cặp lân cận gần thứ hai. Mô hình này được mô tả trên hình 1.



Hình 1: mô hình mạng và các tương tác trong mô hình boson lõi rắn

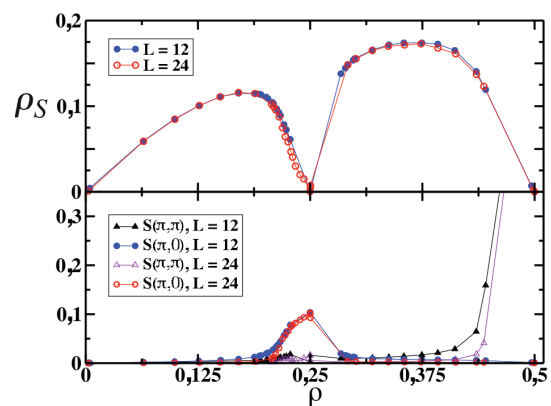
Sử dụng mô hình này, chúng tôi khảo sát giản đồ pha để tìm ra các điều kiện xuất hiện trạng thái siêu rắn. Phương pháp chúng tôi sử dụng để nghiên cứu là phương pháp Monte Carlo lượng tử có áp dụng thuật toán Worm [16, 17]. Với phương pháp này, chúng tôi có thể nghiên cứu được giản đồ pha ở các nhiệt độ bất kỳ với độ chính xác tùy ý. Hai tham số trật tự ODLRO và DLRO được chúng tôi sử dụng như một thước đo cho sự xuất hiện của pha siêu rắn. Tham số trật tự ODLRO được thể hiện với sự xuất hiện của mật độ siêu lỏng ρ_s , còn tham số trật tự DLRO được mô tả bởi hệ số cấu trúc tĩnh ký hiệu là $S(k)$, có giá trị khác không. Với các mạng có hình dạng khác nhau thì tinh thể hình thành ở các mật độ khác nhau sẽ được đặc trưng bởi các vector mạng đảo khác nhau. Hệ quả là giá trị vector k cũng khác nhau tương ứng. Ví dụ: với mạng vuông thì tinh thể ô bàn cờ sẽ được đặc trưng bởi vector hai chiều $k = (k_x, k_y) = (\pi, \pi)$, trong khi đó tinh thể có hình dạng dải băng lại có vector đặc trưng $k = (k_x, k_y) = (0, \pi) = (\pi, 0)$. Đáng lưu ý, chúng ta cần phân biệt pha siêu rắn với trạng thái tách pha, ở đó hai tham số trật tự cũng khác không. Để phân biệt được, chúng ta nhìn vào sự phụ thuộc của mật độ siêu lỏng vào mật độ hạt trong hệ. Nếu đồ thị biểu diễn có nhảy bậc thì đó là trạng thái tách pha. Sử dụng phương pháp Monte Carlo lượng tử, chúng tôi dễ dàng quan sát được các tham số trật tự ρ_s , $S(k)$ và phân biệt được pha siêu rắn và sự tách pha. Để minh họa cho những tiên đoán lý thuyết, chúng tôi nghiên cứu một trường hợp mạng tinh thể là mạng vuông và quan sát các đặc trưng vật lý của hệ. Trước tiên, chúng tôi nghiên cứu sự phụ thuộc của mật độ hạt vào tỷ số tương đối giữa thế hóa

học và tương tác trong hình 2. Mục đích của nghiên cứu này để cho ta sự nhận biết sơ bộ về các pha ở các mật độ khác nhau.



Hình 2: sự phụ thuộc của mật độ hạt vào thế hóa học μ trong mạng vuông của mô hình boson lõi rắn

Nhìn vào hình 2, chúng ta dễ dàng phân biệt được các trạng thái khác nhau của hệ tại các mật độ hạt boson trong trường hợp mạng vuông. Do mô hình lõi rắn (9) có tính đối xứng giữa hạt và lỗ trống nên chúng tôi chỉ vẽ mật độ hạt từ 0 đến 0,5. Mật độ hạt từ 0,5 đến 1,0 là hoàn toàn tương tự. Chúng ta quan sát thấy mật độ hạt có xuất hiện bậc thang tại mật độ hạt $\rho = 0,25$, chứng tỏ tại đó có trạng thái tinh thể hình sao. Lân cận của bậc thang về phía mật độ thấp, ta thấy sự liên tục của mật độ hạt thể hiện pha đồng nhất nhưng lân cận về phía mật độ cao có nhảy bậc. Đây chính là dấu hiệu của sự tách pha. Để tìm hiểu sâu hơn về đặc trưng pha của các trạng thái này, chúng tôi quan sát mật độ siêu chảy ρ_s và hệ số cấu trúc tĩnh $S(k)$ như trong hình 3.

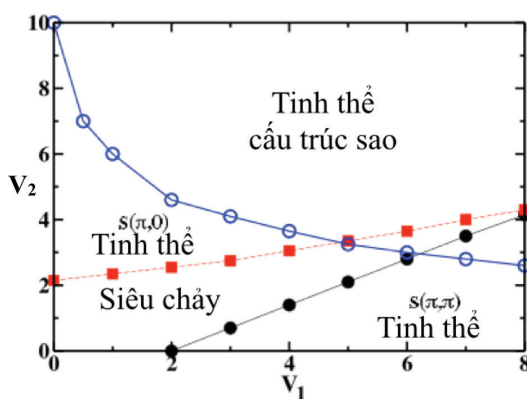


Hình 3: sự phụ thuộc của mật độ siêu chảy (hình trên) và cấu trúc tĩnh (hình dưới) $S[(0, \pi); (\pi, 0)]$ và $S(\pi, \pi)$ vào mật độ hạt với các kích thước khác nhau $L = 12, 24$ và tương tác $V_1 = 8, 0, V_2 = 3, 5$

Hình 3 cho chúng ta thấy, trạng thái siêu rắn tồn tại trong một miền mật độ rất rộng $0,175 < \rho < 0,25$. Cần lưu ý rằng, đây là một kết quả đáng chú ý vì trước năm

2008 chưa có nhóm tác giả nào phát hiện ra sự tồn tại của trạng thái chất rắn trong lân cận của pha tinh thể ở miền mật độ thấp.

Chúng tôi quan sát tại các điều kiện khác nhau của tương tác trong mô hình (9) và vẽ được giản đồ pha tại các mật độ hạt $\rho = 0,25$ và $0,5$ như hình 4. Điểm thú vị là khi nghiên cứu pha tại các mật độ hạt lân cận với mật độ hạt nêu trên, chúng tôi thu được một điều kiện tổng quát cho việc xuất hiện pha siêu rắn như sau: nếu tại mật độ hạt $\rho = 0,25$ hệ là trạng thái tinh thể hình sao và tại $\rho = 0,5$ hệ trong trạng thái tinh thể ô bàn cờ thì hệ nằm trong trạng thái siêu rắn trên toàn miền mật độ trên và dưới của $\rho = 0,25$. Đây là một kết quả mang tính tổng quát.



Hình 4: giản đồ pha của trạng thái nền (ground state) với các pha có thể xuất hiện tại các mật độ hạt khác nhau. Ký hiệu (○) phân cách tinh thể cấu trúc hình sao và trạng thái siêu chảy ở mật độ hạt $\rho=1/4$. Ký hiệu (●) phân cách tinh thể cấu trúc ô bàn cờ và trạng thái siêu chảy tại mật độ hạt $\rho=1/2$. Ký hiệu (■) phân cách tinh thể cấu trúc dải và trạng thái siêu chảy tại mật độ hạt $\rho=1/4$

Mô hình mạng sử dụng trên đây không chỉ là một công cụ lý thuyết đơn thuần mà nó còn được hiện thực hóa trong các hệ quang học. Ý nghĩa quan trọng nhất của các nghiên cứu này là người ta có thể tiến hành so sánh trực tiếp giữa lý thuyết và thực nghiệm đối với mạng quang với độ chính xác rất cao. Tuyệt vời hơn nữa là những kết quả nghiên cứu sử dụng mô hình này sẽ giảm thiểu những tranh luận khi dùng nó để giải thích pha siêu rắn trong thí nghiệm với He-4.

Trạng thái siêu rắn trong mạng quang học

Như chúng tôi đề cập ở trên, mạng quang là một “ứng cử viên” tốt cho việc quan sát trạng thái siêu rắn. Thực tế, mạng quang là một mạng nhân tạo, có cấu trúc trật tự giống như mạng tinh thể, được hình thành

khi chiếu các chùm tia laser đối đầu nhau tạo thành các hố thế bẫy các nguyên tử siêu lạnh, ví dụ các boson ở trạng thái ngưng tụ Bose Einstein. Các nguyên tử này được làm lạnh sẵn ở trạng thái ngưng tụ Bose và ứng xử trong mạng quang như các mạng tinh thể thực. Trong tinh thể thực có nhiều tương tác phức tạp và chứa nhiều tạp nên rất khó để kiểm soát các tham số vật lý của nó, ví dụ độ lớn của các tương tác. Thật may mắn, trong mạng quang người ta có thể thay đổi dễ dàng tất cả các tham số đặc trưng của mạng như chiều dài cơ sở mạng, chiều sâu của hố thế và tương tác giữa các nguyên tử. Chính vì lý do này, mạng quang học cung cấp mô hình lý tưởng để khảo sát ảnh hưởng của các tham số trong các vật liệu và cho chúng ta một bức tranh rõ ràng hơn về vai trò của các tham số. Trong mạng quang, các hố thế được hình thành tại các đáy thế của chùm laser giao thoa. Khác với mạng tinh thể, các hố thế tuần hoàn hình thành do tương tác giữa các ion cố định tại các nút mạng sinh ra trường tinh thể. Hạt tự do trong mạng tinh thể là electron, còn hạt tự do trong mạng quang là các nguyên tử siêu lạnh. Để hiểu sâu hơn về mạng quang, chúng ta cần hiểu sâu hơn về quá trình hình thành các hố thế như sau:

Bẫy điện thế trong mạng quang được hình thành dựa trên tương tác giữa mômen lưỡng cực điện với điện trường của ánh sáng laser. Khi nguyên tử được chiếu sáng bởi laser, điện trường E của sóng ánh sáng và mômen lưỡng cực dao động với tần số ω được biểu diễn như sau:

$$E(r,t) = \hat{e}E(r)\exp(-i\omega t)$$

$$p(r,t) = \hat{e}p(r)\exp(-i\omega t)$$

$$p(r) = \alpha(\omega)E(r)$$

Với $E(r)$ và $p(r)$ là biên độ của dao động, e là vector đơn vị phân cực, $\alpha(\omega)$ là độ phân cực phức phụ thuộc vào tần số. Điện thế tương tác giữa mômen lưỡng cực và điện trường của sóng ánh sáng hình thành nên thế tương tác với chiều sâu hố thế:

$$V_{dip}(r) = -\frac{1}{2\epsilon_0 c} \text{Re}(\alpha)I(r)$$

Với ϵ_0 và c lần lượt là các hằng số điện môi và vận tốc ánh sáng, cường độ $I(r) = \epsilon_0 c |E|^2$, do đó nguyên

từ sẽ bị bẫy tại các vị trí biên độ của điện trường có cực đại hoặc cực tiểu. Ngoài ra, vì điện trường dao động tuần hoàn nên thế năng cũng dao động tuần hoàn theo. Sử dụng mô hình Lorentz để biểu diễn $\alpha(\omega)$, ta thu được mối liên hệ giữa điện thế hiệu dụng như sau:

$$V_{dip}(r) = \frac{3\pi c^2}{2\omega_0^3} \left(\frac{\Gamma}{\Delta} \right) I(r)$$

Trong đó: $\Delta = \omega - \omega_0$ là độ lệch tần số giữa tần số laser ω và tần số đặc trưng trong mô hình Lorentz mô tả dao động cổ điển của điện tử ω_0 , còn hằng số Γ liên quan đến sự chuyển dời đặc trưng của nguyên tử. Với cấu hình khác nhau của các nguồn ánh sáng laser, chúng ta có thể tạo ra các dạng hình học khác nhau như dạng mạng tam giác, vuông..., hoặc mạng 1 chiều, 2 chiều, 3 chiều. Quan trọng hơn nữa là tất cả các số hạng trong mô hình Hamiltonian (8) và (9) đều có thể điều khiển được thông qua việc thay đổi cường độ chùm laser. Một trong những thành tựu gây tiếng vang khi nghiên cứu mạng quang học là việc sử dụng mô hình Bose Hubbard (8) như một mô hình hoàn hảo để mô tả mạng quang [18, 19]. Nhờ phát hiện thú vị này mà mô hình (8) và (9) không còn là mô hình đồ chơi nữa mà nó thực sự là một mô hình đặc thù của mạng quang học.

Thông thường, bất kỳ loại nguyên tử nào cũng có thể bị bẫy trong mạng quang học, nhưng các nguyên tử kiềm được sử dụng là chủ yếu do đặc tính của chúng được mô tả đơn giản trong mạng quang. Kết quả thực nghiệm đầu tiên cho thấy tính đúng đắn trong tiên đoán lý thuyết về sự xuất hiện của các pha siêu chảy và điện môi Mott khi tăng cường độ chùm laser (tương ứng với việc gia tăng tương tác). Kết quả này mở ra hàng loạt các nghiên cứu khác nhằm kiểm nghiệm lại các định luật vật lý trong mạng quang. Thật đáng tiếc là cho đến nay vẫn chưa có bằng chứng thực nghiệm nào cho thấy sự tồn tại của trạng thái siêu rắn trong mạng quang học mặc dù những tiên đoán lý thuyết là rất chắc chắn và rõ nét. Công cuộc tìm kiếm trạng thái siêu rắn vẫn được tiếp tục rất sôi nổi.

Những trạng thái dị thường khác

Ngoài pha dị thường siêu rắn như chúng tôi đề cập ở trên, gần đây cộng đồng nghiên cứu vật lý còn quan

tâm đến một pha thú vị khác thể hiện vai trò lớn của các hiệu ứng lượng tử ở nhiệt độ thấp, đó là các pha spin lỏng lượng tử [20]. Trạng thái này thực sự vẫn còn khó hiểu đối với cả thực nghiệm lẫn các mô hình lý thuyết trong việc tìm ra đặc trưng pha của nó. Lý do một phần là sự cân bằng mong manh của tương tác vì mô đã không thể tạo ra sự phá vỡ đối xứng thông thường ở nhiệt độ thấp. Một phần là pha thủy tinh siêu lỏng thiếu tham số trật tự đặc trưng cho nó, không giống như pha siêu rắn có thể đặc trưng bằng tham số trật tự DLRO và ODLRO. Do vậy, người ta không có cách nào để nghiên cứu chuyển pha giữa các trạng thái. Hiện tại, để xác định trạng thái này, người ta dùng phương pháp loại trừ, tức là loại bỏ tất cả các tham số trật tự thông thường gắn liền với các pha đã biết khác. Tuy nhiên, trong thời gian gần đây, các nghiên cứu lý thuyết đã phân loại được một lớp các pha spin lỏng dựa trên sự suy biến topo của hàm sóng. Ví dụ, một vài tác giả đề xuất mô hình Hamiltonian với trạng thái nền là pha spin lỏng với trật tự topo Z_2 . Một trong các mô hình đầu tiên được nghiên cứu là mô hình dimer mạng tam giác [21]. Một hướng khác trong nghiên cứu bậc topo là các hệ toric code [22] vì nó là lớp các mô hình đơn giản nhất có thể giải chính xác được, ví dụ như mô hình Levin-Wen [23]. Cần chú ý là, để một mô hình thực sự giải thích cũng như có thể so sánh được với thực nghiệm thì mô hình đó phải chứa các số hạng tương tác hai nút giữa hai đối tượng (ví dụ: giữa hai spin lân cận nhau) và trạng thái spin lỏng đặc trưng cho trật tự topo. Một trong những nỗ lực thành công và được khá nhiều người sử dụng đó là mô hình Kagome/Bose Hubbard xây dựng bởi Balent, Girvin và Fisher [24]. Mặc dù mô hình này chứa tương tác 4 nút nhưng trạng thái chất lỏng spin Z_2 có mặt trên một miền khá rộng của giản đồ pha [25]. Cho đến nay, các nỗ lực tìm kiếm đặc trưng của các pha dị thường vẫn được tiếp tục và cho thấy rất nhiều tín hiệu khả quan.

Ý nghĩa của việc nghiên cứu các trạng thái mới của vật chất

Việc nghiên cứu các trạng thái mới của vật chất không chỉ có ý nghĩa về khoa học: tạo ra một cơ sở lý thuyết cho nghiên cứu thực nghiệm mà nó còn có thể có tiềm năng ứng dụng lớn. Một trong những câu hỏi lớn trong vật lý cho đến nay vẫn chưa có câu trả

lời thỏa đáng đó là hiện tượng siêu dẫn ở nhiệt độ cao. Những nỗ lực nghiên cứu không mệt mỏi để tìm ra bản chất vật lý và đặc trưng của pha siêu dẫn nhiệt độ cao đã tạo ra nhiều hướng đi mới trong nghiên cứu các pha dị thường của vật chất. Thực tế là, sự hiểu biết về các trạng thái dị thường như trạng thái siêu lỏng và trạng thái siêu rắn... là một trong những nỗ lực để hiểu về trạng thái siêu dẫn nhiệt độ cao với nhiều bí ẩn đang chờ khám phá. Ngoài ra, một trong những ứng dụng rõ nét nhất của trạng thái spin lỏng lượng tử là việc tìm ra hệ vật liệu có trạng thái bảo vệ qubit (protected qubit) cần thiết để chứa thông tin lượng tử - nền tảng cơ bản của máy tính lượng tử. Máy tính lượng tử đã và đang được cộng đồng công nghệ kỳ vọng là thế hệ tiếp theo của một công nghệ hoàn toàn mới, có chức năng ưu việt hơn và hiệu quả làm việc tốt hơn công nghệ máy tính thông thường.

Tài liệu tham khảo

- [1] P Kapitza (1938), “Viscosity of liquid helium below the λ -point”, *Nature*, **Vol.74**, p.141.
- [2] A.F Andreev and I.M Lifshitz (1969), “Quantum Theory of Defects in Crystals”, *Sov. Phys, JETP*, **Vol.29**, p.1107.
- [3] G.V Chester (1970), “Speculations on Bose-Einstein Condensation and Quantum Crystals”, *Phys. Rev*, **A Vol.2**, p.256.
- [4] E Kim and M Chan (2004), “Observation of hidden phases in supersolid ^4He ”, *Nature*, **Vol.427**, p.225.
- [5] M Boninsegni, N Prokofiev (2012), “Colloquium: Supersolids: What and where are they?”, *Phys. Rev. Mod*, **Vol.84**, p.759.
- [6] L Tisza (1938), *Nature*, **Vol.141**, p.913.
- [7] D.R Tilley and J Tilley (1990), “Superfluidity and Superconductivity (Graduate Student Series in Physics)”, *Taylor and Francis*.
- [8] M Boninsegni, N Prokofiev and B Svistunov (2006), “Worm algorithm and diagrammatic Monte Carlo: A new approach to continuous-space path integral Monte Carlo simulations”, *Phys. Rev. E* **Vol.74**, p.036701.
- [9] M Boninsegni, N Prokofiev and B Svistunov (2006), “Superglass Phase of He-4 ”, *Phys. Rev. Lett*, **Vol.96**, p.105301.
- [10] I Bloch, J Dalibard and W Zwerger (2008), “Many-body physics with ultracold gases”, *Rev. Mod. Phys*, **Vol.80**, p.885.
- [11] R.G Melko, A Paramekanti, A.A Burkov, A Vishwanath, D.N Sheng and L Balents (2005), “Supersolid Order from Disorder: Hard-Core Bosons on the Triangular Lattice”, *Phys. Rev. Lett*, **Vol.95**, p.127207.
- [12] M Boninsegni and N Prokofiev (2005), “Supersolid Phase of Hard-Core Bosons on a Triangular Lattice”, *Phys. Rev. Lett*, **Vol.95**, p.237204.
- [13] M Troyer, S Wessel (2005), “Supersolid Hard-Core Bosons on the Triangular Lattice”, *Phys. Rev. Lett*, **Vol.95**, p.127205.
- [14] D Heidarian and K Damle (2005), *Phys. Rev. Lett*, **Vol.95**, p.127206.
- [15] L Dang, M Boninsegni and L Pollet (2008), “Vacancy supersolid of hard-core bosons on the square lattice”, *Phys. Rev*, **B Vol.78**, p.132512.
- [16] N.V Prokofiev, B.V Svistunov and I.S Tupitsyn (1998), “Exact, Complete and Universal Continuous-Time Worldline Monte Carlo Approach to the Statistics of Discrete Quantum Systems”, *JETP*, **Vol.87**, p.310.
- [17] L Pollet, K.V Houcke and S.M.A Rombouts (2007), “Engineering local optimality in quantum Monte Carlo algorithms”, *J. Comput. Phys*, **Vol.225**, p.2249.
- [18] D Jaksch, C Bruder, J.I Cirac, C.W Gardiner and P Zoller (1998), “Cold Bosonic Atoms in Optical Lattices”, *Phys. Rev. Lett*, **Vol.81**, p.3108.
- [19] D Jaksch and P Zoller (2005), “The cold atom Hubbard toolbox”, *Ann. Phys*, **Vol.52**, p.52.
- [20] P Fazekas and P Anderson (1974), “On the ground state properties of the anisotropic triangular antiferromagnet”, *Philos. Mag*, **Vol.30**, p.423.
- [21] R Moessner and S.L Sondhi (2001), “Resonating Valence Bond Phase in the Triangular Lattice Quantum Dimer Model”, *Phys. Rev. Lett*, **Vol.86**, p.1881.
- [22] A Kitaev (2003), “Fault-tolerant quantum computation by anyons”, *Ann. Physics*, **Vol.303**, p.2.
- [23] M.A Levin and X.G Wen (2005), “String-net condensation: a physical mechanism for topological phases”, *Phys. Rev*, **B Vol.71**, p.045110.
- [24] L Balents et al (2002), “Fractionalization in an easy-axis Kagome antiferromagnet”, *Phys. Rev. B* **Vol.65**, p.224412.
- [25] L Dang, Stephen Inglis and Roger G Melko (2011), “Quantum spin liquid in a spin-1/2 XY model with four-site exchange on the kagome lattice”, *Phys. Rev. B* **Vol.84**, p.132409.

Mô hình hóa phổ hấp thụ của chấm lượng tử

Nguyễn Thế Lâm*

Khoa Vật lý, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội 2

Ngày nhận bài 7.7.2015, ngày chuyển phản biện 14.7.2015, ngày nhận phản biện 10.8.2015, ngày chấp nhận đăng 17.8.2015

Bài báo cho thấy phổ hấp thụ của các chấm lượng tử hình hộp và hình cầu được xác định bằng phương pháp mô hình hóa. Thông qua mô hình tính toán, nhóm nghiên cứu đã tìm được các mức năng lượng được lượng tử hóa của các chấm lượng tử nêu trên. Đây là cơ sở xác định phổ hấp thụ của các chấm lượng tử (có thể áp dụng cho các chấm lượng tử bán dẫn). Xác suất tìm thấy hạt trên các mức năng lượng của hạt ở nhiệt độ cao cũng đã được thảo luận chi tiết. Từ đó xác định được sự phụ thuộc của phổ hấp thụ của các chấm lượng tử vào nhiệt độ.

Từ khóa: ảnh hưởng của hình dạng - kích thước của chấm lượng tử, mô hình hóa chấm lượng tử, phổ hấp thụ chấm lượng tử.

Chỉ số phân loại 1.3

SIMULATION OF ABSORPTION SPECTRA OF QUANTUM DOTS

Summary

The energy spectra of the box and sphere quantum dots were found by a simulation method. Based on the discretized-energy levels, the author simulated and pointed out the absorption spectra of the quantum dots with different shapes and sizes (may be applied for semiconductor quantum dots). The probability for electrons at temperature $T \neq 0K$ was clearly discussed. The study also determined the dependence of absorption spectra of semiconductor quantum dots on temperature.

Keywords: absorption spectra of quantum dots, effects of shape and size of quantum dots, simulation of quantum dots.

Classification number 1.3

Mở đầu

Chấm lượng tử bán dẫn là các cấu trúc ba chiều có kích thước nanomet mà các điện tử bị giam giữ. Để tạo ra các chấm lượng tử bán dẫn, người ta bao kín một loại bán dẫn này trong một loại bán dẫn khác mà nó có vùng cấm lớn hơn. Điều này được thực hiện với kích thước nanomet và có thể tương đương với bước sóng De Broglie của các điện tử. Từ đó, năng lượng của các điện tử bị giam giữ trong các chấm bị lượng tử hóa. Sự lượng tử hóa các mức năng lượng của các điện tử của chấm cũng còn phụ thuộc vào kích thước và vật liệu tạo nên chấm lượng tử. Các chấm lượng tử bán dẫn có thể được làm từ một số vật liệu bán dẫn khác nhau tùy thuộc vào mục đích sử dụng chấm. GaAs/InAs là các vật liệu phổ biến được dùng để tạo ra các chấm lượng tử. Phương pháp để chế tạo chấm lượng tử thường là tạo mầm hay còn gọi là phương pháp Stranski-Krastanow. Trong phương pháp này, bước một ta phải có một đế bán dẫn (ví dụ như GaAs). Bước tiếp theo, tạo nên một lớp ướt bằng việc tạo một mầm (InAs) trên đế. Khi các mầm InAs lớn lên trên lớp ướt, do tính chất cấu trúc của hai bán dẫn nó sẽ làm cho năng lượng tăng lên và hình thành các chấm lượng tử. Sau đó, các chấm lượng tử lại được đặt chìm trong GaAs và cứ như vậy quá trình lại lặp lại. Bình thường các chấm lượng tử có kích thước cỡ 10÷20 nm, nó tương đương với kích thước của 10÷50 nguyên tử. Như vậy, các chấm sẽ thể hiện như một nguyên tử nhân tạo lớn [1]. Các nghiên cứu về hình dạng và tính chất của các chấm lượng tử bán dẫn đã được nghiên cứu [2-4]. Các phép đo phổ hấp thụ của chấm lượng tử bán dẫn CdSe [5-6] và PbS [7]

* Email: nguyenthelam2000@yahoo.com

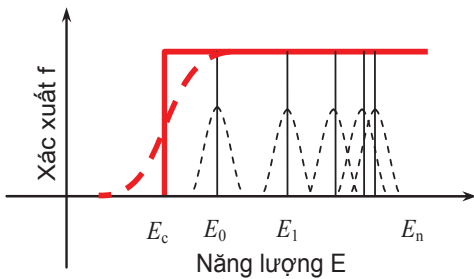
cũng cho thấy phổ hấp thụ phụ thuộc mạnh vào kích thước của các chấm lượng tử này. Hiện nay, các chấm lượng tử chế tạo được thường có dạng hình tháp, hình đĩa [8] và việc chọn được hình dạng và kích thước của chấm lượng tử bán dẫn là một vấn đề hết sức khó khăn trong quá trình chế tạo. Như vậy, vấn đề tồn tại là với những chấm lượng tử có hình dạng và kích thước khác nhau có ảnh hưởng như thế nào tới phổ hấp thụ của chúng. Câu trả lời cho vấn đề này phần nào được giải quyết trong mô hình của chúng tôi.

Việc khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ lên phổ hấp thụ của các chấm lượng tử trong mô hình của chúng tôi được đề xuất như sau: tại nhiệt độ $T = 0K$, xác suất tìm thấy hạt ở các mức năng lượng E_n dưới mức Fermi của chấm lượng tử hóa luôn là 100%. Khi $T \neq 0K$, xác suất này được thay bằng một phân bố Gausse $\exp[-\frac{(E-E_n)}{K_B T}]$, với E là năng lượng của hạt, E_n là các mức năng lượng của chấm, K_B là hằng số Boltzman và T là nhiệt độ tuyệt đối. Mặt khác, xác suất để tìm thấy hạt trong miền dẫn của bán dẫn khối cũng được thay bằng:

$$f_c = \frac{1}{\exp(\frac{E_c - E}{K_B T}) + 1} \quad (1)$$

Trong đó, f_c là xác suất tìm thấy hạt và E_c là đáy vùng dẫn trong bán dẫn khối. Như vậy, xác suất để tìm thấy điện tử trong các mức E_n của chấm lượng tử được xác định như sau:

$$f = \exp[-\frac{(E - E_n)}{K_B T}] \frac{1}{\exp(\frac{E_c - E}{K_B T}) + 1} \quad (2)$$



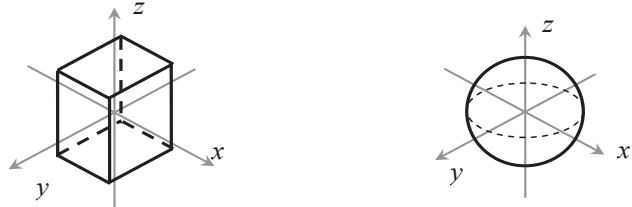
Hình 1: xác suất tìm thấy hạt trong bán dẫn khối (nét đậm) và trong chấm lượng tử (nét mảnh) khi ở $T = 0K$ (nét liền) và $T \neq 0K$ (nét đứt)

Phương trình cơ bản và thuật toán

Chuyển động của một điện tử trong chấm lượng tử bán dẫn được mô tả bằng phương trình Schrodinger [9]:

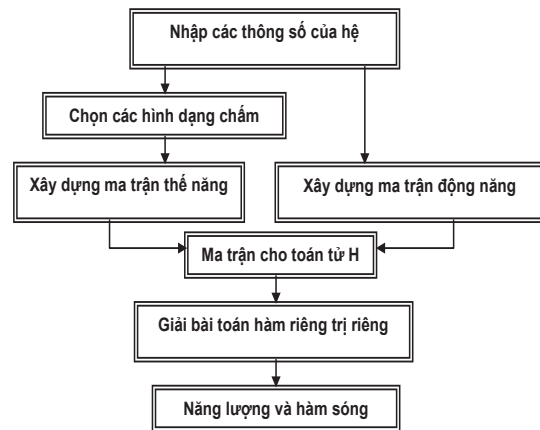
$$-\frac{\hbar}{2m} \Delta \psi_n(x, y, z) + V(x, y, z) \psi_n(x, y, z) = E_n \psi_n(x, y, z) \quad (3)$$

Trong đó, $V(x, y, z)$ là thế năng của chấm phụ thuộc vào hình dạng và vật liệu của chấm. Trong mô hình hóa chúng tôi lấy $V(x, y, z) = 0$ với các điểm bên trong chấm và $V(x, y, z) = V_0$ với những điểm ngoài chấm. Việc mô tả các chấm lượng tử có hình dạng bất kỳ có thể được biểu diễn bằng các điểm rời rạc trong không gian ba chiều. Trong giới hạn bài báo này, $V(x, y, z)$ chỉ xét trong trường hợp chấm là hình hộp và hình cầu với những kích thước khác nhau (hình 2).



Hình 2: hình dạng của các chấm lượng tử trong mô phỏng

Năng lượng và hàm sóng của phương trình (3) sẽ được tìm bằng phương pháp mô hình hóa. Mô hình này có thể áp dụng cho các chấm lượng tử bán dẫn nếu ta thay độ lớn của thể giam cầm bằng hiệu độ cao của hai khe năng lượng và góc năng lượng sẽ được tính tại đáy vùng dẫn của các bán dẫn có khe năng lượng nhỏ hơn. Ví dụ đối với chấm lượng tử AlGaAs/GaAs, ta sẽ lấy $V_0 = E_g(\text{AlGaAs}) - E_g(\text{GaAs})$. Năng lượng ở trạng thái thấp nhất sẽ lấy bằng E_c là đáy vùng dẫn của GaAs [10].

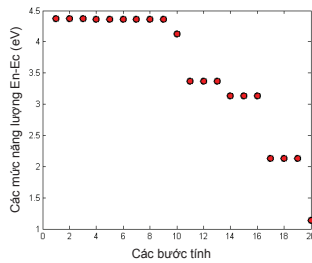


Hình 3: sơ đồ các bước mô phỏng chấm lượng tử

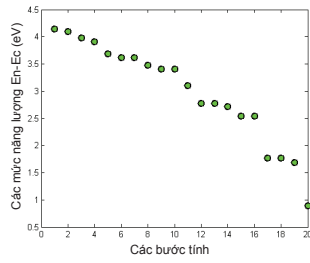
Thuật toán cho mô hình hóa tìm năng lượng và hàm sóng của các chấm lượng tử này được tiến hành như hình 3. Các mức năng lượng của các chấm sẽ là cơ sở để xác định phổ hấp thụ.

Các kết quả mô hình hóa

Bằng phương pháp hàm riêng, trị riêng [11], năng lượng của phương trình (3) cho các chấm lượng tử hình hộp và hình cầu với các kích thước khác nhau được biểu diễn ở hình 4 và hình 5.



Hình 4: 20 mức năng lượng thấp nhất của chấm lượng tử hình hộp kích thước 20x20x20 nm



Hình 5: 20 giá trị thấp nhất trong phổ năng lượng của chấm lượng tử hình cầu bán kính $R = 10$ nm

Từ hình 4 và 5 cho thấy, năng lượng của các chấm lượng tử đã bị lượng tử hóa, trong đó các mức năng lượng thấp nhất nằm cách khá xa nhau, trong khi các mức năng lượng cao hơn có xu thế tiến lại gần nhau hơn. Chi tiết cho các mức năng lượng được ghi cụ thể trong bảng 1 và bảng 2.

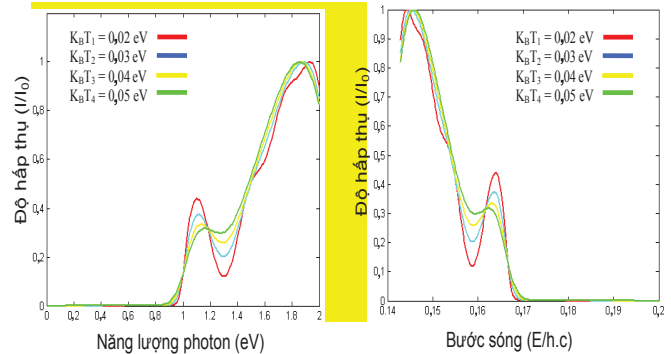
Bảng 1: các mức năng lượng của chấm lượng tử hình hộp kích thước 20x20x20 nm

$E_1 = 2,8336$	$E_2 = 2,8336$	$E_3 = 2,8336$	$E_4 = 2,4961$
$E_5 = 2,4961$	$E_6 = 2,4961$	$E_7 = 2,4961$	$E_8 = 2,4961$
$E_9 = 2,4961$	$E_{10} = 2,2487$	$E_{11} = 1,9435$	$E_{12} = 1,9435$
$E_{13} = 1,9435$	$E_{14} = 1,6961$	$E_{15} = 1,6961$	$E_{16} = 1,6961$
$E_{17} = 1,1436$	$E_{18} = 1,1436$	$E_{19} = 1,1436$	$E_{20} = 0,5910$

Bảng 2: các mức năng lượng của chấm lượng tử hình cầu bán kính $R = 10$ nm

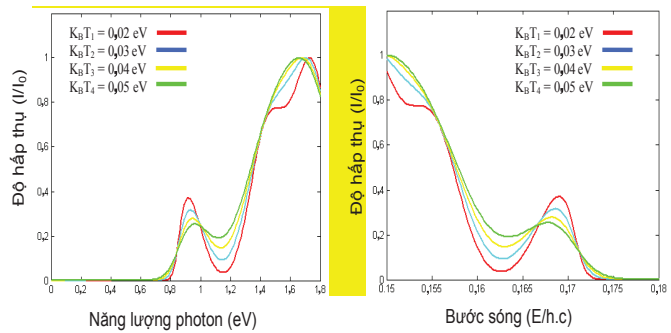
$E_1 = 4,1412$	$E_2 = 4,0996$	$E_3 = 3,9815$	$E_4 = 3,9122$
$E_5 = 3,6848$	$E_6 = 3,6140$	$E_7 = 3,6140$	$E_8 = 3,4732$
$E_9 = 3,4047$	$E_{10} = 3,4047$	$E_{11} = 3,0980$	$E_{12} = 2,7748$
$E_{13} = 2,7748$	$E_{14} = 2,7196$	$E_{15} = 2,5394$	$E_{16} = 2,5394$
$E_{17} = 1,7658$	$E_{18} = 1,7658$	$E_{19} = 1,6887$	$E_{20} = 0,8965$

Từ các mức năng lượng đã tính toán được và kết hợp với xác suất tìm thấy hạt ở nhiệt độ cao (2), ta có thể đi tìm phổ hấp thụ theo năng lượng và theo bước sóng của các chấm lượng tử. Các phổ hấp thụ của các chấm lượng tử được biểu diễn ở hình 6 và 7.



Hình 6: phổ hấp thụ theo năng lượng hạt (trái) và theo bước sóng (phải) của chấm lượng tử hình hộp kích thước 20x20x20 nm.

Trong đó, I_0 là cường độ ánh sáng đầu vào

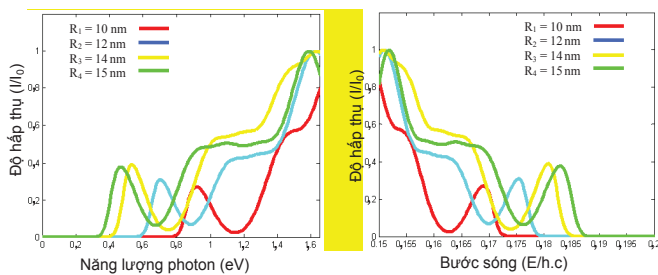


Hình 7: phổ hấp thụ theo năng lượng hạt (trái) và theo bước sóng (phải) của chấm lượng tử hình cầu $R = 10$ nm.

Trong đó, I_0 là cường độ ánh sáng đầu vào

Hình 6 và 7 cũng cho thấy, khi nhiệt độ tăng các đỉnh hấp thụ có xu thế dịch chuyển về phía ánh sáng có năng lượng cao hơn và đỉnh hấp thụ giảm và mở rộng hơn. Các kết quả này phù hợp định tính khá tốt với các kết quả thực nghiệm của L.R Fonseca, J.L Jimenez (1998) [9].

Ngoài ra, sự phụ thuộc của phổ vào kích thước của các chấm lượng tử cũng đã được chúng tôi tính toán và kết quả được thể hiện trong hình 8. Từ đây cho thấy, khi kích thước của các chấm lượng tử tăng dần, các đỉnh của phổ có xu thế dịch chuyển về phía ánh sáng có năng lượng thấp hơn và chúng cũng có xu hướng cao hơn, hẹp hơn, gần với bán dẫn khối.



Hình 8: sự phụ thuộc của phổ hấp thụ vào kích thước của các chấm lượng tử hình cầu

Kết luận

- Bằng phương pháp hàm riêng trị riêng, chúng tôi đã tìm được phổ năng lượng của các chấm lượng tử hình hộp và hình cầu ở các kích thước khác nhau. Trong các phổ này, năng lượng của các chấm đã bị lượng tử hóa. Các chấm lượng tử có hình dạng khác chưa được nghiên cứu trong nội dung bài báo này, song hoàn toàn có thể thực hiện được nếu mô tả thể giam cầm $V(x,y,z)$ dưới dạng một ma trận 3 chiều với các phần tử của ma trận biểu diễn các giá trị tương ứng của thể giam cầm.

- Chúng tôi đã đề xuất một phương pháp xác định xác suất tìm thấy hạt ở nhiệt độ cao cho các điện tử trong chấm lượng tử cũng như trong bán dẫn khối để phù hợp với mô hình tính toán.

- Với phổ năng lượng đã bị lượng tử hóa của các chấm lượng tử, chúng tôi đã mô hình hóa được phổ hấp thụ của các chấm lượng tử bán dẫn với những hình dạng, kích thước và ở các nhiệt độ khác nhau. Các kết quả này phù hợp định tính khá tốt với các kết quả thực nghiệm đo được trên các chấm lượng tử CdSe [5, 6].

- Với phương pháp mô hình hóa, chúng ta có thể dễ dàng giải quyết được các bài toán với các chấm lượng tử 3 chiều có hình dạng bất kỳ, đây là một thách thức với các phương pháp giải tích.

Tài liệu tham khảo

[1] Marta Markiewicz, Heinrich Voss (2006), *Electronic states in three dimensional quantum dot/wetting layer structures*, Computational Science and Its Applications-ICCSA, pp.684-693,

Springer Berlin Heidelberg.

[2] D Leonard, M Krishnamurthy, C.M Reaves, S.P Denbaars, P.M Petroff (1993), “Direct formation of quantum-sized dots from uniform coherent islands of InGaAs on GaAs surfaces”, *Applied Physics Letters*, **63**(23), pp.3203-3205.

[3] H Marchand, P Desjardins, S Guillon, J.E Paultre, Z Bougrioua, R.Y.F Yip, R.A Masut (1997), “Metalorganic vapor phase epitaxy of coherent self-assembled InAs nanometer-sized islands in InP(001)”, *Appl. Phys. Lett*, **71**, pp.527-529.

[4] Y Toda, O Moriwaki, M Nichioka, Y Arakawa (1999), “Efficient Carrier Relaxation Mechanism in InGaAs/GaAs Self-Assembled Quantum Dots Based on the Existence of Continuum States”, *Phys. Rev. Lett*, **82**, pp.4114.

[5] Kongkanand A, Tvrdy K, Takechi K, Kuno M, Kamat P.V (2008), “Quantum dot solar cells. Tuning photoresponse through size and shape control of CdSe–TiO₂ architecture”, *J Am Chem Soc*, **Vol.130**, pp.4007-4015.

[6] Jianjun Tian, Guozhong Cao (2013), “Semiconductor quantum dot-sensitized solar cells”, *Nano Reviews*, **Vol.4**, p.22578.

[7] L Sun, J Fang, J.C Reed, L Estevez, A.C Bartnik, B.R Hyun, F.W Wise, G.G Malliaras, E.P Giannelis (2010), “Lead-Salt Quantum-Dot Ionic Liquids”, *Small*, **6**, pp.638-641.

[8] U.W Pohl, K Pötschke, A Schliwa, F Guffarth, D Bimberg N.D Zakharov, P Werner, M.B Lifshits, V.A Shchukin, D.E Jesson (2005), “Evolution of a multimodal distribution of self-organized InAs/GaAs quantum dots”, *Phys.Rev. B*, **72**, pp.245-332.

[9] L.R Fonseca, J.L Jimenez (1998), “Electronic coupling in InAs/GaAs self-assembled stacked double-quantum-dot systems”, *Physical Review B*, **Vol.58**, pp.9955-9960.

[10] M Benyoucef, A Rastelli, O.G Schmidt, S. M Ulrich, P Michler (2006), “Temperature dependent optical properties of single, hierarchically self-assembled GaAs/AlGaAs quantum dots”, *Nanoscale Research Letters*, **1**(2), pp.172-176.

[11] Anderson, E.Z Bai, C Bischof, S Blackford, J Demmel, J Dongarra, J Du Croz, A Greenbaum, S Hammarling, A McKenney, D Sorensen (1999), *LAPACK User's Guide* (http://www.netlib.org/lapack/lug/lapack_lug.html), Third Edition, SIAM, Philadelphia.

Cơ chế hình thành và các giai đoạn phát triển Biển Đông

Chu Văn Ngợi^{1*}, Trần Nghi¹, Trần Hữu Thân¹

Cao Đình Triều², Nguyễn Trọng Tín³

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Viện Địa vật lý Ứng dụng, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam

³Viện Dầu khí

Ngày nhận bài 13.4.2015, ngày chuyển phản biện 20.4.2015, ngày nhận phản biện 20.5.2015, ngày chấp nhận đăng 25.5.2015

Đã có nhiều mô hình về cơ chế hình thành và phát triển Biển Đông của các tác giả trong nước và nước ngoài. Các mô hình này hết sức đa dạng và phong phú, song có nét chung là xem xét mở Biển Đông được gây bởi một nguồn lực duy nhất. Trên cơ sở phân tích các sự kiện kiến tạo, các mô hình mở Biển Đông, minh giải các băng địa chấn, phân tích các cấu tạo phá hủy, phân tích các tổ hợp thạch kiến tạo, tập thể tác giả đề xuất mô hình mở Biển Đông dựa trên sự kết hợp 3 nguồn lực: nguồn lực gây bởi đựng độ mảng dẫn đến chuyển động thúc trôi, nguồn lực gây bởi hoạt động hút chìm và nguồn lực sâu manti. Vai trò các nguồn lực này không như nhau và được đánh giá theo 3 giai đoạn phát triển Biển Đông: giai đoạn trước tách giãn (trước 32 triệu năm), khu vực Biển Đông bị chi phối bởi các nguồn lực: hoạt động hút chìm, nguồn lực sâu manti và đựng độ mảng; giai đoạn tách giãn (32 triệu năm đến 17 triệu năm): nguồn lực sâu manti đóng vai trò chủ đạo, còn trượt trái của đứt gãy sâu Sông Hồng đóng vai trò cú hích khởi đầu của quá trình tách giãn; và giai đoạn sau tách giãn (từ 17 triệu năm đến nay) với hai thời kỳ đặc trưng: thời kỳ sụt lún bồn (từ Miocen giữa đến Miocen muộn) và thời kỳ sụt lún khu vực (N_2 -Q) bị chi phối bởi nguồn lực sâu manti, ngoài ra ở thời kỳ sụt lún khu vực còn chịu ảnh hưởng của đới hút chìm Philippin và dịch trượt phải của đứt gãy sâu Sông Hồng. Thời kỳ này đóng vai trò hình thành nên diện mạo Biển Đông ngày nay.

Từ khóa: cơ chế, mô hình, tách giãn.

Chỉ số phân loại I.5

Đặt vấn đề

Biển Đông được các nhà nghiên cứu xếp vào biển rìa tây Thái Bình Dương có lịch sử phát triển hết sức độc đáo. Chính vì vậy, Biển Đông đã được nhiều nhà địa chất trong và ngoài nước quan tâm. Cho đến nay đã có nhiều mô hình về cơ chế hình thành Biển Đông nhưng giữa các nhà nghiên cứu chưa xây dựng được một mô hình thống nhất.

Đề tài KC09.20/11-15: “Nghiên cứu kiến tạo - địa động lực, cơ chế hình thành và phát triển các bể Kainozoi Phú Khánh, Nam Côn Sơn, Tư Chính - Vũng Mây dưới ảnh hưởng của tách giãn Biển Đông và bối cảnh kiến tạo địa động lực các vùng kề cận phục vụ điều tra đánh giá tiềm năng khoáng sản, dầu khí” có nhiệm vụ làm rõ cơ chế hình thành Biển Đông để đánh giá ảnh hưởng của Biển Đông đến quá trình hình thành và phát triển các bồn Kainozoi. Trên cơ sở nghiên cứu các vấn đề về kiến tạo địa động lực, mối quan hệ tương tác các nguồn lực và phân tích các mô hình đã công bố, tập thể tác giả đề tài đã xây dựng mô hình theo cơ chế

kết hợp 3 nguồn lực và đánh giá vai trò của các nguồn lực theo các giai đoạn phát triển Biển Đông.

Phương pháp nghiên cứu

Tập thể tác giả quan niệm nghiên cứu cơ chế hình thành Biển Đông và quá trình phát triển phải tiến hành nghiên cứu đồng bộ các hợp phần tạo nên Biển Đông, đó là các bồn Kainozoi, thềm lục địa, trung tâm Biển Đông và các đảo thuộc phạm vi Biển Đông. Với quan điểm như vậy, tập thể tác giả xem xét sự phát triển các hợp phần tạo nên Biển Đông trong một hệ thống có mối quan hệ và tương tác với nhau.

Để giải quyết vấn đề cơ chế hình thành Biển Đông và đánh giá ảnh hưởng của Biển Đông đến sự phát triển các bồn Kainozoi, đề tài đã áp dụng đồng bộ hệ phương pháp sau:

1. Phân tích minh giải các mặt cắt địa chấn nhằm xác định các giai đoạn phát triển các bồn Kainozoi thông qua xác định các kiểu đứt gãy, các bề mặt cấu tạo, quan hệ đứt gãy với các bề mặt cấu tạo.

* Tác giả chính: Email: ngoicv@vnu.edu.vn

MECHANISM OF FORMATION AND STAGES OF DEVELOPMENT OF THE EAST SEA

Summary

There have been many models of formation and development of the East Sea. These models have a common feature that the mechanism of the East Sea formation is based on only one unique force source. Up to now, no consensus has been reached on the mechanism of the East Sea formation between scientists. Based on the analyses of tectonic events, models of the East Sea formation, seismic cross-sections, fracture deformation and analyses of petrotectonic assemblages, the authors have proposed a model combining 3 force sources: a source caused by collision of plate, generating extrusion movement; a source caused by slab pull; and a source caused by mantle. Three force sources have played different roles in the history of the East Sea and been assessed in three stages of development: stage of prespreading, stage of spreading, and stage of post-spreading. In the stage of prespreading, the area of the East Sea was affected by three force sources: plate collision, subduction and mantle. In the stage of spreading, the left lateral strike of Red River fault played the beginning of spreading, but the mantle force was main one controlling development. In the post-spreading stage the thermal subsidence controlled development and created the form of recent East Sea.

Keywords: mechanism, model, spreading.

Classification number 1.5

2. Phân tích cấu tạo sâu dựa trên các tài liệu trọng lực và từ, xác định các kiểu vỏ (vỏ đại dương, vỏ lục địa bị vát mỏng và vỏ lục địa) để làm rõ mối quan hệ của các cấu tạo trên mặt với dưới sâu.

3. Phân tích tổ hợp thạch kiến tạo của các bồn làm cơ sở khôi phục lịch sử phát triển các bồn trong phong chung phát triển Biển Đông.

4. Phương pháp xác định trường lực kiến tạo trên cơ sở xử lý các mặt cắt địa chấn và kết hợp các kết quả khảo sát trên đảo để xác lập các giai đoạn phát triển

kiến tạo của Biển Đông.

5. Phương pháp đối sánh các mặt cắt địa chấn cắt trực tách giãn ở đầu đông bắc với đầu mút ở tây nam nhằm làm rõ bản chất tách giãn của Biển Đông.

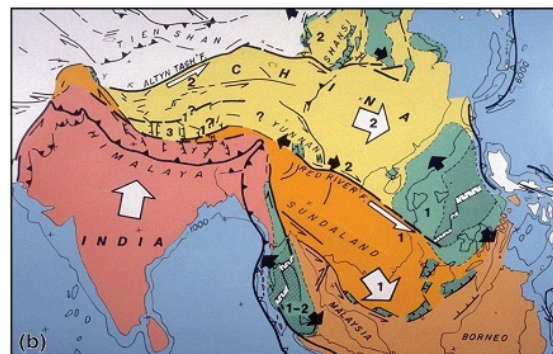
Một số mô hình mở Biển Đông của các tác giả

Ở đây chỉ đề cập đến một số mô hình tiêu biểu.

Các mô hình của các tác giả ngoài nước

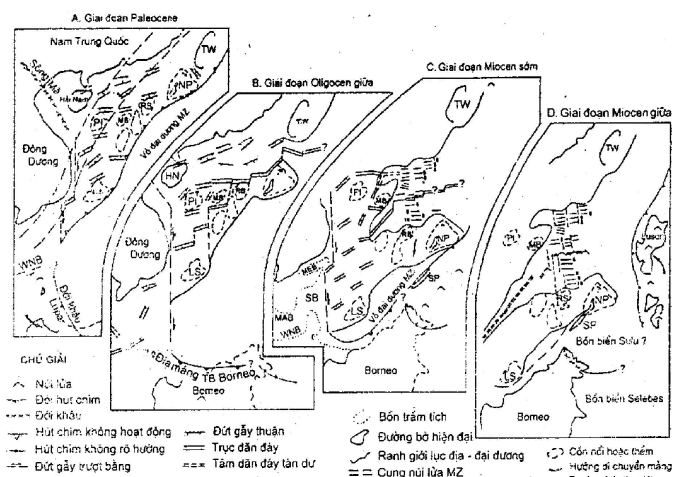
- Mô hình kiến tạo thúc trời của Tapponier (hình 1).

Mô hình kiến tạo thúc trời [1, 2]: mô hình đánh giá cao vai trò dịch trượt trái của đứt gãy Sông Hồng. Theo Rangin biên độ dịch trượt trái chỉ đạt 30-40 km, do đó không thể tạo ra một không gian tách giãn Biển Đông rộng 500 km. Đó là hạn chế của mô hình.

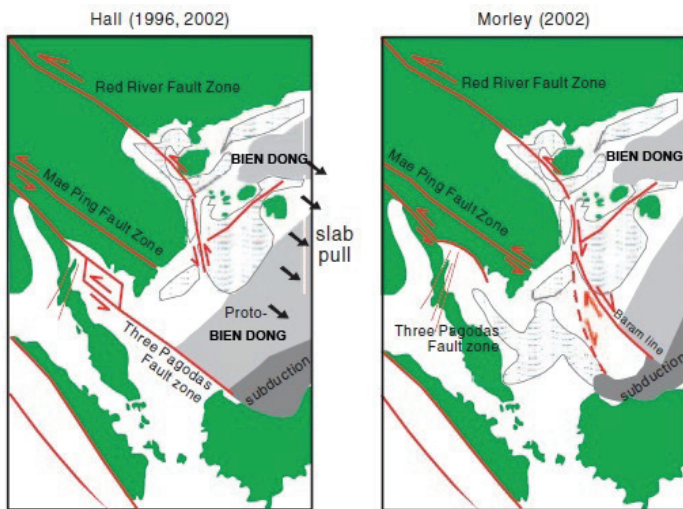


Hình 1: mô hình kiến tạo thúc trời mở Biển Đông [2]

- Mô hình kiểu Đại Tây Dương [3] (hình 2): hình ảnh mở Biển Đông có dáng dấp kiểu Đại Tây Dương. Tuy nhiên ở đây có sự khác biệt: Biển Đông trong quá trình tách giãn có rìa bắc thụ động và rìa nam tích cực và tách giãn theo kiểu nêm. Mô hình kiểu Đại Tây Dương không thể giải thích được tính đặc thù đó.



Hình 2: mô hình kiểu Đại Tây Dương [3]



Hình 3: mô hình mở Biển Đông theo cơ chế kéo tấm [4]

- Mô hình kéo tấm của Hall & Morley [4] (hình 3): mô hình này coi trọng yếu tố hút chìm và chuyển dịch của các hệ đứt gãy. Tuy nhiên, Hall & Morley không thống nhất về cơ chế chuyển động của đứt gãy kinh tuyến. Nếu chỉ có hai nguồn lực thì cũng không thể tạo ra không gian tách giãn rộng lớn.

Các mô hình của các tác giả trong nước

Ở trong nước, nhìn chung các mô hình đề xuất không nhiều. Phần lớn các tác giả thường lựa chọn mô hình của các tác giả ngoài nước để luận giải những vấn đề liên quan. Tập thể tác giả xin trình bày hai mô hình ở hai thời điểm khác nhau:

- Mô hình của Nguyễn Nghiêm Minh 1980 [5]: sự hình thành Biển Đông do trượt trái cùng chiều theo hướng tây bắc với vận tốc khác nhau của hai cánh dọc theo đứt gãy Sông Hồng. Nếu chỉ có dịch trượt thuần túy thì không thể tạo ra không gian rộng lớn của Biển Đông. Mô hình này cũng có hạn chế tương tự như mô hình của Tapponnier.

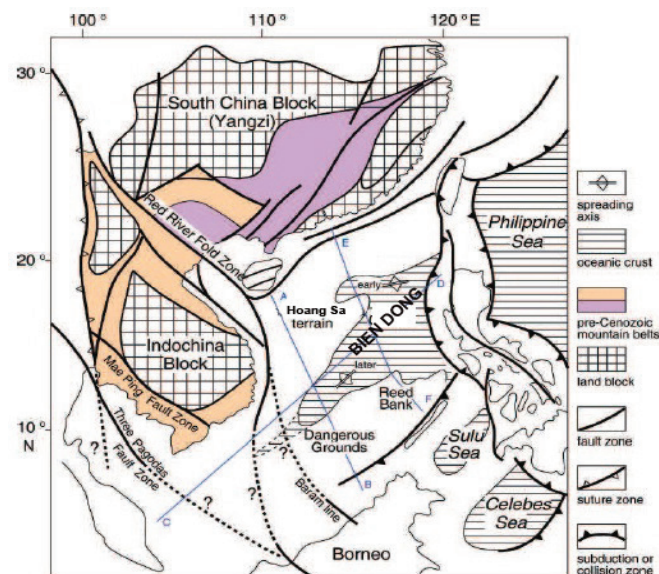
- Mô hình chiếc quạt giấy: đây là mô hình do Phan Trường Thị đề xuất năm 1995. Theo Phan Trường Thị, vào Oligocen sớm chiếc quạt giấy xếp nằm ngang tại vĩ độ 18° bắc (vùng biển Maclesfield thuộc biển Philippin). Trong khi đó trượt bằng đứt gãy Sông Hồng vượt ra vịnh Bắc Bộ đổi hướng bắc nam, kéo đuôi quạt trượt dần theo bờ dốc bắc nam và chiếc quạt giấy được mở rộng về hai phía cho đến khi đuôi quạt đến vĩ độ $9^{\circ}30'$ và kinh độ $110^{\circ}30'$ thì dừng lại (khoảng 16 triệu năm) [6]. Theo mô hình này, động lực chính mở Biển

Đông là hoạt động lõi manti trong lòng Biển Đông, còn đứt gãy sâu Sông Hồng chỉ có vai trò làm xoay hướng trục tách giãn từ đông tây sang đông bắc tây nam. Tuy nhiên, trong mô hình này tác giả không chỉ rõ khi nào trục tách giãn hướng đông tây chuyển sang hướng đông bắc tây nam.

Ngoài ra còn rất nhiều mô hình về cơ chế hình thành và phát triển Biển Đông. Mỗi mô hình có những nét riêng biệt. Điều đó chứng tỏ quá trình hình thành và phát triển Biển Đông là hết sức phức tạp.

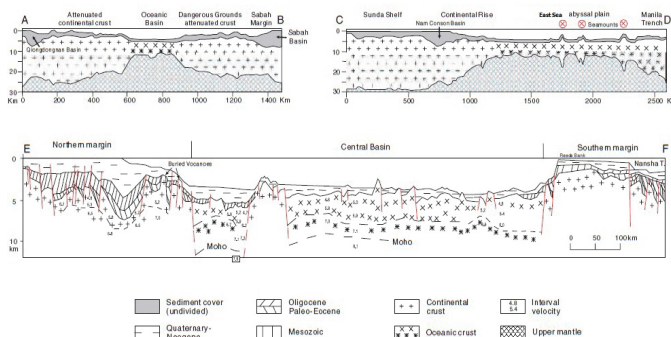
Mô hình kết hợp 3 nguồn lực hình thành Biển Đông và các giai đoạn phát triển

Về mặt kiến tạo, Biển Đông giới hạn bởi khối Nam Trung Hoa ở phía bắc, khối Đông Dương ở phía tây, Biển Philippin ở phía đông, đảo Bocneo và cung đảo Indonesia ở phía nam [4]. Vị trí kiến tạo như vậy không chỉ chi phối sự phát triển Biển Đông mà còn chi phối sự phát triển các bể Kainozoi (hình 4).



Hình 4: bản đồ thể hiện các địa khối, đứt gãy và các mặt cắt (theo Gong and Li, 1997)

Các mặt cắt địa chấn sâu chỉ ra rằng vỏ lục địa có bề dày từ 30 đến 35 km dọc theo rìa bắc, đạt khoảng 14 km ở đới sườn của Biển Đông và độ sâu mặt Mokho ở trung tâm Biển Đông nhỏ hơn 12 km. Bề dày vỏ ở trung tâm Hoàng Sa nằm giữa Hải Nam và Hoàng Sa đạt 8 km. Bề dày vỏ từ 8 đến 12 km tồn tại ở trung tâm Đài Loan (hình 5).

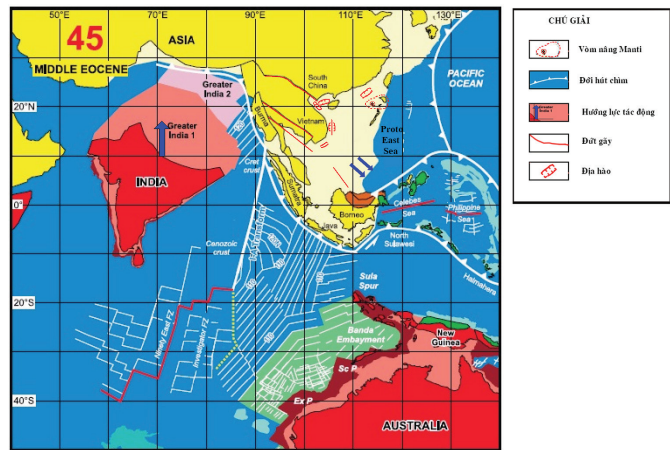


Hình 5: các mặt cắt cấu trúc sâu Biển Đông: A - B, C - D, E - F (vị trí các mặt cắt thể hiện trên hình 4)

Dựa trên các cơ sở: 1) Các sự kiện kiến tạo địa động lực Biển Đông và các vùng kế cận đã xảy ra: thời kỳ nâng vòm san bằng kiến tạo vào cuối Mesozoi đầu Kainozoi, sự kiện đụng độ mảng Ấn - Úc với mảng Âu - Á vào khoảng 50-45 triệu năm trước, tồn tại một Biển Đông cổ vào cuối Mesozoi - đầu Kainozoi và đới hút chìm bắc Palawan, đã hình thành một loạt địa hào trước khi mở Biển Đông, có các cặp dị thường từ đối xứng có tuổi từ 32 triệu năm đến 17 triệu năm [3, 7, 8], tách giãn đáy Biển Đông theo kiểu nêm (đầu đông biên độ tách giãn lớn, đầu tây và tây nam vát nhọn), tồn tại đới hút chìm Philippin vào 10 triệu năm cách ngày nay; 2) Các kết quả nghiên cứu của đề tài về tổ hợp thạch kiến tạo, môi trường lắng đọng trầm tích và đặc điểm biến dạng ở các bể; 3) Cơ sở quá trình rift [9, 10, 11], tập thể tác giả đề xuất mô hình mở Biển Đông theo cơ chế kết hợp ba nguồn lực: nguồn lực sâu manti, nguồn lực đụng độ mảng gây chuyển động thúc trôi và nguồn lực hút chìm. Vai trò của ba nguồn lực được thể hiện qua 3 giai đoạn phát triển Biển Đông.

- Giai đoạn trước tách giãn (từ 65 đến 32 triệu năm)
- Giai đoạn tách giãn (từ 32 đến 17 triệu năm)
- Giai đoạn sau tách giãn (từ 17 triệu năm đến ngày nay)

Giai đoạn trước tách giãn: trước khi xảy ra tách giãn Biển Đông vào 32 triệu năm trước, không gian Biển Đông chịu ảnh hưởng của đới hút chìm tây nam giữa mảng Ấn - Úc xuống mảng Âu - Á, và của đới hút chìm đông và đông nam. Phần lớn diện tích Biển Đông là lục địa và lúc đó quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa cùng đảo Palawan là một khối lục địa thống nhất [12, 13] (hình 6).

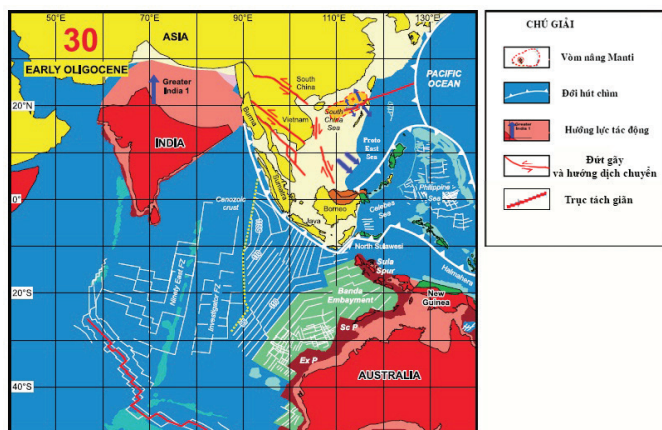


Hình 6: bối cảnh địa động lực trước tách giãn [13]

Vào đầu giai đoạn trước tách giãn, hoạt động nâng vòm của manti tại Biển Đông và các vùng kế cận cùng với hoạt động hút chìm bắc Palawan đã làm căng thạch quyển, làm mỏng bề dày thạch quyển và trung tâm vát mỏng là trung tâm Biển Đông hiện nay. Bằng chứng: 1) Vỏ lục địa có bề dày giảm dần từ lục địa đến trung tâm Biển Đông và tại trung tâm Biển Đông bị tiêu biến (hình 5); 2) Trên không gian rộng lớn nhìn chung vắng mặt các trầm tích tuổi Paleocen; 3) Trong thời kỳ này, vào đầu Kainozoi (trước đụng độ) hình thành một số địa hào nhỏ hẹp lấp đầy các thành tạo lục địa như: Tây Lôi Châu (hệ tầng Changliu tuổi Paleocen), Châu Giang (hệ tầng Shenhu tuổi Paleocen) và Trường Sa (hệ tầng Sinh Tồn tuổi Paleocen) [3, 4, 8] và biểu hiện hoạt động magma phun trào kiềm ở tây bắc Việt Nam (hệ tầng Pu Tra tuổi Paleocen) [14]. Ngoài hoạt động nhiệt dưới sâu và hút chìm kéo tấm, cú đụng độ mảng Ấn - Úc với Âu - Á xảy ra vào 45 triệu năm [1, 8] đã làm tăng cường sự căng của thạch quyển, thúc đẩy hình thành một loạt địa hào vào Eocen (địa hào Sông Hồng, Nam Hải Nam, Phú Khánh và Cửu Long). Các địa hào phát triển trong trường lực căng được khống chế bởi các đứt gãy thuận và lấp đầy chủ yếu là các thành tạo lục địa. Ngoài ra, một vài địa hào có xen các thành tạo phun trào riolit, basalt (bồn Châu Giang), andezit và bazan (bồn Cửu Long) thể hiện hoạt động căng giãn mạnh mẽ ở thời kỳ này. Trong bối cảnh như vậy, riêng bồn Đông Natuna và Sarawak ở phía nam Biển Đông hình thành trên đáy biển vào Eocen, được lấp đầy các thành tạo nguồn gốc biển [4]. Đây chính là minh chứng về tồn tại một Biển Đông cổ.

Giai đoạn tách giãn: trong bối cảnh thạch quyển bị căng và đã hình thành một số địa hào, hoạt động đới đứt gãy sâu Sông Hồng theo cơ chế trượt bằng trái

vào 32 triệu năm đã tạo ra đường nứt cắt qua tiểu lục địa Hoàng Sa - Trường Sa, mở đầu thời kỳ tách giãn Biển Đông (hình 7) [12, 13]. Tách giãn Biển Đông là kết quả tương tác của 3 nguồn lực: lực kéo trượt của đứt gãy sâu Sông Hồng theo cơ chế trượt bằng trái đóng vai trò cú hích làm nứt tách tiểu lục địa Hoàng Sa - Trường Sa cùng lực kéo tấm gây bởi chuyển động hút chìm của đới hút chìm Palawan và nguồn lực do dị thường manti đi lên đã dẫn đến mở Biển Đông. Mở Biển Đông theo cơ chế nêp đâm ngang phát triển từ đông sang tây, với phía bắc trực tách giãn là rìa thụ động và phía nam là rìa động có đới hút chìm. Pha tách giãn kéo dài từ 32 triệu năm đến 17 triệu năm được khống chế bởi nguồn lực dưới sâu và nguồn lực này đóng vai trò chủ đạo và chi phối quá trình phát triển Biển Đông. Từ 32 triệu năm đến 20 triệu năm, trực tách giãn có hướng đông tây, tiếp sau đó trực tách giãn chuyển sang hướng đông bắc tây nam. Sự đổi hướng trực tách giãn từ đông tây sang đông bắc tây nam được gây bởi chuyển động theo cơ chế trượt bằng phải của đứt gãy sườn dốc Đông Việt Nam [8, 15]. Từ 32 triệu năm, đáy Biển Đông kiểu vỏ đại dương luôn luôn được mở rộng về hai phía theo hình nêp bởi quá trình tách giãn và kết thúc vào khoảng 17 triệu năm kéo theo đỉnh chỉ dịch trượt trái của đứt gãy Sông Hồng và hoạt động hút chìm bắc Palawan. Liên quan đến giai đoạn tách giãn, ngoài các địa hào đã hình thành từ trước, một loạt địa hào mới được hình thành (Nam Côn Sơn, Tư Chính - Vũng Mây, Pattani, Malai - Thổ Chu, Tây Natuna, Đông Natuna). Các địa hào tiếp tục phát triển và kết thúc giai đoạn địa hào cùng với thời gian kết thúc tách giãn đáy. Tiếp sau đó, các địa hào là tiền thân các bồn bước sang một giai đoạn phát triển mới.

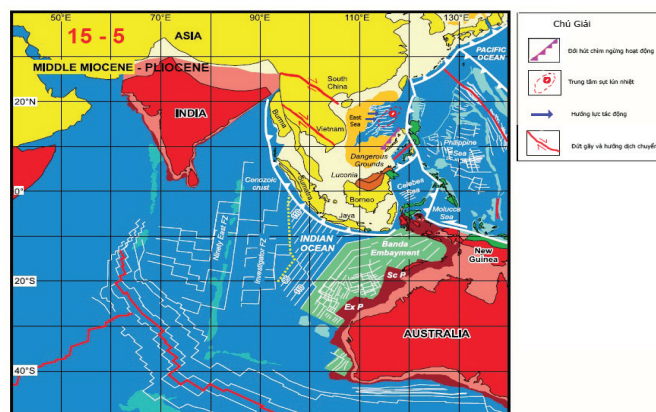


Hình 7: bối cảnh địa động lực thời kỳ đầu tách giãn [13]

Giai đoạn sau tách giãn: giai đoạn sau tách giãn bắt đầu từ 17 triệu năm cho đến ngày nay. Giai đoạn này đặc trưng bởi quá trình sụt lún nhiệt và có thể chia ra hai thời kỳ: thời kỳ sụt lún bồn và thời kỳ sụt lún khu vực (hình 8)

- Thời kỳ sụt lún bồn: xảy ra từ Miocen giữa đến Miocen muộn [8, 16, 17]. Trung tâm Biển Đông sụt lún do nhiệt đã kéo các bồn sụt lún theo, làm cho các bồn được mở rộng. Tại các bồn, các thành tạo lấp đầy trong thời kỳ này có cấu tạo nêp: bắt đầu mỗi nêp là các thành tạo lục địa nằm trên bề mặt bất chỉnh hợp và kết thúc là các thành tạo biển nông. Tính nêp có thể do nguồn lực dưới sâu chi phối liên quan với quá trình tăng và giảm nhiệt. Khi nhiệt giảm gây sụt lún, còn khi nhiệt tăng gây nâng cao bóc mòn. Số nêp trong các bồn không như nhau. Thời kỳ sụt lún bồn kết thúc vào cuối Miocen muộn, đánh dấu bằng pha nâng bào mòn ngưng nghỉ lắng đọng trầm tích. Trong thời kỳ này, tuy quy mô Biển Đông chưa lớn nhưng đã thể hiện ảnh hưởng rõ rệt đến sự phát triển các bồn.

- Thời kỳ sụt lún khu vực: bắt đầu từ Pliocen, đặc trưng bởi sụt lún nhiệt trên diện rộng. Đây là thời kỳ phát triển tạo thêm của Biển Đông, tạo nên một tầng trầm tích dày, các bể liên thông với nhau, ranh giới giữa các cấu tạo hình thành từ trước bị xóa nhòa, làm cho quy mô Biển Đông được mở rộng. Trong thời kỳ này sụt lún nhiệt phân dị cùng với hoạt động hút chìm của đới hút chìm Philippin và dịch trượt phải của đứt gãy sâu Sông Hồng đã làm cho bể Phú Khánh bị sụt bậc dọc theo đới đứt gãy sườn dốc Đông Việt Nam và một số bồn (Nam Côn Sơn, Tư Chính - Vũng Mây) lún chìm nằm ở vị trí nước sâu. Một nét đặc trưng trong thời kỳ này là hoạt động magma khá phát triển ở các đới nâng và các sườn. Kết quả hoạt động thời kỳ này đã tạo nên diện mạo Biển Đông ngày nay.



Hình 8: bối cảnh địa động lực sau tách giãn [13]

So với các mô hình đã công bố, mô hình xây dựng trên cơ sở 3 nguồn lực và coi mở Biển Đông chỉ là một trong các sự kiện thuộc quá trình phát triển Biển Đông ở chừng mực nào đó đã khắc phục được một số hạn chế của các mô hình nêu trên.

Kết luận

1) Các mô hình mở Biển Đông của các tác giả có sự khác biệt lớn về nguồn lực, chưa thỏa mãn trong luận giải quá trình phát triển Biển Đông.

2) Xem xét cơ chế mở Biển Đông cần dựa trên cách tiếp cận hệ thống và phải xem xét các quá trình vận động trong mối quan hệ tương tác với nhau. Nếu xây dựng cơ chế mở Biển Đông chỉ dựa trên một hoặc hai nguồn lực thì không phù hợp với thực tế.

3) Biển Đông mở ra theo cơ chế kết hợp 3 nguồn lực: đụng độ mảng gây chuyển động thúc trôi, kéo tằm do hút chìm và vận động đi lên của plum manti. Dịch trượt trái của đứt gãy Sông Hồng vào 32 triệu năm đóng vai trò cú hích mở đầu cho tách giãn mở Biển Đông và từ đây hoạt động manti đóng vai trò chủ đạo, chi phối quá trình hình thành và phát triển Biển Đông.

4) Lịch sử hình thành và phát triển Biển Đông trải qua 3 giai đoạn:

- Giai đoạn trước tách giãn (65-32 triệu năm) đặc trưng bởi vận động nâng vòm, san bằng kiến tạo, cú đụng độ mảng và hoạt động hút chìm. Vào Paleocen, trên phong chung nâng vòm rộng lớn đã hình thành một vài địa hào được lấp đầy các thành tạo vụn thô lục địa ở các địa hào (Tây Lôi Châu, Châu Giang và Trường Sa). Sau cú đụng độ, một loạt địa hào được hình thành và phát triển thành các bể trong Kainozoi.

- Giai đoạn tách giãn (32-17 triệu năm). Nét đặc trưng của giai đoạn này ghi nhận hoạt động của đứt gãy sâu Sông Hồng theo cơ chế trượt bằng trái làm tăng trường lực căng, đóng vai trò như một cú hích tạo ra một đường nứt mở đầu cho quá trình tách giãn mở Biển Đông. Và từ đây, hoạt động magma manti đóng vai trò chi phối quá trình tách giãn Biển Đông. Trong giai đoạn này, ngoài các địa hào được hình thành từ trước đã hình thành một loạt địa hào. Các địa hào tiếp tục phát triển, chúng chịu ảnh hưởng của quá trình tách giãn Biển Đông và kết thúc vào 17 triệu năm cách ngày nay.

- Giai đoạn sau tách giãn: giai đoạn này đặc trưng bởi quá trình sụt lún nhiệt và được chia ra hai thời kỳ:

+ Thời kỳ sụt lún bồn. Tại các vị trí địa hào được hình thành, quá trình sụt lún xảy ra làm cho bồn mở rộng. Các thành tạo lấp đầy có cấu tạo nhịp đặc trưng.

+ Thời kỳ sụt lún khu vực. Đặc trưng thời kỳ này là sụt lún nhiệt phân dị xảy ra trên diện rộng, tạo một tầng trầm tích dày và xóa nhòa ranh giới giữa các cấu tạo đã hình thành từ trước. Kết quả sụt lún nhiệt khu vực đã hình thành một Biển Đông có diện mạo như ngày nay.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của đề tài KC09.20/11-15 trong việc hoàn thành bài báo này.

Tài liệu tham khảo

[1] Tapponier P, Peltzer G, et al (1982), "Propagating extrusion tectonics in Asia: new insights from simple experiments with plasticine", *Geology*, Vol.10, pp.611-619

[2] Tapponier P, Peltzer G, et al (1986), "On the mechanics of collision between India and Asia", In: Coward M.P and Ries A.C (eds), *Collision tectonics*, Blackwell, Oxford, pp.115-157.

[3] Taylor B, Heyes D.E (1980), "The tectonics evolution of the South China Sea Basin", In: Heyes D.E (ed), *The tectonic and geologic evolution of Southeast Asian Seas and Islands: Part 2*, AGU Gephys, Monogr, Washington D.C, pp.89-104.

[4] Pinxian Wang, Qianyu Li (2009), "The South China Sea, Paleogeography and Sedimentology", Springer, Vol.13, pp.49-67, pp.75-155.

[5] Nguyễn Nghiêm Minh (1980), "Bàn về cơ chế hình thành biển rìa", *Tạp chí Địa chất*, Số 147, tr.4-7.

[6] Phan Trường Thi (1995), "Vai trò địa khối Indosinia trong quá trình hình thành Biển Đông", *Tạp chí Địa chất*, Số 231, tr.29-40.

[7] Briaies A, Patriat P, Tappnner P (1993), "Updated interpretation of magnetic anomalies and seafloor spreading stages in the South China Sea: Implications for the Tertiary tectonics of Southeast Asia", *Journal of geophysical research*, 98(B4), pp.6299-6328.

[8] Tập đoàn dầu khí Việt Nam (2007), *Địa chất và tài nguyên dầu khí Việt Nam*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 549 trang.

[9] Kent C Condie (1988), *Plate Tectonic & Crustal Evolution*, Third Edition. Pergamon press, p.383.

[10] V.E Khain (1995), *Địa kiến tạo trên cơ sở địa động lực*, NXB Đại học tổng hợp Moscova (bản tiếng Nga), tr.473.

[11] E.G Mirlin (1985), *Tách giãn thạch quyển và tạo rift*, NXB Nedra, Moscova (bản tiếng Nga), tr.249.

[12] Robert Hall (2002), "Cenozoic geological and plate tectonic evolution of SE Asia and the SW pacific: Computer- based reconstructions, model and animations", *Journal of Asia Earth Sciences*, pp.353-431.

[13] Robert Hall (2012), "Late Jurassic - Cenozoic reconstruction of the Indonesian region and the Indian ocean", *Tectonophysics*, pp.570-571, pp.1-41.

[14] Cục địa chất Việt Nam (1995), *Địa chất Việt Nam Tập II, Các thành tạo magma*, 355 trang.

[15] Lê Triều Việt (2006), "Các nhân tố chính liên quan đến kiến trúc và chế độ địa động lực Kainozoi khu vực Biển Đông", *Tạp chí Khoa học*, Đại học Quốc gia Hà Nội, 22 (2A) AP, tr.147-158.

[16] Gwang H Lee, Watkins J.S (1998), "Seismic sequence stratigraphy and hydrocarbon potential of the Phu Khanh basin, offshore Central Vietnam, South China Sea", *AAPG Bulletin*, 82(9), pp.1711-735.

[17] Gwang H Lee, Keumsuk Lee, Joel S Watkins (2001), "Geologic evolution of the Cuu long and Nam Con Son basins, offshore southern Vietnam, South China Sea", *AAPG Bulletin*, 85(6), pp.1055- 082.

Các kết quả xây dựng mô hình địa hình động lực trung bình cục bộ sát nhất với mặt biển trung bình trên lãnh hải Việt Nam

Hà Minh Hòa*

Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Ngày nhận bài 15.5.2015, ngày chuyển phản biện 20.5.2015, ngày nhận phản biện 18.6.2015, ngày chấp nhận đăng 24.6.2015

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu của đề tài cấp nhà nước “Nghiên cứu đánh giá các mặt chuẩn mực nước biển (mặt “0” độ sâu, trung bình và cao nhất) theo các phương pháp trắc địa, hải văn và kiến tạo hiện đại phục vụ xây dựng các công trình và quy hoạch đới bờ Việt Nam trong xu thế biến đổi khí hậu” (mã số KC09.19/11-15) liên quan đến việc xây dựng mô hình địa hình động lực trung bình cục bộ (local Mean Dynamic Topography of Vietnam - MDTVN) phù hợp nhất với mặt biển trung bình trên lãnh hải Việt Nam. Mô hình MDTVN sẽ được sử dụng làm nền thông tin địa lý trên Biển Đông phục vụ việc thành lập các bản đồ chuyên đề biển khác nhau và công tác đo đạc - thành lập bản đồ địa hình đáy biển. Mô hình MDTVN được xây dựng dựa trên mặt geoid cục bộ sát nhất với mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu với mục đích đảm bảo xác định độ cao của mọi điểm trên mặt biển trung bình trong hệ độ cao quốc gia HP72. Các dữ liệu được sử dụng để xây dựng mô hình MDTVN bao gồm mô hình DTU10 MDT của Đại học Kỹ thuật Đan Mạch, thế trọng trường $W_0 = 62636847,2911 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu và các mặt biển trung bình cục bộ được xác định từ các số liệu đo mực nước (đến tháng 6.2014) và được quy chiếu về hệ độ cao HP72 tại các trạm nghiệm triều Cô Tô, Hòn Dấu, Hòn Ngự, Tiên Sa (Đà Nẵng), Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu, Côn Đảo và Phú Quốc. Mô hình DTU10 MDT được sử dụng do độ bao phủ toàn bộ các đại dương thế giới của nó, trong đó có lãnh hải Việt Nam.

Quá trình phân tích mặt biển trung bình toàn cầu của mô hình DTU10 MDT cho thấy từ vĩ tuyến $19^{\circ}57'$ trở xuống phía nam Việt Nam, mặt biển trung bình toàn cầu sai lệch hệ thống so với các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều. Việc hiệu chỉnh sai số hệ thống nêu trên cho phép nhận được mô hình MDTVN với độ chính xác cao ở mức $\pm 6,1 \text{ cm}$.

Từ khóa: GPS, mặt biển trung bình, mặt geoid cục bộ, mô hình địa hình động lực trung bình, trạm nghiệm triều.

Chỉ số phân loại 1.5

Đặt vấn đề

Mặt biển trung bình nhiều năm là thành phần của mặt vật lý trái đất và là đối tượng xác định của trắc địa vật lý. Mô hình mặt biển trung bình được sử dụng làm nền thông tin địa lý trên biển phục vụ việc thành lập các bản đồ chuyên đề biển khác và công tác đo đạc - thành lập bản đồ địa hình đáy biển. Các mặt biển trung bình cục bộ được ngành khí tượng - hải văn xác định nhờ các số liệu đo mực nước biển trong thời gian ít nhất 18,6 năm trên các trạm nghiệm triều chỉ phản ánh các mặt biển trung bình tại các khu vực cục bộ trong phạm vi lãnh hải quốc gia. Tuy nhiên, các mặt biển trung bình cục bộ nêu trên là cơ sở quan trọng để kết hợp với mô hình địa hình động lực trung bình (Mean

Dynamic Topography - MDT) DTU10 MDT khi tính đến sự bao trùm lãnh hải quốc gia của mô hình này để xây dựng mô hình địa hình động lực trung bình cục bộ (được ký hiệu là mô hình MDTVN) trên toàn bộ lãnh hải Việt Nam. Mô hình địa hình động lực trung bình DTU10 MDT thực chất là mô hình mặt biển trung bình toàn cầu được xác định tương ứng với mặt geoid toàn cầu.

Trung tâm Vũ trụ quốc gia Đan Mạch (DNSC) thuộc Đại học Kỹ thuật Đan Mạch (DTU) đã thành lập mô hình Địa hình động lực trung bình DNSC08 MDT có quy mô toàn cầu dựa trên mô hình DNSC08 MSS và mô hình trọng trường trái đất EGM2008 [1-4]. Mặt geoid toàn cầu có thể trọng trường

*Email: minhhoavigac@gmail.com

THE RESULTS OF CONSTRUCTING A LOCAL MEAN DYNAMIC TOPOGRAPHY BEST FIT TO MEAN SEA SURFACE ON THE TERRITORIAL WATERS OF VIETNAM

Summary

This scientific article describes the research results of a state - level project “Estimative research of standard surfaces of the sea level (“zero” depth surface, mean and highest sea surfaces) by the methods of geodesy, oceanography and modern tectonics serving the work construction and planning the coast of Vietnam in trend of climate changes” with code KC09.19/11-15 related to the construction of local mean dynamic topography (local Mean Dynamic Topography of Vietnam - MDTVN) best fit to mean sea surface on the territorial waters of Vietnam. MDTVN model will be used as geographical base map on the East sea for making thematic maps of different types and measuring - making topographical maps of the sea bottom. MDTVN model is constructed based on local geoid best fit to the mean sea surface at the tide gauge station Hon Dau to determine the height of any points on the mean sea surface in the state height system HP72. Data used for the construction of the MDTVN consist of the DTU10 MDT model of the Technical University of Denmark, geopotential $W_0 = 62636847.2911 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ of the Hon Dau local geoid and local mean sea surfaces determined from sea level measurement data (till June 2014) at the tide gauge stations Co To, Hon Dau, Hon Ngu, Tien Sa (Da Nang), Quy Nhon, Vung Tau, Con Dao and Phu Quoc. The DTU10 MDT model has been used due to its coverage on the world oceans in general and on the territorial waters of Vietnam in particular.

An analytic process of the global mean sea surface from the DTU10 MDT model has shown that from the parallel of $19^{\circ}57'$ to the south of Vietnam, the global mean sea surface has been systematically inaccurate as compared to the local mean sea surfaces at the tide gauge stations. A correction of the global mean sea surface's systematic error allows to get the MDTVN model with high accuracy at the level of ± 6.1 cm.

Keywords: GPS, local geoid, MDT (Mean Dynamic Topography), mean sea surface, tide gauge station.

Classification numbers 1.5

$\overline{W}_0 = 62636856,0 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ đã được sử dụng để xây dựng mô hình EGM2008 [5]. Các ô chuẩn kích thước $1' \times 1'$ của mô hình DNSC08 MDT bao phủ toàn cầu, riêng ở xích đạo kích thước các ô chuẩn là $2' \times 2'$. Mô hình DNSC08 MSS (Mean Sea Surface - MSS) thực chất là mô hình mặt biển trung bình toàn cầu được xác định tương ứng với ellipsoid WGS84 quốc tế và được xây dựng dựa trên các dữ liệu altimetry từ các dự án vệ tinh TOPEX/POSEIDON, JASON-1, GEOSAT, GFO, ERS-1, ERS-2, ICESAT trong giai đoạn 1993-2004. Độ chênh giữa mặt biển trung bình toàn cầu từ DNSC08 MSS và mặt geoid EGM2008 là 23 cm trên phạm vi toàn cầu. Độ chênh này không được tính đến khi xây dựng DNSC08 MDT. Các giá trị MDT cực đại và cực tiểu của DNSC08 MDT là +1,35 m và -1,86 m. Giá trị trung bình bằng 0,23 m. Theo đánh giá trong tài liệu [6], việc xác định độ chênh của MDT theo mô hình DNSC08 MDT và kết quả đo GPS trên 320 trạm nghiệm triều ở nước Anh cho thấy sai số trung phương của các độ chênh ở mức $\pm 6,8$ cm, còn độ chênh của MDT theo mô hình DNSC08 MDT và kết quả đo GPS trên 4 trạm nghiệm triều ở Na Uy cho thấy sai số trung phương của các độ chênh ở mức $\pm 4,1$ cm. Mô hình địa hình động lực trung bình DTU10 MDT với độ phân giải $1' \times 1'$ được phát triển từ mô hình DNSC08 MDT do Viện Vũ trụ quốc gia (trước đây là Trung tâm Vũ trụ quốc gia) thuộc Đại học Kỹ thuật Đan Mạch thực hiện. Mô hình này được tăng cường bởi các dữ liệu đo cao vệ tinh ở vùng Bắc cực nhờ dự án vệ tinh ENVISAT.

Xét cả về độ bao trùm các biển và các đại dương thế giới, cả về độ chính xác, mô hình DTU10 MDT được đánh giá là mô hình mặt biển trung bình toàn cầu tốt nhất hiện nay. Vì lý do này, mô hình DTU10 MDT kết hợp với các mặt biển trung bình được xác định (đến tháng 6.2014) trên các trạm nghiệm triều có thời gian đo mực nước biển lớn hơn 18,6 năm trên lãnh hải Việt Nam như các trạm nghiệm triều Cô

Tô, Hòn Dấu, Hòn Ngur, Tiên Sa (Đà Nẵng), Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu, Côn Đảo và Phú Quốc sẽ là một trong những tiền đề quan trọng để xây dựng mô hình MDTVN.

Để xây dựng mô hình MDTVN, chúng ta cần phải thực hiện các nhiệm vụ khoa học - kỹ thuật sau: 1) Xác định các độ cao chuẩn của các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều trong hệ độ cao quốc gia HP72; 2) Đánh giá sự tồn tại của sai số hệ thống giữa mặt biển trung bình toàn cầu được xác định từ mô hình DTU10 MDT và các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều; 3) Xây dựng quy trình xây dựng mô hình MDTVN từ mô hình DTU10 MDT.

Các kết quả thực hiện các nhiệm vụ khoa học - kỹ thuật nêu trên được trình bày chi tiết trong bài báo này.

Đối tượng và phương pháp

Đối tượng cần xác định là mô hình địa hình động lực trung bình cục bộ (MDTVN) trên lãnh hải Việt Nam với độ chính xác ở mức ± 6 cm. Các nguồn dữ liệu quan trọng để xây dựng mô hình MDTVN bao gồm:

- Mô hình DTU10 MDT phủ trùm lãnh hải Việt Nam được xác định trong hệ WGS84 quốc tế trong hệ không phụ thuộc triều.

- Các mặt biển trung bình cục bộ được xác định theo các số liệu đo mực nước biển (đến tháng 6.2014) tại các trạm nghiệm triều Cô Tô, Hòn Dấu, Hòn Ngur, Tiên Sa (Đà Nẵng), Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu, Côn Đảo và Phú Quốc.

- Các độ cao chuẩn trong hệ độ cao quốc gia HP72 của các “0” trạm của các trạm nghiệm triều Hòn Dấu, Tiên Sa (Đà Nẵng), Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu được xác định từ đề tài cấp nhà nước [7], thêm vào đó cần lưu ý rằng độ cao chuẩn trong hệ độ cao HP72 được xác định trong hệ triều trung bình.

- Thế trọng trường $W_0 = 62636847,2911 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ của mặt geoid cục bộ sát nhất với mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu và độ cao 0,890 m của mặt geoid Hòn Dấu so với mặt geoid toàn cầu, thêm vào đó độ cao này là không đổi trên toàn bộ lãnh thổ Việt Nam. Các dữ liệu này đã được xác định và công bố trong các tài liệu [8-10];

- Mô hình quasigeoid quốc gia khởi đầu VIGAC2014 dựa trên mặt geoid cục bộ Hòn Dấu và được xây dựng từ mô hình trọng trường trái đất EGM2008 - sản phẩm của đề tài cấp nhà nước này đã được công bố trong các

tài liệu [10, 11].

Các phương pháp xử lý dữ liệu đóng vai trò then chốt trong việc xây dựng mô hình MDTVN. Như đã chứng minh trong tài liệu [10], hệ độ cao HP72 được xác định trong hệ triều trung bình và dưới tác động của sóng triều thường trực (sóng vùng) do sức hút của mặt trăng và mặt trời, độ cao chuẩn bị sai lệch hệ thống từ +5 cm ở cực Bắc đến +9,3 cm ở cực Nam Việt Nam. Chính vì lý do này, theo Nghị quyết số 16 của Đại hội đồng Liên đoàn trắc địa và địa vật lý quốc tế (IUGG) tại Hamburg (CHLB Đức) vào tháng 8.1983, tất cả các dữ liệu trắc địa phải chuyển về hệ triều 0 [12]. Như vậy, các độ cao chuẩn của các “0” trạm của các trạm nghiệm triều Hòn Dấu, Tiên Sa (Đà Nẵng), Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu phải được chuyển từ hệ triều trung bình (mean tide system) về hệ triều 0 (zero tide system) theo công thức sau [10]:

$$H_z^{\gamma} = H_m^{\gamma} + 0,099 - 0,296 \cdot \sin^2 B < m > \quad (1)$$

Trong đó, B - vĩ độ trắc địa của trạm, các ký hiệu “m” và “z” là viết tắt của các chữ tiếng Anh mean (trung bình) và zero (0).

Các giá trị $\overline{MDT}_n$ được xác định từ mô hình DTU10 MDT là các độ cao của các mặt biển trung bình toàn cầu so với mặt geoid toàn cầu tại các trạm nghiệm triều và được tính chuyển từ hệ không phụ thuộc triều (non - tide system) về hệ triều 0 theo công thức [10]:

$$\overline{MDT}_z = \overline{MDT}_n + 0,033 - 0,0998 \cdot \sin^2 B < m > \quad (2)$$

Ở đây ký hiệu “n” viết tắt từ chữ tiếng Anh “non - tide”.

Với mục đích xây dựng mô hình MDTVN từ mô hình DTU10 MDT sao cho sát nhất với mặt biển trung bình cục bộ trên lãnh hải Việt Nam, đầu tiên chúng ta phải chuyển các giá trị $\overline{MDT}_z$ được xác định trên các trạm nghiệm triều từ mặt geoid toàn cầu về mặt geoid cục bộ Hòn Dấu theo công thức [10]:

$$\overline{MDTVN}_z = \overline{MDT}_z - 0,890 \text{ m} \quad (3)$$

Tiếp theo, xác định các độ chênh giữa các giá trị $\overline{MDTVN}_z$ và các độ cao chuẩn nhà nước trong hệ triều 0 của các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều và kiểm tra sự có mặt của sai số hệ

thống trong dãy các giá trị $\overline{MDTVN_z}$. Nếu phát hiện thấy sự có mặt của sai số hệ thống nêu trên, chúng ta sẽ xác định số hiệu chỉnh vào các giá trị $\overline{MDTVN_z}$ để loại bỏ sai số hệ thống. Cuối cùng, các giá trị $\overline{MDTVN_z}$ lại được so sánh với các độ cao chuẩn nhà nước trong hệ triều 0 của các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều để đánh giá độ chính xác của mô hình MDTVN được xây dựng.

Kết quả

Với các độ cao chuẩn của “0” trạm trong hệ triều 0 được xác định theo công thức (1) và các mặt biển trung bình so với các “0” trạm tại các trạm nghiệm triều được xác định theo số liệu đo mực nước đến tháng 6.2014, chúng ta tính toán độ cao nhà nước của các mặt biển trung bình cục bộ trong hệ triều 0 tại các trạm nghiệm triều. Các kết quả tính toán được trình bày trong bảng 1. Các độ cao chuẩn của các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều Cô Tô, Hòn Ngur, Côn Đảo, Phú Quốc được xác định dựa trên công nghệ GPS, mô hình quasigeoid khởi đầu VIGAC2014 và theo phương pháp được trình bày trong tài liệu [10].

Bảng 1

STT	Tên trạm nghiệm triều	Độ cao chuẩn của “0” trạm trong hệ triều 0 (m)	Các mặt biển trung bình so với “0” trạm (m)	Độ cao chuẩn trong hệ triều 0 của các mặt biển trung bình tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu (m)
1	Cô Tô			0,192
2	Hòn Dấu	-1,878	1,878	0,000
3	Hòn Ngur			0,085
4	Tiên Sa (Đà Nẵng)	-0,877	0,980	0,103
5	Quy Nhơn	-1,464	1,540	0,076
6	Nha Trang	-1,220	1,270	0,050
7	Vũng Tàu	-2,700	2,670	-0,030
8	Côn Đảo			0,044
9	Phú Quốc			-0,098

Các kết quả tính chuyển các giá trị $\overline{MDT_n}$ được xác định từ mô hình DTU10 MDT từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều 0 theo công thức (2) và được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2

STT	Tên trạm	Độ cao của mặt biển trung bình toàn cầu so với mặt geoid toàn cầu $\overline{MDT_z}$ (m)	Số hiệu chỉnh chuyển từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều 0 (m)	Các giá trị $\overline{MDT_z}$ tương ứng với geoid toàn cầu trong hệ triều 0 (m)
1	Cô Tô	1,075	0,020	1,095
2	Hòn Dấu	0,874	0,021	0,895
3	Hòn Ngur	1,287	0,023	1,310
4	Tiên Sa (Đà Nẵng)	1,131	0,025	1,156
5	Quy Nhơn	1,211	0,027	1,238
6	Nha Trang	1,230	0,028	1,258
7	Vũng Tàu	1,297	0,029	1,326
8	Côn Đảo	1,148	0,031	1,179
9	Phú Quốc	1,191	0,030	1,221

Các kết quả chuyển các giá trị $\overline{MDT_z}$ trong bảng 2 từ mặt geoid toàn cầu về mặt geoid cục bộ Hòn Dấu theo công thức (3) được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3

STT	Tên trạm	Các giá trị $\overline{MDT_z}$ tương ứng với geoid toàn cầu trong hệ triều 0 (m)	Số hiệu chỉnh về mặt geoid cục bộ Hòn Dấu $\overline{MDTVN_r}$ (m)	Các giá trị $\overline{MDTVN_r}$ tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu trong hệ triều 0 (m)
1	Cô Tô	1,095	-0,890	0,205
2	Hòn Dấu	0,895	-0,890	0,005
3	Hòn Ngur	1,310	-0,890	0,420
4	Tiên Sa (Đà Nẵng)	1,156	-0,890	0,266
5	Quy Nhơn	1,238	-0,890	0,348
6	Nha Trang	1,258	-0,890	0,368
7	Vũng Tàu	1,326	-0,890	0,436
8	Côn Đảo	1,179	-0,890	0,289
9	Phú Quốc	1,221	-0,890	0,331

Các kết quả tính các hiệu C giữa độ cao chuẩn trong hệ triều 0 của mặt biển trung bình cục bộ trong bảng 1 và giá trị $\overline{MDTVN_z}$ trong bảng 3 trên trạm nghiệm triều tương ứng được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4

STT	Tên trạm	Độ cao chuẩn của các mặt biển trung bình tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu (m)	Các giá trị MDTVN _z tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu trong hệ triều 0 (m)	Độ chênh C _i (m)
1	Cô Tô	0,192	0,205	-0,013
2	Hòn Dấu	0,0	0,005	-0,005
3	Hòn Ngur	0,085	0,420	-0,335
4	Tiên Sa (Đà Nẵng)	0,103	0,266	-0,163
5	Quy Nhơn	0,076	0,348	-0,272
6	Nha Trang	0,050	0,368	-0,318
7	Vũng Tàu	-0,030	0,436	-0,466
8	Côn Đảo	0,044	0,289	-0,245
9	Phú Quốc	-0,098	0,331	-0,429
Tổng				-2,228

Theo tài liệu [13], khi đánh giá so sánh mặt biển trung bình từ các mô hình khác nhau, nếu độ chênh nhỏ hơn $\pm 0,1$ m thì có thể xem là nhỏ và bỏ qua. Do đó, chúng ta coi các hiệu C trên các trạm nghiệm triều Cô Tô và Hòn Dấu không có sai số hệ thống. Điều này cũng có nghĩa rằng tại khu vực biển của các trạm nghiệm triều Cô Tô và Hòn Dấu, mặt biển trung bình toàn cầu được coi là trùng với mặt biển trung bình cục bộ.

Tại 7 trạm nghiệm triều còn lại, các giá trị C_i khá lớn. Để kiểm tra sự tồn tại của sai số hệ thống của mô hình DTU10 MDT, theo các giá trị C_i của 7 trạm nghiệm triều còn lại, chúng ta xác định 2 đại lượng

$$A = \sum_{i=1}^7 C_i = -2,228 \text{ m và } B = \sum_{i=1}^7 |C_i| = 2,228 \text{ m.}$$

Do $|A| = 2,228 \text{ m} > 0,25 \times 2,228 \text{ m} = 0,557 \text{ m}$, nên theo lý thuyết hiệu chỉnh các trị đo kép, trong dãy các giá trị MDTVN_z có chứa sai số hệ thống. Số hiệu chỉnh do sai số hệ thống bằng $-\frac{2,228}{7} = -0,318 \text{ m}$.

Khi nghiên cứu mô hình DTU10 MDT trên lãnh hải Việt Nam, chúng ta thấy rằng:

- Vùng biển 1 nằm giữa các vĩ tuyến 19°57' và 21°32' và giữa các kinh tuyến 106° và 108°, mặt biển trung bình toàn cầu tương đối bằng phẳng, sự thay đổi bề mặt nhỏ. Giá trị $\overline{MDT}_n$ trung bình ở mức 0,890 m.

- Vùng biển 2 nằm giữa các kinh tuyến 106° và 108° và từ vĩ tuyến 19°57' trở xuống phía Nam, mặt biển trung bình toàn cầu thay đổi đột ngột với giá trị $\overline{MDT}_n$ trung bình ở mức 1,3 m.

- Vùng biển 3 nằm giữa các kinh tuyến 108° và 110° và từ vĩ tuyến 21° trở xuống phía Nam, mặt biển trung bình toàn cầu thay đổi đột ngột với giá trị $\overline{MDT}_n$ trung bình ở mức 1,2÷1,4 m.

Sự nâng cao đột ngột của mặt biển trung bình toàn cầu tại các vùng 2, 3 so với vùng 1 là nguyên nhân gây ra sai số hệ thống trong các giá trị $\overline{MDT}_n$ so với các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều Hòn Ngur, Tiên Sa, Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu, Côn Đảo và Phú Quốc.

Với mục đích xây dựng mô hình MDTVN_z phù hợp nhất với mặt biển trung bình cục bộ trên lãnh hải Việt Nam dựa trên mô hình DTU10 MDT, chúng ta sẽ hiệu chỉnh sai số hệ thống trong các giá trị MDTVN_z trong bảng 4 trên các trạm nghiệm triều Hòn Ngur, Tiên Sa, Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu, Côn Đảo, Phú Quốc và so sánh các giá trị MDTVN_z với các giá trị độ cao chuẩn nhà nước của các mặt biển trung bình trên tất cả 9 trạm nghiệm triều được nghiên cứu. Các kết quả tính toán được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5

STT	Tên các trạm nghiệm triều	Các giá trị MDTVN _z tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu trong hệ triều 0 (m)	Số hiệu chỉnh do sai số hệ thống (m)	Các giá trị MDTVN _z được hiệu chỉnh (m)	Độ cao chuẩn của các mặt biển trung bình tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu (m)	Độ chênh d _i (m)
1	Cô Tô			0,205	0,192	0,013
2	Hòn Dấu			0,005	0,000	0,005
3	Hòn Ngur	0,420	-0,318	0,102	0,085	0,017
4	Tiên Sa	0,266	-0,318	-0,052	0,103	-0,155
5	Quy Nhơn	0,348	-0,318	0,030	0,076	-0,046
6	Nha Trang	0,368	-0,318	0,050	0,050	0,000
7	Vũng Tàu	0,436	-0,318	0,118	-0,030	0,148
8	Côn Đảo	0,289	-0,318	-0,029	0,044	-0,071
9	Phú Quốc	0,331	-0,318	0,013	-0,098	0,111

Để kiểm tra trong dãy các giá trị $MDTVN_z$ được hiệu chỉnh có còn chứa sai số hệ thống hay không, chúng ta tính $A = \sum_{i=1}^9 d_i = 0,022 \text{ m}$, $B = \sum_{i=1}^9 |d_i| = 0,566 \text{ m}$.

Do $|A| = 0,022 \text{ m} < 0,25 \cdot B = 0,1415 \text{ m}$, nên trong dãy các giá trị $MDTVN_z$ được hiệu chỉnh không chứa sai số hệ thống.

Độ chính xác của mô hình MDTVN được đánh giá theo công thức:

$$m_{MDTVN} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^9 d_i^2}{2.9}} = \pm \sqrt{\frac{0,06589}{18}} = \pm 0,061 \text{ m}$$

Chúng ta thấy rằng mô hình $MDTVN_z$ được xây dựng bằng cách nêu trên có độ chính xác rất cao, tương đương với yêu cầu độ chính xác độ cao quốc gia hạng I.

Với các kết quả nghiên cứu được trình bày ở trên, chúng ta có quy trình thành lập mô hình MDTVN phù hợp với mặt biển trung bình trên lãnh hải Việt Nam dựa trên mô hình DTU10 MDT được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: Chuyển tất cả các giá trị $\overline{MDT}_n$ tại các đỉnh của các ô chuẩn $1' \times 1'$ trong mô hình DTU10 MDT, thêm vào đó các ô chuẩn thuộc lãnh hải Việt Nam, từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều 0 và chuyển về tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu theo công thức:

$$\overline{MDT}_z = \overline{MDT}_n - 0,890 \text{ m} + \delta MDT_{n-z}$$

Trong đó: δMDT_{n-z} - số cải chính chuyển giá trị $\overline{MDT}$ từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều 0 và được xác định theo công thức:

$$\delta MDT_{n-z} = 0,033 - 0,0998 \cdot \sin^2 B$$

Ở đây B - vĩ độ trắc địa của đỉnh ô chuẩn tương ứng với ellipsoid WGS84 quốc tế.

Bước 2: Khi đỉnh của ô chuẩn $1' \times 1'$ nằm ở vĩ tuyến với vĩ độ nhỏ hơn $19^\circ 57'$, chúng ta hiệu chỉnh các giá trị $\overline{MDT}_z$ do sai số hệ thống của mặt biển trung bình toàn cầu so với mặt biển trung bình cục bộ trong lãnh hải Việt Nam theo công thức:

$$\overline{MDT}_z = \overline{MDT}_z - 0,318 \text{ m}$$

Bàn luận

Cách tiếp cận phương pháp xây dựng mô hình địa hình động lực trung bình cục bộ phù hợp với mặt biển trung bình trên lãnh hải quốc gia dựa trên mô hình MDT quốc tế được trình bày trong bài báo này là cách tiếp cận mới, chưa được công bố trên thế giới. Khi đánh giá mặt biển trung bình toàn cầu so với mặt biển trung bình cục bộ trên các trạm nghiệm triều trong lãnh hải quốc gia, một số nước như Anh, Na Uy thường sử dụng mô hình mặt biển trung bình (Mean Sea Surface - MSS) xác định độ cao của mặt biển trung bình toàn cầu so với mặt ellipsoid quốc tế WGS84.

Vấn đề mấu chốt của việc đề xuất phương pháp xây dựng mô hình MDTVN được trình bày ở trên là xác định được thế trọng trường $W_0 = 62636847,2911 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu, độ cao 0,890 m của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu so với mặt geoid toàn cầu và sự không đổi của độ cao này trên toàn bộ lãnh thổ Việt Nam [8-10]. Do đó, phương pháp xây dựng mô hình MDTVN được trình bày ở trên là phương pháp hoàn toàn mới.

Trong khuôn khổ thực hiện đề tài cấp nhà nước KC09.19/11-15, mô hình MDTVN trên toàn bộ lãnh hải Việt Nam là sản phẩm quan trọng của đề tài sẽ tạo ra nền thông tin địa lý trên Biển Đông, phục vụ đắc lực cho việc thành lập các bản đồ chuyên đề về biển và công tác đo đạc - thành lập bản đồ địa hình đáy biển.

Kết luận

Các phương pháp được sử dụng để xây dựng mô hình MDTVN phù hợp nhất với mặt biển trung bình trên lãnh hải Việt Nam dựa trên mô hình DTU10 MDT có cơ sở khoa học chặt chẽ và đáp ứng đầy đủ các yêu cầu hiện đại của công tác xử lý các dữ liệu trắc địa trên cơ sở quy chiếu các dữ liệu về hệ triều 0, quy chiếu các giá trị $\overline{MDT}_z$ được xác định từ mô hình DTU10 MDT về mặt geoid cục bộ Hòn Dấu, đánh giá so sánh các giá trị $\overline{MDTVN}_z$ với các độ cao nhà nước của các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều để phát hiện sai số hệ thống của mặt biển trung bình toàn cầu của mô hình DTU10 MDT và hiệu chỉnh tương ứng để loại bỏ sai số hệ thống trong các giá trị $\overline{MDTVN}_z$. Các kết quả thực nghiệm cho thấy, mô hình MDTVN có độ chính xác rất cao (ở mức $\pm 6,1 \text{ cm}$). Việc sử dụng tiếp theo các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều Bạch Long Vĩ, Cửa Ông, Bãi Cháy, Sầm Sơn, Cồn Cỏ, Phú Quý, Thổ Chu

sẽ nâng cao độ chính xác của mô hình MDTVN trên toàn bộ lãnh hải Việt Nam.

Lời cảm ơn

Tác giả cảm ơn Chương trình KH&CN trọng điểm cấp nhà nước KC09/11-15 “Nghiên cứu KH&CN phục vụ quản lý biển, hải đảo và phát triển kinh tế biển” đã hỗ trợ thực hiện bài báo này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Andersen O.B, Knudsen P (2008), “The DNSC08 MDT Mean Dynamic Topography”, *EGU 2008 Meeting*, Vienna, Austria, April, pp.14-18.
- [2] Andersen O.B, et al (2008), “The DTU10 global Mean sea surface and Bathymetry”, *Presented EGU-2008*, Vienna, Austria, April, oa@space.dtu.dk.
- [3] Andersen O.B, Knudsen P, Berry P, Kenyon S (2008), “The DNSC08 ocean-wide altimetry derived gravity anomaly field”, *EGU 2008 Meeting*, Vienna, Austria, pp.14-18.
- [4] Andersen O.B, Knudsen P (2009), “DNSC08 mean sea surface and mean dynamic topography models”, *Journal of Geophysical Research*, **Vol.114**.
- [5] Tenzer R, Vatr V, Amos M (2009), “Realization of the World Height System in New Zealand: Preliminary Study”, *Geodesy for Planet Earth*, pp.343-349, Proceedings of the 2009 IAG Symposium, Buenos Aires, Argentina, *International Association of Geodesy Symposia*, **Vol.136**, 2012, Steve Kenyon, Maria Christina Pacino, Urs Marti, ISBN: 278-3-642-20337-4.
- [6] Andersen O.B, Knudsen P (2010), “The DTU10 mean sea surface and mean dynamic topography - improvements in the Arctic and coastal zone”, *DTU Space*, Technical University of Denmark, OSTST, Lissabon, Portugal.
- [7] Đào Chí Cường, Phạm Hoàng Lân, Nguyễn Nguyên Cương, Bùi Xuân Thông và nnk (2001), “Nghiên cứu xác lập chuẩn “0” độ sâu quốc gia phần lãnh hải Việt Nam”, *Báo các khoa học và kỹ thuật của đề tài cấp nhà nước mã số 06-06 thuộc Chương trình điều tra nghiên cứu biển mã số KHCN06*, Bộ KH&CN.
- [8] Hà Minh Hòa và nnk (2012), “Nghiên cứu cơ sở khoa học của việc hoàn thiện hệ độ cao gắn liền với việc xây dựng hệ tọa độ động lực quốc gia”, *Đề tài KH&CN cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường giai đoạn 2010-2012*.
- [9] Hà Minh Hòa (2013), “Estimating the geopotential value W_0 of the local geoid based on data from local and global normal heights of GPS/Leveling points in Vietnam”, *Geodesy and Cartography*, **39(3)**, pp.99-105, Taylor & Francis, UDK 528.21, doi:10.3846/20296991.2013.823705.
- [10] Hà Minh Hòa (2014), “Lý thuyết và thực tiễn của Trọng lực trắc địa”, *NXB Khoa học và Kỹ thuật*, 592 tr.
- [11] Hà Minh Hòa (2014), “Phương pháp chuyển độ cao chuẩn nhà nước lên các mặt biển trung bình tại các trạm nghiệm triều trên các đảo xa”, *Báo cáo khoa học, Kỷ yếu Hội nghị khoa học trắc địa và bản đồ vì hội nhập quốc tế*, Viện Khoa học đo đạc và bản đồ, Hội Trắc địa, Bản đồ và Viễn thám Việt Nam, tr.2-15.
- [12] International Association of Geodesy (IAG) (1984), “IAG Resolutions adopted at the XVIII General Assembly of the IUGG in Hamburg, August 1983”, *Bulletin Geodetique*, **58(3)**, The Geodesist’s handbook, p.321.
- [13] Turner J.H, Iliffe J.C, Ziebart M.K, Jones C (2013), “Global Ocean tide Models: Assessment and Use within a Surface Model of Lowest Astronomical Tide”, In: *Marine Geodesy*, **36**, pp.123-137, Taylor & Francis Group, LLC. ISSN: 0149-0419 print/1521-060X online, DOI: 10.1080/01490419.2013.771717.

Đặc điểm địa hình, cấu trúc địa chất và diễn biến đường bờ đối bờ biển Tây Cà Mau

Trần Thị Thu Hiền*, Đặng Hòa Vĩnh

Viện Địa lý Tài nguyên TP Hồ Chí Minh, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

Ngày nhận bài 23.2.2015, ngày chuyển phản biện 28.2.2015, ngày nhận phản biện 26.3.2015, ngày chấp nhận đăng 1.4.2015

Một trong những thách thức mà tỉnh Cà Mau đang phải đối mặt là tình trạng xói lở bờ biển. Bình quân mỗi năm đường bờ biển ở Cà Mau bị xói lở khoảng 5 km trên chiều dài 254 km. Như vậy, mỗi năm tỉnh Cà Mau bị mất khoảng 927 ha đất do sạt lở. Trong đó tình trạng xói lở khu vực bờ biển Tây là rất đáng lo ngại. Các kết quả phân tích cho thấy đường bờ biển Tây tỉnh Cà Mau có xu hướng xói lở là chính, khu vực xói lở mạnh nhất là bờ phải vàm sông Ông Đốc, tiếp đến là cửa Hương Mai. Khu vực bồi chủ yếu nằm ở vùng Mũi Cà Mau.

Nhìn chung, hiện tượng xói lở bờ biển, các cửa sông xảy ra trên hầu hết địa bàn tỉnh Cà Mau với nhiều nguyên nhân khác nhau như: đặc điểm địa hình đối bờ, cấu trúc địa chất vùng bờ biển, sóng, gió, thủy triều, dòng chảy sông - biển và con người... đã và đang là mối đe dọa lớn tới ổn định dân sinh, kinh tế, xã hội của tỉnh. Bài viết giới thiệu kết quả khảo sát thực trạng thay đổi đường bờ, địa hình và cấu trúc địa chất đối bờ biển Tây Cà Mau nhằm góp phần đánh giá các nguyên nhân gây xói lở bờ biển, từ đó đưa ra các giải pháp để hạn chế tác động xấu.

Từ khóa: bồi lắng, bờ biển Tây, cấu trúc địa chất, diễn biến đường bờ biển, địa hình, xói lở.

Chỉ số phân loại 1.5

Đặt vấn đề

Cà Mau là một trong những tỉnh nằm trong vùng nguy hiểm bởi sự đe dọa của biến đổi khí hậu, nước biển dâng. Đây là vùng có địa hình thấp (cao hơn 1-3 m so với mặt nước biển) và là tỉnh duy nhất chịu tác động của cả hai chế độ nhật triều và bán nhật triều. Tỉnh có đường bờ biển dài khoảng 254 km và tổng chiều dài của kênh, rạch trên 8000 km, cùng với nhiều cửa sông thông ra biển. Trong những năm gần đây tình hình sạt lở bờ biển, cửa sông ở Đồng bằng sông Cửu Long nói chung và ở Cà Mau nói riêng trở nên khá phổ biến. Tình trạng sạt lở bờ biển tỉnh Cà Mau đang có xu thế ngày một gia tăng, cả về mức độ và phạm vi. Những khu vực như Đất Mũi trước đây được bồi nay cũng đã bị sạt lở nghiêm trọng. Thiệt hại do sạt lở bờ biển gây ra là rất lớn, nhiều công trình như cống, đê biển, đường giao thông, bờ bao... bị hư hỏng, nhiều diện tích rừng ngập mặn bị mất, nhiều ao đầm tôm bị phá hại, đe dọa đến các khu du lịch của địa phương, rất nhiều nhà dân đã bị sập, hàng ngàn hộ dân phải di dời đi nơi khác... Có thể nói, tình trạng xói lở bờ biển, đặc biệt là khu vực bờ biển Tây đang là mối đe dọa nghiêm trọng đến tính mạng, tài sản của nhà nước, nhân dân và gây mất

diện tích đất ven bờ, mất thảm thực vật, môi trường tự nhiên, mất ổn định kinh tế, xã hội của khu vực, ảnh hưởng đến quy hoạch sử dụng đất của tỉnh.

Để có cái nhìn toàn cảnh cũng như đánh giá được thực trạng xói lở khu vực ven biển Tây, những gì đang diễn ra và mức độ nguy hại do sạt lở bờ biển, chúng tôi đã tiến hành điều tra, đánh giá thực trạng diễn biến đường bờ và đo đạc, phân tích biến đổi địa hình, địa chất đối bờ và lưu tốc dòng chảy bờ biển Tây, trên cơ sở đó xác định các nguyên nhân chủ yếu, góp phần đề xuất các giải pháp nhằm bảo vệ vùng đất quý giá này.

Phương pháp nghiên cứu

Để đánh giá địa hình và địa chất đối bờ biển Tây tỉnh Cà Mau, trong khuôn khổ đề tài: “Điều tra, đánh giá thực trạng và diễn biến địa hình đối bờ biển Tây tỉnh Cà Mau phục vụ quy hoạch xây dựng hệ thống công trình ven biển”, chúng tôi tiến hành khảo sát đo đạc địa hình và cấu trúc địa chất bằng việc sử dụng kết hợp máy đo ADCP và hệ thống máy đo Sub-bottom profile cùng hệ xử lý 3200 XS kèm theo.

Các tuyến đo sát địa chấn được thực hiện bằng hệ thống thiết bị thu - phát SB-216S hệ đơn kênh với

*Tác giả chính: ttthien@hcmig.vast.vn

CHARACTERISTICS OF TOPOGRAPHY, GEOLOGIC STRUCTURE AND BANKLINE EVOLUTION FOR THE WESTERN COAST OF CA MAU PROVINCE

Summary

At present, one of the challenges which Ca Mau province is facing is the coastal erosion. Each year, its coastal line has been averagely eroded by 5 km within its total length of 254 km; therefore, Ca Mau province has yearly lost by 927 ha of land. Especially, the erosion of the western coastal region of Ca Mau is extremely worrying. The analysis results have shown that the western coastal line has been eroded most in the right bank region of Ong Doc river and then Huong Mai estuary. In the other hand, the deposit region has been the cape of Ca Mau.

In general, the coastal and estuarial erosion phenomenon has occurred in almost the Ca Mau province due to such reasons as: the characteristic of coastal line topography, geologic structure, wave, wind, tide, flow in river - sea and human, etc. The reasons have affected hugely the stability of provincial habitant, and social and economic situation. This paper introduces the result of investigating the change of coastal line, topography, and geologic structure in the western coast of Ca Mau to contribute to the evaluation of erosion reasons and then proposing the solutions to limit the negative effects.

Keywords: *coastline happenings, erosion, geologic structure, sedimentation, topography, Western coast.*

Classification numbers 1.5

các dải tần số 2-15 kHz/20 ms, 2-12 kHz/20 ms, 2-10 kHz/20 ms và phần mềm điều khiển độc lập EdgeTech DISCOVER 3200SB do hãng EdgeTech của Mỹ sản xuất. Số liệu thu được có độ phân giải cao, cho phép phân tích chi tiết các đặc điểm cấu trúc phân lớp của tầng trầm tích đáy sông, biển và kênh rạch với độ phân giải 6-10 cm theo phương thẳng đứng.

Chúng tôi đã đo đạc 19 tuyến vuông góc với bờ, chiều dài mỗi tuyến thay đổi trong khoảng 5-20 km.

Tổng chiều dài mặt cắt đo đạc gồm 177 km.

Lưu tốc dòng chảy dọc bờ biển Tây được đo đạc bằng máy ADCP. Bố trí quan trắc lưu tốc dòng chảy tại 3 vị trí (vàm Khánh Hội, vàm sông Ông Đốc và vàm Cái Đồi Vàm), khoảng cách khảo sát từ bờ ra 20 km.

Sử dụng phương pháp phân tích đánh giá tổng hợp các tài liệu quan trắc sóng gió, dòng chảy biển, đặc điểm địa chất địa mạo...

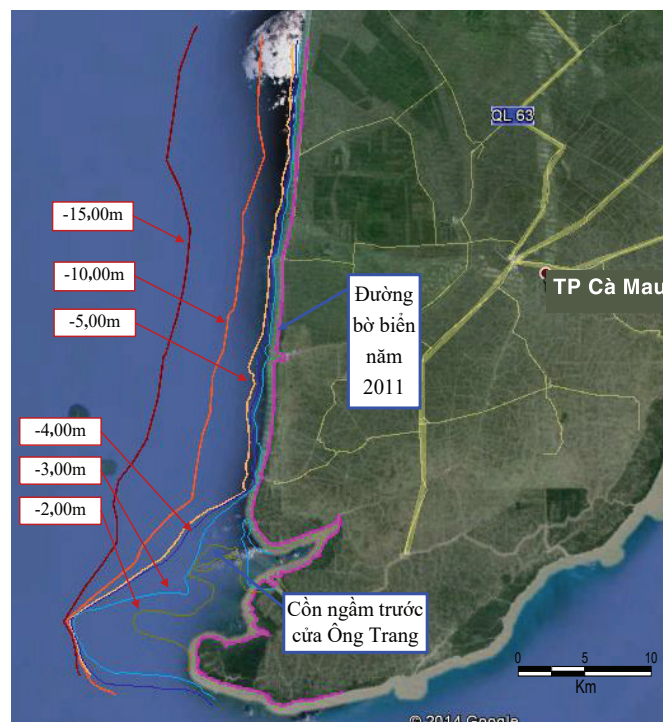
Để đánh giá thực trạng diễn biến đường bờ biển, chúng tôi sử dụng phương pháp phân tích ảnh viễn thám trong nhiều năm (sử dụng kênh phổ xanh lam của ảnh landsat-7 năm 1995, 2001, 2005, 2013 với độ phân giải không gian 30 m) và phương pháp chồng xếp bản đồ.

Kết quả nghiên cứu và thảo luận

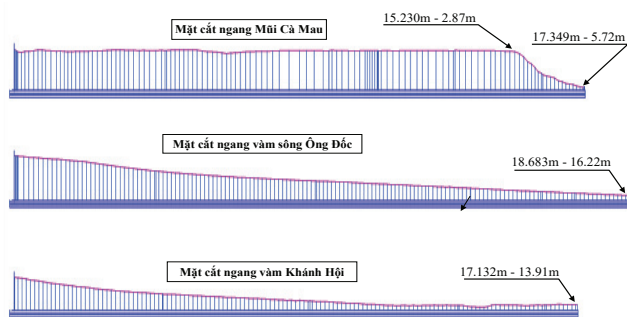
Đặc điểm địa hình, cấu trúc địa chất, thủy văn đới bờ biển Tây tỉnh Cà Mau

Đặc điểm địa hình:

Kết quả khảo sát phân bố đường địa hình đới bờ biển Tây được trình bày trong hình 1. Các mặt cắt ngang đường bờ tại các vị trí: mũi Cà Mau từ bờ ra 20 km, vàm sông Ông Đốc và vị trí cửa Khánh Hội được trình bày trong hình 2. Trên các hình trình bày khoảng cách, cao độ địa hình ở các điểm cuối mặt cắt và điểm chuyển tiếp.



Hình 1: đồng mức địa hình đới bờ biển Tây theo tài liệu đo đạc 2014



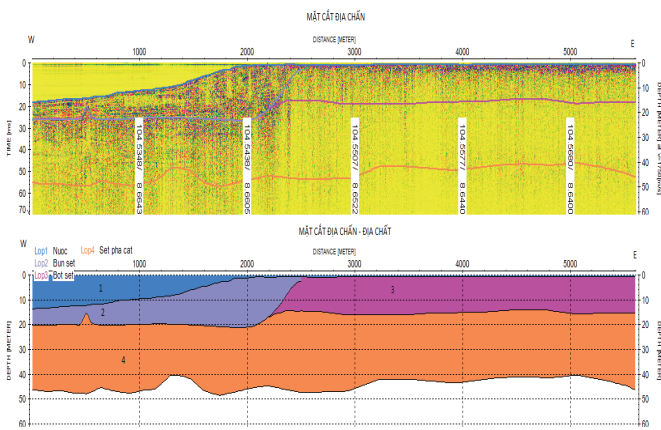
Hình 2: mặt cắt ngang các tuyến đo địa hình

Kết quả cho ta nhận xét:

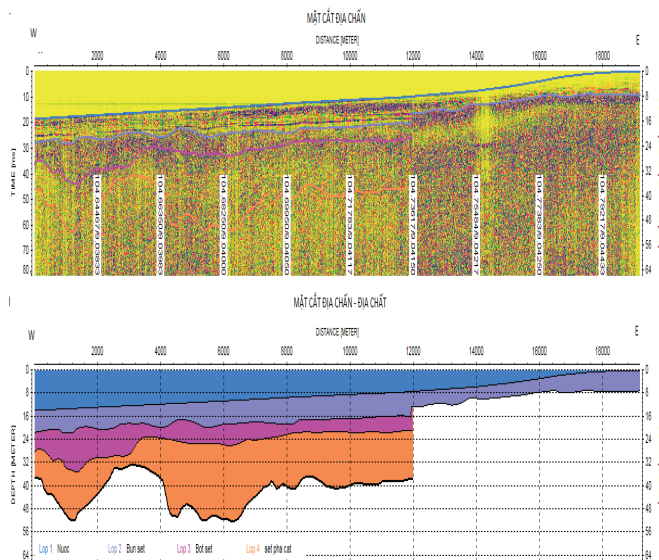
- Địa hình khu vực Mũi Cà Mau khá bằng phẳng, độ dốc rất nhỏ. Khi ra tới khoảng cách khoảng 15-18 km, địa hình bắt đầu thay đổi nhanh chóng. Từ khu vực này trở ra độ dốc lên đến 6,4‰. Tới khoảng cao trình -15,0÷-16,0 m độ dốc giảm nhanh, địa hình trở lại bằng phẳng hơn. Ta có thể xem đường đẳng địa hình -15 m là đường giới hạn phát triển của Mũi Cà Mau. Trên cơ sở đó cho phép nhận xét chiều rộng của khu vực bãi bồi đất Mũi khoảng 18 km, điều đó đúng với các nhận định trước đây [1-3].

- Khu vực vàm Bảy Háp và cửa Ông Trang địa hình đang thay đổi nhanh, đặc biệt là đang có sự phát triển của cồn ngầm trước cửa sông Ông Trang.

- Qua cửa vàm Bảy Háp địa hình đáy biển thấp dần ra biển với độ dốc đều khoảng 1‰. Số liệu đo đạc cho tới phạm vi 20 km kể từ bờ đều có độ dốc thay đổi không đáng kể. Đi về phía Rạch Giá đường đẳng sâu có xu hướng áp sát hơn vào bờ. Địa hình đáy biển tương đối bằng phẳng với độ dốc khá ổn định.



Hình 3: mặt cắt địa chấn - địa chất tuyến T1 (Mũi Cà Mau)



Hình 4: mặt cắt địa chấn - địa chất tuyến T9 (cửa sông Ông Đốc)

Cấu trúc địa chất:

Kết quả khảo sát địa chấn tuyến Mũi Cà Mau (hình 3) và tuyến vàm sông Ông Đốc (hình 4) cho thấy: cấu trúc địa chất đới bờ biển Tây bao gồm 3 lớp: lớp 1 có trường sóng địa chấn phản xạ mạnh và rõ. Thành phần chủ yếu của lớp này là sét bột, sét dẻo mềm. Độ dày thay đổi trong khoảng 2-20 m tùy theo khu vực khảo sát; lớp 2 chủ yếu là thành phần bột sét, độ dày khoảng 8-20 m; lớp 3: thành phần thạch học là sét pha cát, bột cát. Đây là lớp lót đáy của trầm tích Holocen. Lớp này có chiều dày khoảng 18-42 m. Điều này khá phù hợp với các kết quả trước đây về đặc điểm trầm tích khu vực Mũi Cà Mau [2], theo đó có thể chia thành các lớp chính là trầm tích biển nông - tam giác châu ngầm, lớp trầm tích biển nông và lớp bãi triều.

Tại tuyến khảo sát từ Mũi Cà Mau ra biển (tuyến 1), lớp 1 chỉ xuất hiện trong khoảng 3,5 km trở ra, nơi độ dốc địa hình bắt đầu thay đổi nhanh. Có thể xem lớp 1 chính là lớp trầm tích biển nông - tam giác châu ngầm. Lớp 2 xuất hiện từ bờ ra tới nơi bắt đầu xuất hiện lớp 1, lớp 2 nằm phủ lên lớp 3, ta có thể xem lớp 2 là lớp bãi triều. Tại vị trí chuyển tiếp này bề mặt lớp 3 cũng có thay đổi đột biến xuống sâu hơn. Từ vị trí này trở ra ngoài khơi bề mặt lớp 3 khá bằng phẳng ở độ sâu khoảng 20 m (độ sâu địa hình khoảng -14 m). Lớp 4 có thể được xem là lớp trầm tích biển nông. Chiều sâu bề mặt đáy tầng Pleitocen khu vực Mũi Cà Mau nằm ở 40-50 m. Cũng tương tự như vậy cho mặt cắt nối từ điểm cuối tuyến 1 tới cửa vàm Bảy Háp.

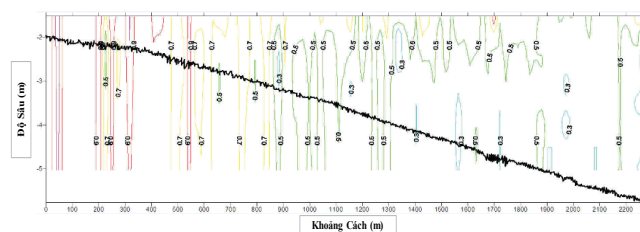
Tại mặt cắt trước vàm sông Ông Đốc, lớp 1 kéo dài từ trong bờ ra tới hết mặt cắt đo. Khoảng cách từ bờ ra

khoảng 11 km, trường sóng địa chấn lớp 2 bị hấp thu hoàn toàn chứng tỏ trầm tích có độ gắn kết kém, độ rỗng cao, thành phần thạch học chủ yếu cát pha, tương ứng với trầm tích Holocen.

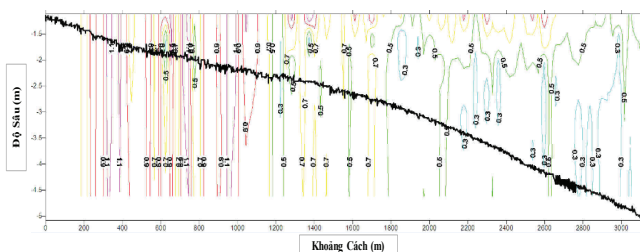
Theo tuần tự phân lớp như trên có thể cho phép suy đoán lớp 1 ở đây là lớp bãi triều, lớp 2 là lớp trầm tích biển nông - tam giác châu, lớp 3 là lớp trầm tích biển nông. Ngoại trừ bề mặt địa hình tương đối bằng phẳng với độ dốc ổn định khoảng 1‰, các lớp dưới bề mặt biến đổi khá mạnh. Chiều sâu bề mặt tầng Pleitocen thay đổi trong khoảng 40-55 m.

Đặc điểm thủy văn vùng biển Tây

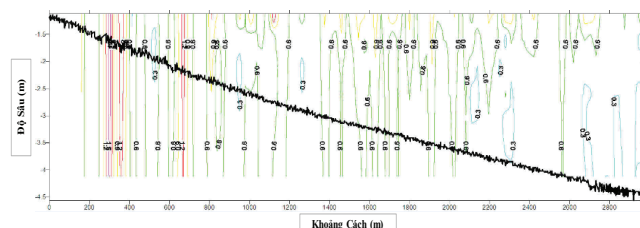
Các hình 5, 6, 7 trình bày phân bố lưu tốc theo mặt cắt ngang các tuyến đo tại vàm Khánh Hội, vàm sông Ông Đốc và vàm Cái Đôi Vàm, khoảng cách khảo sát từ bờ ra 20 km. Bảng 1 trình bày kết quả tổng lượng dòng chảy trong ngày đo đặc tại 3 mặt cắt.



Hình 5: lưu tốc dòng chảy trên mặt cắt ngang tại Khánh Hội lúc 11h ngày 1.4.2013



Hình 6: lưu tốc dòng chảy trên mặt cắt ngang tại sông Ông Đốc - ven biển 7h ngày 25.3.2013



Hình 7: lưu tốc dòng chảy trên mặt cắt ngang tại Cái Đôi Vàm lúc 2h ngày 26.3.2013

Bảng 1: tổng lượng dòng chảy chuyển qua mặt cắt trong ngày triều

Vị trí mặt cắt	Khánh Hội	Sông Ông Đốc	Cái Đôi Vàm
Tổng lượng dòng chảy chuyển qua mặt cắt trong 1 ngày triều (triệu m ³)	-15,028	126,331	186,996

Kết quả cho thấy:

- Lưu tốc dòng chảy ven bờ cao hơn nhiều so với lưu tốc phía ngoài biển. Nơi tập trung lưu tốc dòng chảy cao nằm trong phạm vi 0-1200 m kể từ bờ biển. Ngoài ra, lưu tốc dòng chảy phía mặt cao hơn so với dòng chảy phía dưới. Lưu tốc dòng chảy ven bờ và dòng chảy mặt cao là những nguyên nhân chính gây xói lở bờ biển Tây.

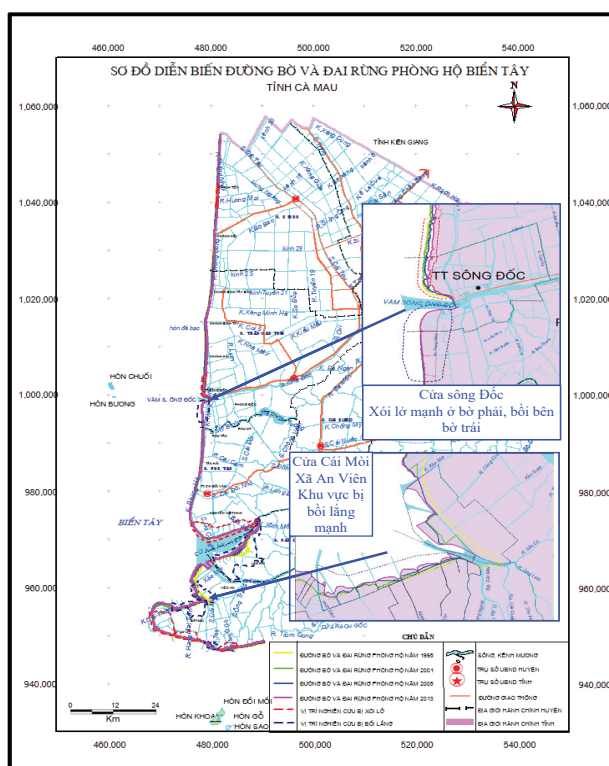
- Lưu tốc tức thời của dòng chảy ven bờ có thể đạt các giá trị rất cao. Tại cửa Ông Đốc giá trị lưu tốc cao nhất đo được đạt tới 3,26 m/s; tại Cái Đôi Vàm giá trị này đạt 2,74 m/s; phía Khánh Hội giá trị lưu tốc max điều hoà hơn nhưng vẫn đạt 2 m/s. Đây là các giá trị rất cao, chính những giá trị đột biến tức thời này là nguyên nhân gây ra xói lở đối bờ biển.

- Lưu tốc dòng chảy ven bờ thay đổi theo quy luật: giảm dần từ cửa Cái Đôi Vàm lên cửa Ông Đốc và thấp nhất là Khánh Hội, cho thấy sự tác động của dòng chảy ven bờ từ phía biển Đông.

- Trong một ngày triều đo đặc, xu hướng dòng chảy có xu thế chuyển về phía Rạch Giá. Tại trước cửa Cái Đôi Vàm, dòng chảy ven bờ có hướng chuyển mạnh về phía Rạch Giá. Càng đi dần về hướng Rạch Giá, lượng dòng chảy chuyển sang giảm dần. Khi tới Khánh Hội thì xu hướng chuyển nước lên phía bắc không còn.

Thực trạng diễn biến đường bờ biển Tây tỉnh Cà Mau

Hình 8 trình bày sơ đồ diễn biến đường bờ biển Tây tỉnh Cà Mau, cùng 2 khu vực trọng điểm về bồi lắng và xói lở bờ biển Tây. Bảng 2 trình bày các đặc trưng bồi lắng - xói lở theo các khu vực dọc theo bờ biển Tây.



Hình 8: sơ đồ diễn biến đường bờ biển Tây tỉnh Cà Mau, cùng 2 khu vực trọng điểm về bồi lắng và xói lở bờ biển Tây

Bảng 2: diện tích (DT) các khu vực bồi tụ và xói lở tại các vị trí của bờ biển Tây

TT	Vị trí	Năm khảo sát	Diện tích (km ²)	DT bồi so với năm 1995 (km ²)	DT bồi (km ²)	DT bồi bình quân năm	DT xói so với năm 1995 (km ²)	DT xói (km ²)	DT xói bình quân năm	Chiều sâu bồi/xói (m)
1	Rạch Tho	1995	1,591	-	-	-	-	-	-	-
		2001	1,682	0,091	0,091	0,02	-	-	-	0 - 80
		2005	1,869	0,278	0,187	0,05	-	-	-	0 - 280
		2013	2,343	0,752	0,474	0,06	-	-	-	20 - 640
2	Kênh Năm Ô Gô	1995	3,328	-	-	-	-	-	-	-
		2001	2,875	-	-	-	-0,453	0,453	0,08	20 - 260
		2005	2,653	-	-	-	-0,675	0,222	0,06	0 - 300
		2013	2,110	-	-	-	-1,218	0,543	0,07	0 - 450
3	Kênh Hai Thiên - Rạch Hang Mai Trên	1995	20,46	-	-	-	-	-	-	-
		2001	18,96	-	-	-	-1,50	1,50	0,25	10 - 200
		2005	18,83	-	-	-	-1,63	0,13	0,03	0 - 70
		2013	18,72	-	-	-	-1,74	0,11	0,01	0 - 150
4	Sông Cái Mỏ	1995	15,245	-	-	-	-	-	-	0 - 750
		2001	17,304	2,059	2,509	0,34	-	-	-	0 - 330
		2005	18,036	2,791	0,73	0,18	-	-	-	0 - 320
		2013	19,432	4,187	1,40	0,17	-	-	-	0 - 750
5	Cửa Bảy Háp	1995	32,02	-	-	-	-	-	-	-
		2001	36,26	4,24	4,24	0,71	-	-	-	0 - 1,44
		2005	36,49	4,47	0,23	0,06	-	-	-	0 - 310
		2013	38,11	6,09	1,62	0,20	-	-	-	0 - 520
6	Vàm sông Ông Đốc	1995	2,409	-	-	-	-	-	-	-
		2001	2,145	-	-	-	-0,264	0,264	0,04	0 - 560
		2005	1,741	-	-	-	-0,668	0,404	0,1	0 - 210
		2013	0,906	-	-	-	-1,503	0,835	0,1	0 - 220
7	Bên trái Rạch Hương Mai	1995	0,498	-	-	-	-	-	-	-
		2001	0,645	-	-	-	-0,034	0,034	0,01	0 - 65
		2005	0,340	-	-	-	-0,158	0,124	0,03	0 - 110
		2013	0,138	-	-	-	-0,361	0,203	0,03	20 - 150
8	Bên phải Rạch Hương Mai	1995	0,707	-	-	-	-	-	-	-
		2001	0,582	-	-	-	-0,125	0,125	0,02	18 - 44
		2005	0,405	-	-	-	-0,302	0,178	0,04	0 - 157
		2013	0,164	-	-	-	-0,543	0,241	0,03	0 - 134

Qua phân tích ảnh viễn thám landsat các năm 1995, 2001, 2005 và 2013 cho thấy [4]:

- Vùng biển tại khu vực rạch Tho chủ yếu được bồi. Nếu so với thực trạng năm 1995, năm 2001 diện tích vùng biển khu vực rạch Tho đã được bồi thêm 0,091 km², năm 2005 tổng diện tích được bồi thêm là 0,278 km², năm 2013 tổng diện tích được bồi thêm là 0,752 km². Như vậy, trong giai đoạn 1995-2001 bình quân vùng biển này được bồi 0,02 km²/năm, giai đoạn 2001-2005 diện tích bồi bình quân là 0,05 km²/năm và giai đoạn 2005-2013 diện tích bồi bình quân là 0,06 km²/năm.

- Vùng biển tại kênh Năm Ô Gô bị xói lở là chủ yếu. Nếu so với thực trạng năm 1995 thì năm 2001 diện tích vùng biển khu vực kênh Năm Ô Gô đã bị xói lở 0,453 km², năm 2005 tổng diện tích xói lở là 0,675 km², năm 2013 tổng diện tích bị xói lở là 1,218 km². Như vậy, trong giai đoạn 1995-2001 vùng biển này bị xói bình quân là 0,08 km²/năm; 2001-2005: 0,06 km²/năm và 2005-2013: 0,07 km²/năm.

- Vùng bờ biển từ kênh Hai Thiên đến rạch Hang

Mai Trên, xã Đất Mũi

từ năm 1995 đến năm 2013 chủ yếu bị xói lở nhưng diện tích xói lở không nhiều. Nếu so với thực trạng năm 1995, năm 2001 diện tích vùng biển khu vực kênh Hai Thiên đến rạch Hang Mai Trên đã bị xói lở 1,5 km², năm 2005 tổng diện tích xói lở là 1,63 km², năm 2013 tổng diện tích bị xói lở là 1,74 km². Trung bình khu vực này bị xói lở mỗi năm khoảng 0,27 km².

- Vùng sông Cái Mỏ - xã An Viên, là khu vực được bồi lắng mạnh ở cả hai bờ tả và hữu. Nếu so với thực trạng năm 1995, năm 2001 khu vực này đã

được bồi thêm 2,059 km², năm 2005 tổng diện tích được bồi thêm là 2,791 km² và năm 2013 tổng diện tích được bồi thêm là 4,187 km². Một điểm khá rõ là khu vực phía bờ phải được bồi lắng mạnh hơn rất nhiều, cho thấy rằng nguồn vật liệu bồi đắp có lẽ đến chủ yếu từ phía sông Cửa Lớn.

- Tại vùng biển khu vực cửa Bảy Háp, phía bờ phải diễn biến đường bờ ít thay đổi, tuy nhiên phía bờ trái được bồi lắng mạnh. Kết quả phân tích cho thấy, so với hiện trạng năm 1995, năm 2001 khu vực cửa Bảy Háp đã được bồi thêm 4,24 km², các năm tiếp theo là: năm 2005: 4,47 km², năm 2013: 6,09 km². Giai đoạn 1995-2001 bình quân vùng biển này được bồi 0,71 km²/năm; 2001-2005: 0,06 km²/năm và 2005-2013: 0,2 km²/năm. Kết quả này cho thấy thực trạng bồi phía bờ phải vùng bờ biển khu vực cửa Bảy Háp trong giai đoạn 2001-2005 là thấp nhất. Những năm gần đây, khu vực bờ trái cửa Bảy Háp diện tích bồi ngày càng gia tăng.

- Tại khu vực bờ trái vàm sông Ông Đốc thuộc xã Phong Điền, diện tích bồi lắng không nhiều nhưng bờ phải đang bị xói lở mạnh. Giai đoạn 1995-2001 bị xói 0,264 km², bình quân 0,04 km²/năm; 2001-2005 bình quân là: 0,1 km²/năm; 2005-2013 bình quân là 0,1 km²/năm. Kết quả này cho thấy thực trạng xói lở hiện nay tại khu vực bờ phải vàm sông Ông Đốc có chiều hướng gia tăng.

- Rạch Hương Mai tại vị trí bờ biển xã Khánh Tiến là một khu vực xói lở trọng điểm. Tình trạng xói lở ảnh hưởng mạnh cả hai bên bờ trái và phải của rạch Hương Mai, diện tích xói lở gia tăng theo từng năm. Bình quân khu vực này bị mất 0,05 km²/năm, chiều sâu xói lở trung bình trong giai đoạn 1995-2011 lên tới hơn 200 m.

Bằng việc phân tích ảnh viễn thám qua các thời kỳ cho thấy: tình trạng xói lở đường bờ vùng biển Tây tỉnh Cà Mau có xu hướng ngày càng gia tăng. Kết quả phân tích đã đưa ra được con số cụ thể báo động về tình hình xói lở hiện nay của vùng biển tỉnh Cà Mau. Hiện tượng xói lở và bồi tụ đường bờ là do các nguyên nhân: sóng gió, dòng chảy ven bờ và sự phát triển các cồn ngầm trước các cửa sông.

Kết luận

Địa hình khu vực Mũi Cà Mau khá bằng phẳng, độ dốc rất nhỏ. Khi ra tới khoảng cách khoảng 15-18 km, địa hình bắt đầu thay đổi nhanh chóng, đây có thể xem là phạm vi của Mũi Cà Mau. Độ cao độ trung bình

khoảng -3,0 m. Qua phạm vi đó, địa hình nhanh chóng giảm sâu. Ta có thể xem đường đẳng địa hình -15 m là đường giới hạn phát triển tối đa của Mũi Cà Mau. Qua cửa vàm Bảy Háp, địa hình đáy biển thấp dần ra biển với độ dốc đều khoảng 1‰. Đi về phía Rạch Giá, đường đẳng sâu có xu hướng áp sát hơn vào bờ. Địa hình đáy biển tương đối bằng phẳng, với độ dốc khá ổn định, không ghồ ghề, không đào khoét.

Kết quả khảo sát địa chấn cho thấy, cấu trúc địa chất trong trầm tích Holocen ở đây có 3 lớp: trầm tích biển nông, trầm tích biển nông - tam giác châu và trầm tích bãi thủy triều. Bề mặt phù sa cổ nằm trong khoảng độ sâu từ 40-55 m.

Lưu tốc dòng chảy ven bờ khá cao, đặc biệt là các giá trị lưu tốc tức thời có thể lên rất cao, vượt quá tốc độ khởi động của bùn cát. Đây có thể được xem là một trong những nguyên nhân gây tình trạng xói lở bờ biển Tây.

Kết quả phân tích diễn biến đường bờ qua các thời kỳ cho thấy bờ biển Tây tỉnh Cà Mau có xu hướng xói lở. Khu vực bồi chủ yếu nằm ở vùng Mũi Cà Mau. Các khu vực còn lại xu thế lở là chính. Khu vực xói lở mạnh nhất là bờ phải vàm sông Ông Đốc, tiếp đó là cửa Hương Mai.

Các kết quả nghiên cứu mới chỉ mô tả được thực trạng thay đổi đường bờ, địa hình và cấu trúc địa chất đới bờ biển Tây. Để có thể đánh giá nguyên nhân xói lở bờ biển cần phải có những nghiên cứu sâu hơn, đặc biệt là chế độ thủy động lực học vùng đới bờ biển Tây, từ đó đưa ra các giải pháp để hạn chế tác động xấu.

Tài liệu tham khảo

[1] Nguyễn Văn Lập, Tạ Thị Kim Oanh (2012), “Đặc điểm trầm tích bãi triều và thay đổi đường bờ biển khu vực ven biển tỉnh Cà Mau, châu thổ sông Cửu Long”, *Tạp chí Các khoa học về trái đất*.

[2] Nguyễn Văn Lập (2010), *Nghiên cứu đánh giá điều kiện tự nhiên và môi trường các bãi bồi vùng ven biển tỉnh Cà Mau phục vụ phát triển bền vững kinh tế - xã hội*, Viện Địa lý Tài nguyên TP Hồ Chí Minh (Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam).

[3] Nguyễn Văn Lập, Tạ Thị Kim Oanh (2004), “Môi trường trầm tích Pleistocen muộn - Holocen vùng Cà Mau”, *Tạp chí Các khoa học về trái đất*.

[4] Đặng Hòa Vinh (2014), *Điều tra, khảo sát thực trạng và diễn biến địa hình đới bờ biển Tây tỉnh Cà Mau*, Viện Địa lý Tài nguyên TP Hồ Chí Minh (Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam).

Nguy hiểm nứt sụt đất, trượt lở đất và động đất ở khu vực thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ

Cao Đình Triều^{1*}, Đặng Thanh Hải¹, Nguyễn Hồng Phương¹, Đinh Quốc Văn¹,
Phạm Văn Hùng², Lê Văn Dũng¹, Cao Đình Trọng¹, Phạm Nam Hưng¹,
Mai Xuân Bách¹, Phạm Thị Hiền¹, Phan Thanh Quang¹

¹ Viện Địa vật lý Ứng dụng, Liên hiệp các Hội Khoa học và Kỹ thuật Việt Nam

² Viện Địa chất, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

Ngày nhận bài 3.6.2015, ngày chuyển phản biện 8.6.2015, ngày nhận phản biện 3.7.2015, ngày chấp nhận đăng 6.7.2015

Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả tiến hành nghiên cứu đánh giá nguy hiểm nứt sụt đất, trượt lở đất và động đất khu vực công trình thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ, tỉnh Nghệ An. Kết quả cho thấy:

Tại công trình thủy điện Khe Bó: nguy cơ động đất lớn nhất có cấp độ mạnh $M_{max}=6,0$; gia tốc dao động nền cực đại tại nền đập là 210 cm/s^2 ($PGA=210 \text{ cm/s}^2$); nguy cơ nứt sụt đất và trượt lở đất cao tại khu vực lòng hồ; tại tuyến đập nguy cơ nứt sụt đất cao, trong khi nguy cơ trượt lở đất ở mức trung bình.

Trong phạm vi công trình thủy điện Bản Vẽ: nguy cơ động đất lớn nhất có cấp độ mạnh $M_{max}=6,0$; gia tốc dao động nền cực đại tại nền đập là 210 cm/s^2 ($PGA=210 \text{ cm/s}^2$); nguy cơ nứt sụt đất và trượt lở đất rất cao tại khu vực lòng hồ; tại tuyến đập nguy cơ nứt sụt đất trung bình và trượt lở đất rất cao.

Nguy cơ xảy ra động đất kích thích tại vùng hồ thủy điện Khe Bó và Bản Vẽ hầu như không có. Nếu động đất kiến tạo xảy ra với $M=6,0$ tại khu vực gần hồ Khe Bó và Bản Vẽ cũng sẽ không gây nên hoá lỏng nền đáng kể.

Từ khóa: động đất, động đất kích thích, nứt sụt đất, thủy điện Bản Vẽ, thủy điện Khe Bó, trượt lở đất.

Chỉ số phân loại 1.5

Mở đầu

Khu vực thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ (hình 1) có vị trí quan trọng trong phát triển kinh tế - xã hội (KT-XH) ở Nghệ An. Nơi đây có các điều kiện tự nhiên thuận lợi, tài nguyên khoáng sản phong phú và đa dạng. Tuy nhiên, khu vực này thường xuyên gặp không ít những khó khăn do tai biến nứt sụt đất (NSĐ), trượt lở đất (TLĐ) và động đất (ĐĐ) gây nên.

Trong thời gian qua đã có nhiều công trình nghiên cứu vấn đề này, nhưng ở tỷ lệ nhỏ, mức độ nghiên cứu còn khá quát, sơ sài, và theo những khía cạnh nhất định [1-11]. Do đó, chưa có được những kết quả nghiên cứu có độ chi tiết cao phục vụ cho phòng tránh giảm nhẹ thiệt hại do các dạng tai biến gây ra. Đứng trước thực trạng các tai biến NSĐ, TLĐ, ĐĐ đã và đang diễn ra với tần suất lớn, cường độ ngày càng gia tăng, gây nên những hậu quả khó lường đối với an toàn hoạt động của thủy điện Khe Bó và Bản Vẽ, đề tài nghiên cứu cấp nhà nước "Nghiên cứu địa động lực hiện đại,

đứt gãy hoạt động và tai biến tự nhiên có liên quan (ĐĐ, TLĐ, NSĐ) ở các lưu vực sông Cả - Rào Nậy, đề xuất các biện pháp ứng phó giảm nhẹ thiên tai phục vụ quy hoạch xây dựng các công trình trên khu vực", mã số KC08.11/11-15 đã được triển khai. Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả trình bày một phần nghiên cứu về đánh giá độ nguy hiểm NSĐ, TLĐ và ĐĐ khu vực các công trình thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ ở tỷ lệ 1/50000 [8].

Nguy hiểm NSĐ khu vực thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ

Hiện trạng NSĐ

NSĐ khu vực thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ chủ yếu được hình thành và phát triển bởi tập hợp các khe nứt kiến tạo hoạt động với những kiểu nguồn gốc khác nhau [7, 8]: khe nứt cắt, khe nứt tách giãn và khe nứt nén ép. Chúng được hình thành và phát triển trong bối cảnh địa động lực hiện đại với trường ứng suất nén ép theo phương á kinh tuyến, kiểu trường là trượt - giãn;

* Tác giả chính: Email: cdtrieu@gmail.com

vào các đặc trưng chủ yếu sau đây [7, 8]: 1) mức độ phá huỷ gây biến dạng các loại đất đá tạo các đới cát nát, xiết ép vỡ vụn; 2) mức độ phá huỷ địa hình thể hiện ở các quá trình địa mạo - tân kiến tạo; 3) mức độ hình thành khe nứt hiện đại, thể hiện ở mật độ khe nứt, đứt gãy; 4) biên độ và tốc độ dịch chuyển của đứt gãy; 5) vai trò phân định các bậc kiến trúc; 6) mức độ phá huỷ các đối tượng trên bề mặt của tai biến NSĐ đã diễn ra (phá huỷ công trình giao thông, xây dựng dân dụng, đê đập, núi, đồi, ruộng vườn).

Kết quả nghiên cứu cho phép rút ra một số nhận định sau (hình 1) [8]:

1- Vùng có nguy hiểm NSĐ rất cao phân bố dọc đới đứt gãy hoạt động Sông Cả. Chuyển dịch của hai cánh đứt gãy đã thúc đẩy phát sinh tai biến NSĐ phát triển. Đoạn Tương Dương - Anh Sơn hoạt động tích cực với biên độ và tốc độ dịch chuyển lớn, mức độ phá huỷ đất đá lớn, mật độ khe nứt, đứt gãy đạt trên 0,372 km/km². Vùng có nguy hiểm NSĐ rất cao tạo thành 2 dải: dải Tương Dương - Anh Sơn và dải Quế Phong - Quỳnh Châu. Dải Tương Dương - Anh Sơn chạy dài theo phương tây bắc - đông nam, có chiều dài khoảng 50 km, rộng từ 10-15 km. Các điểm NSĐ có quy mô lớn phân bố ở huyện Tương Dương, Con Cuông, Anh Sơn và Quỳnh Châu.

2- Nằm trong phạm vi ảnh hưởng của đới đứt gãy Sông Cả nên nguy cơ NSĐ cao tại khu vực lòng hồ (gần thị trấn Hòa Bình) và tuyến đập (Tam Quang) của công trình thủy điện Khe Bó.

3- Đối với công trình thủy điện Bản Vẽ thì nguy cơ NSĐ rất cao nằm ở khu vực trung tâm lòng hồ (tại Hữu Khuông), trung bình tại tuyến đập.

Nguy hiểm TLĐ khu vực thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ

Hiện trạng TLĐ

Trên khu vực thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ, TLĐ diễn ra có xu hướng ngày càng gia tăng cả về mức độ và quy mô phân bố trong không gian, gây tổn thất không nhỏ về kinh tế (hình 2) [7, 8]. TLĐ chủ yếu diễn ra trong các vỏ phong hoá của các thành tạo biến chất, có chiều dày lớn (>20 m) và trong các thành tạo cacbonat.

Mật độ TLĐ lớn tập trung ở dọc đới ảnh hưởng động lực đứt gãy và những nơi có vỏ phong hoá dày. Trên địa bàn các xã Mai Sơn, Mường Lống, Luân Mai, Bảo Thắng, Lưỡng Minh, Yên Na, Thạch Giám, Tam Thái, Tam Định, TLĐ phân bố rải rác dọc theo một số đứt gãy hoạt động có phương tây bắc - đông nam và đông bắc - tây nam. TLĐ diễn ra khá mạnh mẽ dọc theo tuyến QL7 từ Con Cuông đến cửa khẩu Nậm Cắn (bản Tiên Tiêu, xã Nậm Cắn, huyện Kỳ Sơn, đất đá bên taluy dương và âm QL7 bị trượt sụt kéo dài làm hỏng đoạn đường dài 250 m). Đặc biệt, 120 hộ dân thuộc khu tái định cư của thủy điện Bản Vẽ nằm tại khu vực bản Khe Choóng, xã Yên Na, huyện Tương Dương bị đất đá sụt xuống, đổ ập vào nhà, làm nứt tường, gây nguy hiểm đến tính mạng người dân, buộc 8 hộ dân ở đây phải di tản lánh nạn, 24 hộ khác đang ở trong khu vực có nguy hiểm TLĐ cao.

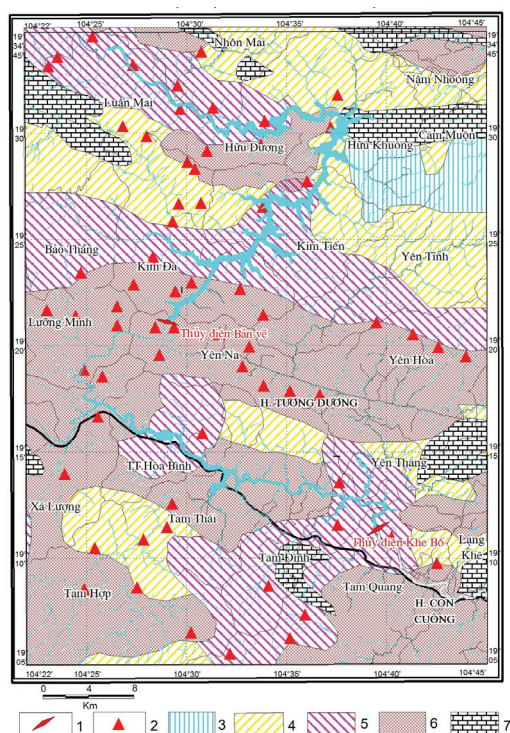
Nguy hiểm TLĐ

Cơ sở phương pháp luận thành lập bản đồ độ nguy hiểm TLĐ khu vực công trình thủy điện Khe Bó và Bản Vẽ được mô tả chi tiết trong [7, 8]. Các yếu tố tác động đối với TLĐ gồm: đặc điểm độ dốc sườn; mật độ chia cắt sâu địa hình; mật độ chia cắt ngang địa hình; vỏ phong hoá; đặc điểm địa chất thủy văn; đặc điểm đứt gãy hoạt động.

Trên cơ sở phân tích tổng hợp hiện trạng TLĐ, xác lập mối quan hệ của hiện trạng TLĐ đối với từng yếu tố tác động phát sinh cho phép xây dựng bản đồ nguy hiểm TLĐ khu vực công trình thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ. Kết quả nghiên cứu cho thấy [8]:

1- Đối với công trình thủy điện Khe Bó: khu vực lòng hồ chịu ảnh hưởng TLĐ cao; nguy cơ TLĐ tại tuyến đập ở mức trung bình.

2- Đối với công trình thủy điện Bản vẽ: khu vực lòng hồ chịu ảnh hưởng TLĐ từ trung bình đến rất cao, đặc biệt là tại Hữu Khuông có nguy cơ lở đá; nguy cơ TLĐ tại tuyến đập ở mức rất cao, điểm sạt lở nghiêm trọng tại Bản Vẽ nằm ở hạ du tuyến đập.



Hình 2: hiện trạng và nguy hiểm TLD khu vực thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ:
1- Vị trí thủy điện Khe Bó và Bản Vẽ; 2- Vị trí TLD;
cấp độ TLD: 3- Thấp, 4- Trung bình, 5- Cao, 6- Rất cao, 7- Nguy cơ lớn

Độ nguy hiểm ĐĐ khu vực công trình thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ

Phương pháp nghiên cứu

Độ nguy hiểm ĐĐ công trình thủy điện Bản Vẽ và Khe Bó đã được tiến hành trước khi xây dựng [1-6, 11-15]. Chúng tôi nghiên cứu một cách tổng thể nguy hiểm ĐĐ cho toàn khu vực công trình thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ. Phương pháp luận nghiên cứu độ nguy hiểm ĐĐ đã được trình bày cụ thể trong [8, 12-15]. Trong khuôn khổ công trình này, chúng tôi tiến hành 2 tiếp cận trong đánh giá độ nguy hiểm ĐĐ: tiếp cận thống kê [1] và tiếp cận tất định mới [2-6].

1. Vùng nguồn phát sinh động đất được xác định như sau [8]:

a) Xác lập các hệ thống đứt gãy khu vực nghiên cứu trên cơ sở tổng hợp tài liệu địa chất, địa vật lý và các kết quả nghiên cứu về đặc trưng cấu trúc vỏ trái đất.

b) Xác lập các đứt gãy hoạt động trên cơ sở biểu hiện hoạt động theo tài liệu địa chất, địa vật lý.

c) Xác định nguồn phát sinh động đất trên cơ sở biểu hiện hoạt động ĐĐ gắn liền với các đứt gãy hoạt động.

d) Các nguồn phát sinh ĐĐ có đặc trưng chung nhất về cơ cấu chấn tiêu, đặc điểm cấu trúc, kiến trúc địa động lực, đặc điểm biến dạng được gộp lại thành một vùng nguồn. Ranh giới của vùng nguồn là đường biên trùng với giải có độ hoạt động địa chấn thấp nhất. Ranh giới của các vùng nguồn không được chồng lên nhau.

e) Xác định cơ cấu chấn tiêu và cực đại ĐĐ có thể xảy ra tại mỗi vùng nguồn.

2. Đánh giá độ nguy hiểm ĐĐ trên cơ sở tiếp cận thống kê tại một điểm là xác suất xảy ra chấn động cường độ I tại điểm đó trong một khoảng thời gian xác định. Khoảng thời gian xác định ở đây phụ thuộc vào từng yêu cầu cụ thể của bài toán (có thể là 10, 20, 50, 100, 150, 200, 500, 1.000, 2.000, 5.000 hay 10.000 năm) [6]. Trong đánh giá độ nguy hiểm ĐĐ phục vụ thiết kế công trình thì: đối với ĐĐ cơ sở vận hành (Operating Basic Earthquake - OBE), thời gian lựa chọn thường là 475 năm, tương ứng với mức xác suất vượt quá 10% trong 50 năm; đối với ĐĐ cực đại tin cậy là 145 năm, mức xác suất vượt quá 50% trong 50 năm.

3. Đánh giá độ nguy hiểm ĐĐ trên cơ sở tiếp cận tất định mới tại một điểm là xác định cường độ I tại điểm đó theo kịch bản động đất lớn nhất có nguy cơ xảy ra trong vùng nghiên cứu [6, 8]. Cường độ chấn động (I) ở đây là: gia tốc dao động nền (A); vận tốc dao động nền (V); hoặc dịch chuyển nền (D). Do việc sử dụng ĐĐ lớn nhất có nguy cơ xảy ra làm kịch bản cho nên sử dụng tiếp cận tất định mới sẽ cho ta kết quả mang tính dự báo cực đoan. Có nghĩa là trường hợp xấu nhất có thể xảy ra ĐĐ phá hủy và tương ứng với nó là gia tốc dao động nền cực đại.

Độ nguy hiểm ĐĐ khu vực công trình thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ

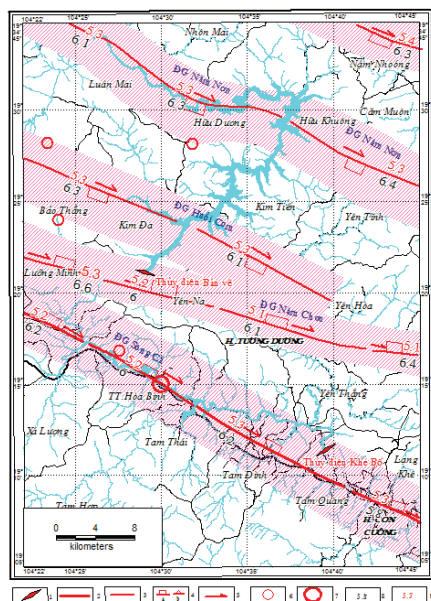
Các hình từ 3 đến 6 trình bày đại diện một số kết quả nghiên cứu đánh giá độ nguy hiểm ĐĐ khu vực công trình thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ. Các kết quả nghiên cứu cho thấy [8]:

1. Trong phạm vi khu vực nghiên cứu tồn tại 5 vùng nguồn phát sinh ĐĐ (Sông Cả, Nậm Chou, Huổi Com, Nậm Nơm và Bản Chiềng - Bản Ban) với cấp độ mạnh của ĐĐ có nguy cơ xảy ra tối đa (dự báo cực đoan) là 6,6. Trên mỗi vùng nguồn tồn tại các đoạn nguồn khác nhau và mức độ hoạt động ĐĐ cũng khác nhau. Với chu kỳ lặp lại động đất 500 năm, gia tốc dao động nền khu vực Khe Bó - Bản Vẽ biến đổi trong giới hạn

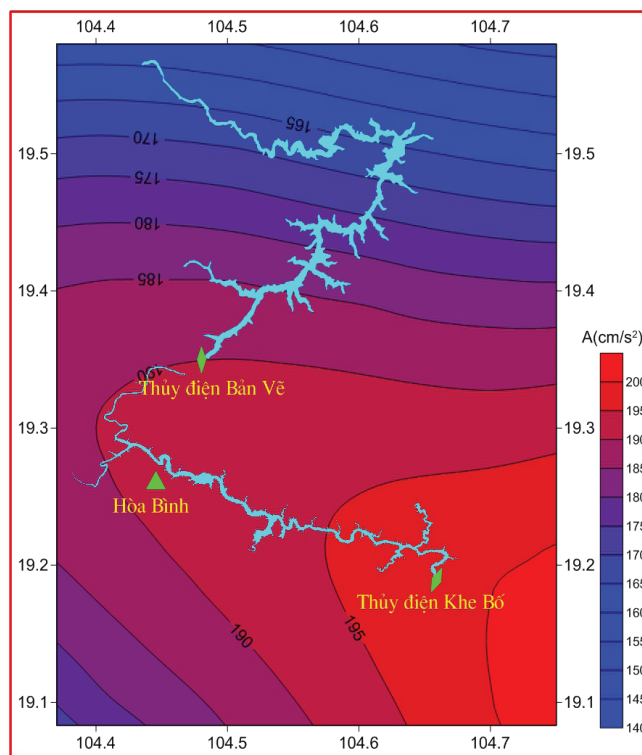
từ 190 cm/s^2 ($\text{PGA}=190 \text{ cm/s}^2$) đến trên 290 cm/s^2 ($\text{PGA}=290 \text{ cm/s}^2$). Kết quả xác định độ nguy hiểm ĐĐ theo tiếp cận tất định mới cho thấy gia tốc dao động nền cực đại (A_{max}) thay đổi từ $80 \div 240 \text{ cm/s}^2$. Tương đương với cường độ chấn động từ cấp VI đến VIII theo thang cường độ chấn động MSK-64.

2. Công trình thủy điện Khe Bó chịu ảnh hưởng trực tiếp của đoạn nguồn thuộc vùng nguồn Sông Cả và với nguy cơ ĐĐ lớn nhất có cấp độ mạnh tối đa là 6,0 (theo Coulomb là 5,3 và theo tất định mới là 6,0). Với chu kỳ lặp lại ĐĐ 500 năm, gia tốc dao động nền tại nền đập là 280 cm/s^2 ($\text{PGA}=280 \text{ cm/s}^2$). Theo kết quả tính toán dự báo cực đoan (tiếp cận tất định mới) thì tại nền đập thủy điện Khe Bó có giá trị gia tốc dao động nền là 210 cm/s^2 ($\text{PGA}=210 \text{ cm/s}^2$).

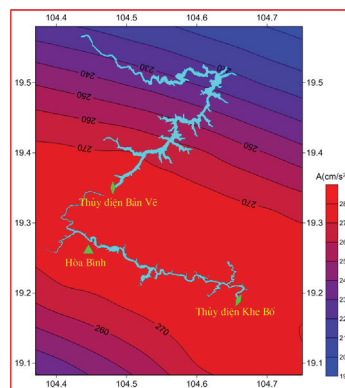
3. Công trình thủy điện Bản Vẽ chịu ảnh hưởng trực tiếp của đoạn nguồn thuộc vùng nguồn Nậm Chou và với nguy cơ ĐĐ lớn nhất có cấp độ mạnh tối đa là 6,0 (theo Coulomb là 5,2 và theo tất định mới là 6,0). Với chu kỳ lặp lại ĐĐ 500 năm, gia tốc dao động nền tại nền đập là 280 cm/s^2 ($\text{PGA}=280 \text{ cm/s}^2$). Theo kết quả tính toán dự báo cực đoan (tiếp cận tất định mới) thì tại nền đập thủy điện Bản Vẽ có giá trị gia tốc dao động nền là 210 cm/s^2 ($\text{PGA}=210 \text{ cm/s}^2$).



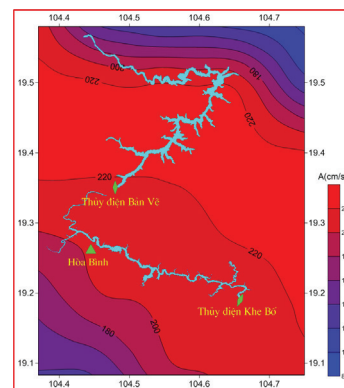
Hình 3: nguồn phát sinh ĐĐ khu vực Khe Bó - Bản Vẽ:
1- Vị trí thủy điện Khe Bó và Bản Vẽ; 2- Đứt gãy cấp 2;
3- Đứt gãy cấp 3; 4- Góc cắm đứt gãy a: đứt gãy thuận, b: đứt gãy nghịch;
5- Phương dịch chuyển đứt gãy; 6- Chấn tâm ĐĐ $M=3-4$; 7- Chấn tâm ĐĐ $M=5-6$; 8- M_{max} tính theo coulomb; 9- M_{max} tính theo coppersmith



Hình 4: gia tốc dao động nền khu vực Khe Bó - Bản Vẽ tính toán với chu kỳ lặp lại ĐĐ 150 năm



Hình 5: gia tốc dao động nền khu vực Khe Bó - Bản Vẽ tính toán với chu kỳ lặp lại ĐĐ 500 năm



Hình 6: dự báo gia tốc dao động nền cực đại khu vực Khe Bó - Bản Vẽ tính toán trên cơ sở tiếp cận tất định mới

Nguy cơ hoá lỏng nền khu vực thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ

Phương pháp luận đánh giá nguy cơ TLĐ và nguy cơ hoá lỏng nền do ĐĐ gây ra tại công trình thủy điện Khe Bó và Bản vẽ được đề cập chi tiết trong [8].

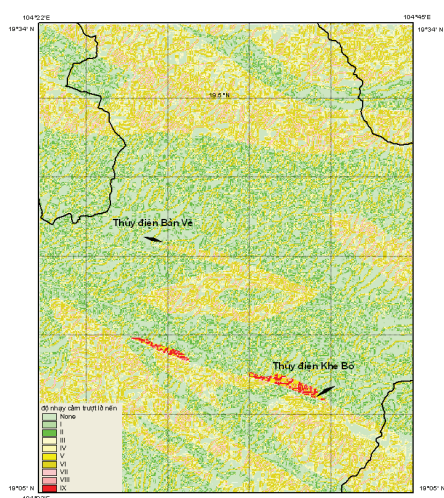
Nguy cơ TLĐ do ĐĐ gây ra:

Nguy cơ TLĐ do ĐĐ cực đại gây ra được xác định trong hình 7 (theo nhạy cảm trượt lở nền) và hình 8 (theo xác suất trượt lở nền). Kết quả cho thấy:

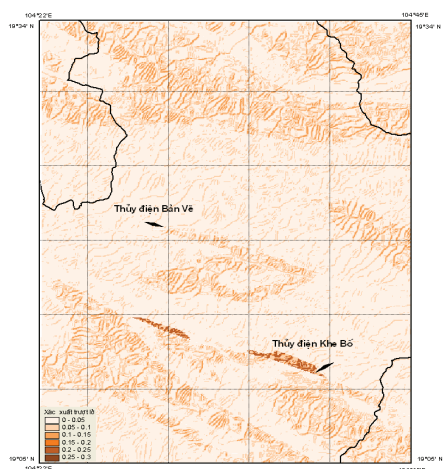
- Nhà máy thủy điện Bản Vẽ và nhà máy thủy điện Khe Bó nằm trên những vị trí có khả năng trượt lở nền khác nhau khi ĐĐ xảy ra.

- Nhà máy thủy điện Khe Bó nằm ở vị trí khá an toàn, có độ nhạy cảm trượt lở nền cấp IV trên thang đo IX cấp và với xác suất trượt lở không vượt quá 10%.

- Trong khi đó, nhà máy thủy điện Bản Vẽ nằm ở ranh giới giữa hai vùng có độ nhạy cảm trượt lở cấp V và cấp IX, với xác suất trượt lở cực đại vào khoảng 25%.



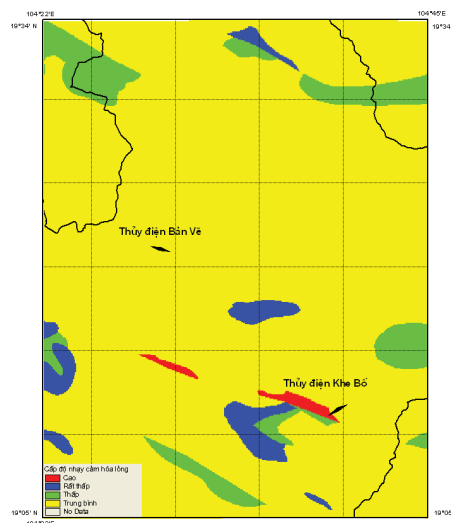
Hình 7: bản đồ độ nhạy cảm trượt lở nền khu vực Khe Bó - Bản Vẽ



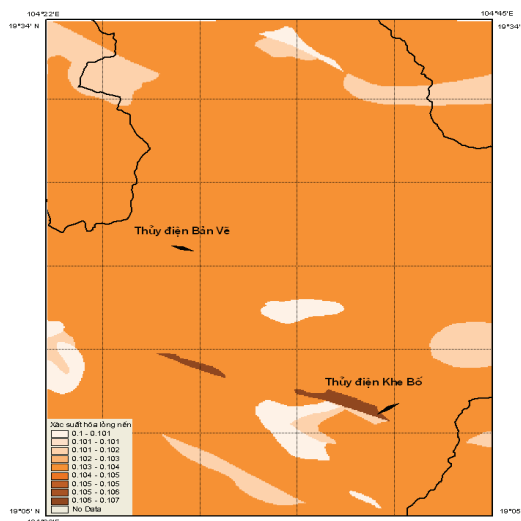
Hình 8: bản đồ xác suất trượt lở nền khu vực Khe Bó - Bản Vẽ

Nguy cơ hoá lỏng nền:

Bản đồ nguy cơ (độ nhạy cảm) hoá lỏng nền được xây dựng theo hai yếu tố là: độ nhạy cảm và xác suất (hình 9 và hình 10). Kết quả cho thấy, khả năng hóa lỏng nền do ĐĐ tại hai nhà máy thủy điện Khe Bó và Bản Vẽ chỉ ở mức nhạy cảm thấp và xác suất dưới 10%.



Hình 9: bản đồ độ nhạy cảm hóa lỏng nền do ĐĐ khu vực Khe Bó - Bản Vẽ. Các ký hiệu màu đen biểu thị vị trí hai nhà máy thủy điện



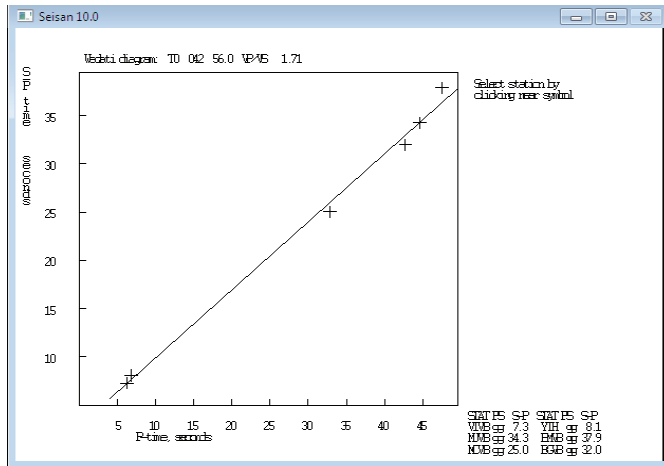
Hình 10: bản đồ xác suất hóa lỏng nền do ĐĐ khu vực Khe Bó - Bản Vẽ. Các ký hiệu màu đen biểu thị vị trí hai nhà máy thủy điện

Độ nguy hiểm ĐĐ kích thích hồ thủy điện Khe Bó và Bản Vẽ

Hoạt động ĐĐ hồ thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ năm 2012-2014:

Trong 3 năm thực hiện nhiệm vụ “Quan trắc biến động môi trường sinh chấn khu vực nhà máy thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ trong quá trình tích nước và hoạt động” thuộc đề tài KC08.11/11-15, mạng lưới trạm địa chấn vùng hồ thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ (gồm 4 trạm) đã ghi được gần 200 trận ĐĐ lớn nhỏ tại khu vực Khe Bó - Bản Vẽ và lân cận [8]. Các ĐĐ ghi được chủ yếu tập trung dọc theo hệ thống đứt gãy Sông Cả và lân cận, chỉ một số ít trận ĐĐ tập trung ở khu vực hồ thủy điện Khe Bó và hồ thủy điện Bản Vẽ.

Từ những số liệu quan trắc ĐĐ năm 2012-2014, chúng tôi tính toán tỷ số V_p/V_s cho trận ĐĐ M=3,2 ngày 30.6.2012. Kết quả tính toán được trình bày trên hình 11.



Hình 11: đồ thị Wadati xác định tỷ số vận tốc V_p/V_s .
Kết quả tập hợp cho khu vực nghiên cứu xác định $V_p/V_s = 1,71$

Kết quả cho thấy, tỷ số V_p/V_s trung bình cho khu vực nghiên cứu là 1,71. Giá trị này xấp xỉ giá trị trung bình tỷ số V_p/V_s của Bắc Việt Nam. Nó phản ánh tính đập vỡ kém của lớp sinh chấn trong khu vực hồ thủy điện Khe Bô và Bản Vẽ (trong môi trường đồng nhất giá trị V_p/V_s xấp xỉ 7,3). Đối với động đất hồ thủy điện Sông Tranh 2, ĐĐ kích thích xảy ra trong đới đập vỡ, nơi có V_p/V_s biến động trong giới hạn 1,63-1,67. Điều này cũng chứng minh một điều rằng nguy cơ thấm thấu nước dọc đới đứt gãy làm thay đổi trạng thái ứng suất, nguyên nhân chủ yếu gây nên ĐĐ kích thích tại hai hồ thủy điện Khe Bô và Bản Vẽ là rất thấp.

Tác động của việc tích nước gây nên độ lún và ứng suất gia tăng lòng hồ thủy điện Khe Bô và Bản Vẽ:

Giá trị độ lún và ứng suất gia tăng lên đáy hồ thủy điện Khe Bô và Bản Vẽ được tính toán ở mức độ sâu 1, 3 và 5 km. Các thông số lòng hồ được sử dụng trong tính toán gồm [8]:

- Hồ thủy điện Khe Bô: diện tích mặt thoáng hồ 9,324 km², mực nước dâng bình thường 65 m, dung tích hồ chứa 97,8 triệu m³.

- Hồ thủy điện Bản Vẽ: diện tích mặt thoáng hồ 45,74 km², mực nước dâng bình thường 200 m, dung tích chứa 1,8 tỷ m³.

Kết quả tính được đề cập trong bảng 1 và bảng 2 cho thấy:

- Tại trung tâm hồ thủy điện Bản Vẽ có độ lún lòng hồ tối đa đạt 0,0159 m, trong khi tại trung tâm lòng hồ Khe Bô chỉ đạt 0,036 m.

- Ứng suất gia tăng tối đa, đạt giá trị 2,7395 bar tại lòng hồ Bản Vẽ và 0,3079 bar tại lòng hồ Khe Bô.

- Với giá trị ứng suất gia tăng rất nhỏ này sẽ không trực tiếp gây ra ĐĐ mà nó chỉ có giá trị thúc đẩy mức độ thấm thấu nước xuống sâu hơn dọc theo các đới đập vỡ kiến tạo liên thông hồ. Nước thấm sâu xuống dưới gây nên thay đổi ứng suất lỗ rỗng, làm thay đổi tính chất của đá theo chiều hướng xuất hiện ĐĐ sớm hơn. Trong thực tế, việc tích nước lên cao trình tối đa của hồ thủy điện Bản Vẽ và Khe Bô đã không xảy ra hiện tượng thay đổi môi trường sinh chấn tại đây (tỷ số V_p/V_s không thay đổi). Điều đó chứng tỏ rằng việc tích nước đã không gây ảnh hưởng đáng kể đến môi trường sinh chấn nên nguy cơ phát sinh ĐĐ cũng sẽ là rất thấp.

Bảng 1: độ lún và ứng suất gia tăng lòng hồ thủy điện Khe Bô

Độ sâu (km)	Ứng suất pháp tuyến gia tăng cực đại s_{zmax} (bar)	Ứng suất tiếp tuyến gia tăng cực đại t_{max} (bar)	Độ lún đàn hồi cực đại d_{max} (m)
1	0,3079	0,1547	0,0026
3	0,1166	0,0678	0,0032
5	0,0740	0,0445	0,0036

Bảng 2: độ lún và ứng suất gia tăng lòng hồ thủy điện Bản Vẽ

Độ sâu (km)	Ứng suất pháp tuyến gia tăng cực đại s_{zmax} (bar)	Ứng suất tiếp tuyến gia tăng cực đại t_{max} (bar)	Độ lún đàn hồi cực đại d_{max} (m)
1	2,7395	1,5358	0,0159
3	1,1660	0,6705	0,0126
5	0,7399	0,4380	0,0106

Kết luận về nguy cơ ĐĐ kích thích và độ nhạy cảm về TLĐ và hoá lỏng nền do ĐĐ gây ra:

Trên cơ sở tính toán tỷ số vận tốc V_p/V_s đối với ĐĐ trước và sau khi tích nước đến cao trình tối đa, giá trị ứng suất gia tăng của cột nước tối đa và độ nhạy cảm trượt lở nền trong ĐĐ công trình thủy điện Khe Bô và Bản Vẽ cho thấy: V_p/V_s không thay đổi sau khi các

hồ thủy điện tích nước đến cao trình tối đa; ứng suất gia tăng lên đáy hồ là nhỏ hơn 3,0 bar và độ nhảy cảm TLĐ là rất nhỏ [8]. Điều đó chứng tỏ rằng, nguy cơ xảy ra ĐĐ kích thích tại vùng hồ thủy điện Khe Bó và Bản vẽ hầu như không có. Nếu ĐĐ kiến tạo xảy ra tại khu vực gần hồ Khe Bó và Bản Vẽ cũng sẽ không gây nên hoá lỏng nền đáng kể.

Kết luận

1. Trong phạm vi khu vực công trình thủy điện Khe Bó - Bản Vẽ tồn tại 5 vùng nguồn phát sinh ĐĐ (Sông Cả, Nậm Chou, Huổi Com, Nậm Nờm và Nậm Chóng) với cấp độ mạnh của ĐĐ có nguy cơ xảy ra tối đa (dự báo cực đoan) là 6,6. Trên mỗi vùng nguồn tồn tại các đoạn nguồn khác nhau và mức độ hoạt động ĐĐ cũng khác nhau. NSĐ và TLĐ xảy ra mạnh mẽ trong phạm vi hoạt động của các đứt gãy được xác định là các vùng nguồn phát sinh ĐĐ này.

2. Công trình thủy điện Khe Bó nằm trong phạm vi ảnh hưởng của đứt gãy hoạt động Sông Cả. Nguy cơ ĐĐ lớn nhất có cấp độ mạnh $M_{max}=6,0$. Gia tốc dao động nền cực đại tại nền đập là 210 cm/s^2 ($PGA=210 \text{ cm/s}^2$). Nguy cơ NSĐ và TLĐ cao tại khu vực lòng hồ. Tại tuyến đập nguy cơ NSĐ cao trong khi nguy cơ TLĐ ở mức trung bình.

3. Nằm trong phạm vi ảnh hưởng của đứt gãy Nậm Chou nên công trình thủy điện Bản Vẽ chịu tác động của hoạt động ĐĐ, NSĐ và TLĐ khá mạnh mẽ: nguy cơ ĐĐ lớn nhất có cấp độ mạnh $M_{max}=6,0$; gia tốc dao động nền cực đại tại nền đập là 210 cm/s^2 ($PGA=210 \text{ cm/s}^2$); nguy cơ NSĐ và TLĐ rất cao tại khu vực lòng hồ. Tại tuyến đập, nguy cơ NSĐ trung bình và TLĐ rất cao.

4. Nguy cơ xảy ra ĐĐ kích thích tại vùng hồ thủy điện Khe Bó và Bản vẽ hầu như không có. Nếu ĐĐ kiến tạo xảy ra tại khu vực gần hồ Khe Bó và Bản Vẽ cũng sẽ không gây nên hoá lỏng nền đáng kể.

Tài liệu tham khảo

[1] Nguyễn Hồng Phương (2004), “Bản đồ độ nguy hiểm ĐĐ Việt Nam và biển Đông”, *Tạp chí Các khoa học về trái đất*, **26(2)**, tr.97-111.

[2] Thái Anh Tuấn, Nguyễn Đức Vinh (2013), “Dự báo độ nguy hiểm ĐĐ lưu vực Sông Cả - Rào Nậy trên cơ sở tiếp cận tất định mới”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, **13(3A)**, tr.9-16.

[3] Cao Đình Triều (2010), *Tại biến động đất ở Việt Nam*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 304 trang.

[4] Cao Đình Triều, Franko V, Nguyễn Hữu Tuyên, Nguyễn Thế Hùng (2009), “Nghiên cứu tại biến ĐĐ ở Việt Nam trên cơ sở phương pháp tất định mới”, *Tạp chí Địa chất*, loạt A, **314(9-10)**, tr.56-62.

[5] Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Bùi Anh Nam, Cao Đình Trọng, Mai Thị Hồng Thắm (2013), “Một số nét về đặc điểm địa chấn kiến tạo lưu vực Sông Cả - Rào Nậy”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, **13(3A)**, tr.183-191.

[6] Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Cao Đình Trọng, Phạm Nan Hưng, Thái Anh Tuấn, Mai Xuân Bách, *Tại biến địa chấn lưu vực Sông Cả - Rào Nậy*, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 188 trang.

[7] Cao Đình Triều, Phạm Văn Hùng (2012), *Tại biến địa chất Nghệ An và Hà Tĩnh*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 172 trang.

[8] Cao Đình Triều (chủ biên) và nnk (2015), “Nghiên cứu địa động lực hiện đại, đứt gãy hoạt động và tại biến tự nhiên liên quan (ĐĐ, TLĐ, NSĐ) ở các lưu vực Sông Cả - Rào Nậy, đề xuất các biện pháp ứng phó giảm nhẹ thiên tai phục vụ quy hoạch xây dựng các công trình trên khu vực”, *Báo cáo tổng kết đề tài KC08.11/11-15*, 355 trang (lưu Viện Vật lý địa cầu).

[9] Lê Từ Sơn và nnk (2005), *Phân vùng nhỏ ĐĐ khu vực công trình thủy điện Khe Bó*, 100 trang (lưu Viện Vật lý địa cầu).

[10] Nguyễn Ngọc Thủy và nnk (2004), *Phân vùng nhỏ ĐĐ khu vực công trình thủy điện Bản Lã (Bản Vẽ)*, 68 trang (lưu Viện Vật lý địa cầu).

[11] Thái Anh Tuấn, Lê Văn Dũng, Mai Xuân Bách (2011), “Đánh giá độ nguy hiểm ĐĐ khu vực thành phố Hà Nội và lân cận trên cơ sở thuật toán tất định mới”, *Tạp chí Các khoa học về trái đất*, **33(2)**, tr.200-208.

[12] Fäh D, Suhadolc P, Mueller, Panza G.F (1994), “A hybrid method for the estimation of ground motion in sedimentary basins; quantitative modelling for Mexico City”, *Bull. Seism. Soc. Am*, **84**, pp.383-399.

[13] Giuliano F Panza (1985), “Synthetic seismograms: The Rayleigh waves modal summation”, *J. Geophysics*, **58**, pp.125-145.

[14] Giuliano F Panza, Fabio Romanelli, Franco Vaccari (2000), “Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media”, *Theory and applications to seismic zonation*, Trieste, pp.122.

[15] University of Trieste (2004), “GNDT Deterministic Seismic Zoning Reference Guide (version 0.5.4)”, *University of Trieste*, pp.68.

Ghi nhận mới về đa dạng sinh học và nguồn lợi sinh vật tại vùng nước ven các đảo Bạch Long Vĩ, Cồn Cỏ và Thổ Chu

Trần Đình Lân*, Nguyễn Thị Minh Huyền, Nguyễn Thị Thu, Nguyễn Đăng Ngải

Viện Tài nguyên và Môi trường biển, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

Ngày nhận bài 6.4.2015, ngày chuyển phản biện: 20.4.2015, ngày nhận phản biện 19.5.2015, ngày chấp nhận đăng 22.5.2015

Qua điều tra, khảo sát về sinh thái và môi trường ở các vùng biển xung quanh các đảo Bạch Long Vĩ (Hải Phòng), Cồn Cỏ (Quảng Trị) và Thổ Chu (Kiên Giang) giai đoạn 2013-2014 trong khuôn khổ đề tài KC09.08/11-15, một số phát hiện mới đã được ghi nhận ở các vùng biển quanh các đảo về đa dạng sinh học và nguồn lợi sinh vật cũng như một số hoạt động làm suy giảm nguồn lợi và suy thoái hệ sinh thái. Tại vùng biển quanh đảo Bạch Long Vĩ, đã bổ sung mới 24 loài san hô cho quần xã san hô cứng của đảo Bạch Long Vĩ và loài sá sùng *Sipunculus nudus* được ghi nhận bổ sung vào danh mục các nguồn lợi của đảo. Bổ sung mới 15 loài san hô cứng và 11 loài san hô mềm trước đây chưa được ghi nhận ở vùng biển Cồn Cỏ; loài trai tai tượng *Tridacna crocea* lần đầu tiên được phát hiện phân bố ở vùng biển quanh đảo này; 8 loài san hô mềm có tiềm năng về hoạt chất sinh học cũng được ghi nhận ở vùng đảo Cồn Cỏ. Ở vùng biển quần đảo Thổ Chu và Tây Nam, bổ sung mới 17 loài san hô và phát hiện bổ sung 01 loài hải sâm thuộc giống *Actinopyga* có giá trị kinh tế cao chưa được ghi nhận trước đây và cũng là đối tượng đang bị khai thác bằng các công cụ có thể hủy hoại các hệ sinh thái biển trong vùng.

Từ khóa: Bạch Long Vĩ, Cồn Cỏ, đa dạng sinh học, nguồn lợi, phát hiện mới, Thổ Chu.

Chỉ số phân loại 1.6

Mở đầu

Bạch Long Vĩ, Cồn Cỏ và Thổ Chu là các đảo tiền tiêu có vai trò quan trọng trên vùng biển của nước ta không những trong xác định ranh giới các vùng lãnh hải của Việt Nam mà còn có giá trị cao về bảo tồn và phát triển nguồn gen sinh vật biển, đa dạng sinh học và nguồn lợi sinh vật. Giá trị nguồn lợi và đa dạng sinh học ở vùng biển của các đảo này đã được quan tâm điều tra nghiên cứu trong những năm gần đây và là cơ sở quan trọng để đề xuất thành lập các khu bảo tồn biển ở các quy mô khác nhau. Các giá trị bảo tồn của các hệ sinh thái (HST) biển ở các vùng đảo này càng được khẳng định chắc chắn trong những kết quả điều tra nghiên cứu của đề tài cấp nhà nước “*Lượng giá kinh tế các HST biển - đảo tiêu biểu phục vụ phát triển bền vững một số đảo tiêu biểu ở vùng biển ven bờ Việt Nam*”, mã số KC09.08/11-15 thuộc Chương trình khoa học và công nghệ (KH&N) biển KC09/11-15.

Các kết quả nghiên cứu về nguồn lợi sinh vật vùng nước ven các đảo tiền tiêu được phân tích dựa vào tầm quan trọng của nhóm, loài sinh vật chủ đạo đóng góp cho tổng đa dạng sinh học của đảo cũng như vai trò về sinh thái, kinh tế trong các HST biển. Các kết quả

nghiên cứu đã chỉ ra nguồn lợi tại các vùng nước ven các đảo đang bị suy giảm và các HST bị suy thoái do nhiều nguyên nhân khách quan và chủ quan. Trong quá trình thực hiện, một số phát hiện đã được ghi nhận bổ sung nâng cao giá trị về đa dạng sinh học và nguồn lợi sinh vật ở các đảo tiền tiêu này. Các ghi nhận mới không những góp phần vào nguồn tư liệu đầu vào quan trọng cho việc lượng giá kinh tế các HST biển ở các đảo tiền tiêu mà còn đóng góp thêm các tư liệu mới phục vụ cho việc thành lập và quản lý, bảo vệ hệ thống khu bảo tồn biển ở Việt Nam.

Phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp chủ yếu được sử dụng trong điều tra khảo sát và nghiên cứu bao gồm: phương pháp và kỹ thuật thu mẫu, nghiên cứu về cấu trúc HST, thành phần, mật độ của các nhóm đối tượng sinh vật sinh sống trong các HST vùng triều và rạn san hô theo quy phạm điều tra tổng hợp biển của Ủy ban Khoa học và Kỹ thuật Nhà nước (nay là Bộ KH&CN) ban hành năm 1981 và của English S. et al. (1997) cho vùng dưới triều. Các phương pháp khảo sát và thu mẫu đã được UNESCO công nhận cùng các tài liệu phân loại chuyên

*Tác giả chính: lantd@imer.ac.vn

NEW FINDINGS ON BIODIVERSITY AND LIVING RESOURCES IN WATER REGIONS SURROUNDING BACH LONG VI, CON CO AND THO CHU ISLANDS

Summary

From surveys and analyses of the ecosystems and environments in the water regions surrounding the islands including Bach Long Vi (Hai Phong), Con Co (Quang Tri) and Tho Chu (Kien Giang) from 2012 to 2014 within the framework of the project KC09.08/11-15, some new findings had been recorded on biodiversity and living resources as well as human activities having negative impact on living resources and degrading the ecosystems. In the water region surrounding Bach Long Vi island, 24 new coral species were added to hard coral community and one *Sipunculus nudus* species was firstly recorded, adding to the list of living resources of the island. Fifteen species of hard corals and 11 species of soft corals were firstly found in the water region surrounding Con Co island. One *Tridacna crocea* species was at the first time recorded as a living resource in Con Co island, and 8 species of soft coral with the potentials of biological active substances were also recorded. In the marine water region of Tho Chu island, the total 17 new coral species and one *Actinopyga* sp. species were firstly added to the list of living resources and being also exploited with fishing tools that may destruct the marine ecosystem.

Keywords: Bach Long Vi, bio-diversity, Con Co, findings, living resources, Tho Chu.

Classification number 1.6

sâu của các nhóm đối tượng khác nhau [1]. Sử dụng kỹ thuật thu mẫu, quay phim và chụp ảnh trên cạn và đáy biển có sự trợ giúp của thiết bị lặn SCUBA [2].

Điều tra về nguồn lợi được kết hợp giữa các số liệu nghiên cứu khoa học trong các HST biển và các phương pháp điều tra xã hội học dựa trên các phiếu phỏng vấn tại cộng đồng dân cư, các cấp quản lý của các đảo nghiên cứu và tàu thuyền khai thác thủy sản trong vùng.

Kết quả nghiên cứu

Ghi nhận mới về đa dạng sinh học và nguồn lợi sinh vật tại vùng nước ven đảo Bạch Long Vĩ

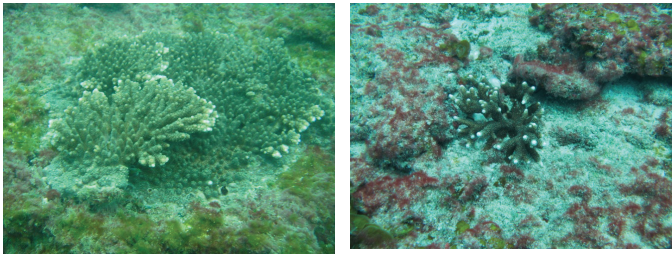
Kết quả điều tra khảo sát đến tháng 4.2013 cho thấy, khu hệ san hô ở đảo Bạch Long Vĩ khá phong phú và đa dạng với tổng số 118 loài thuộc 32 giống, 15 họ của bộ san hô cứng (*Scleractinia*) và 1 họ, 1 giống, 1 loài san hô mềm (*Alcyonidae*). So với công trình của Lăng Văn Kền [3], kết quả nghiên cứu mới của đề tài KC09.08/11-15 bổ sung thêm 24 loài nữa vào danh mục san hô Bạch Long Vĩ (bảng 1).

Bảng 1: thành phần loài san hô phát hiện mới, bổ sung thêm cho quần xã san hô tại đảo Bạch Long Vĩ (nguồn: KC09.08/11-15)

TT	Tên loài	TT	Tên loài
	Họ Acroporidae	13	<i>Goniastrea favulus</i>
1	<i>Acropora aspera</i>	14	<i>Platygyra pini</i> Ch.
2	<i>Acropora monticulosa</i>	15	<i>Platygyra carnosus</i>
3	<i>Acropora rosaria</i>	16	<i>Montastrea curta</i> (Dana)
4	<i>Astreopora listeri</i>	17	<i>Montastrea magnistellata</i>
	Họ Poritidae		Họ Mussidae
5	<i>Goniopora stutchburyi</i>	18	<i>Acanthastrea echinata</i> (Dana)
	Họ Faviidae	19	<i>Acanthastrea hillae</i>
6	<i>Favia lizardensis</i>	20	<i>Lobophyllia flabelliformis</i>
7	<i>Favia veroni</i>	21	<i>Symphyllia agaricia</i>
8	<i>Favites compliata</i>		Họ Merulinidae
9	<i>Favites halicora</i>	22	<i>Hydnophora microconos</i> (Lam.)
10	<i>Favites pentagona</i> (Esper)	23	<i>Hydnophora exesa</i> (Pallas)
11	<i>Goniastrea australiensis</i>		Họ Dendrophylliidae
12	<i>Goniastrea edwardsi</i>	24	<i>Tubastrea aurea</i> (Quoy & Gaimard)

Kết quả khảo sát của đề tài cũng chỉ ra độ phủ rạn san hô phía Tây Bắc đảo Bạch Long Vĩ đã bị suy giảm nghiêm trọng so với 20 năm trước đây. Theo tài liệu [3], có 2 mặt cắt: phía Bắc - Đông Bắc đảo có độ phủ san hô sống đến 94% và phía Bắc đảo độ phủ khoảng 59%, thuộc bậc 4 và 5 - rất cao. Kết quả khảo sát đánh giá vào tháng 4.2013 cho thấy, tại các mặt cắt này độ phủ san hô chỉ còn lại bậc 2 và 3. Như vậy, các rạn san hô ở Bạch Long Vĩ đã suy giảm đáng kể, không còn rạn rất tốt. Rạn có độ phủ cao nhất thuộc bậc 3 nằm trong khoảng 31-50%, rõ ràng độ phủ của rạn này đã bị suy giảm khoảng 50% so với trước đây (hình 1). Các rạn phía Đông Nam và Nam không còn nữa do đã bị phá hủy để xây dựng âu tàu, số còn lại phân bố thưa thớt không tạo thành rạn. Tính trung bình, độ phủ

san hô của đảo Bạch Long Vĩ là 28%, đến nay còn lại khoảng 15-20%, giảm khoảng 1/3.



Hình 1: san hô bị suy giảm đã nhường chỗ cho các loài rong phát triển tại Bạch Long Vĩ (nguồn: KC09.08/11-15)

Ngoài ra, loài sá sùng - *Sipunculus nudus* (hình 2), được phát hiện phân bố tại vùng triều cát - vụn san hô ven bờ phía Đông - Đông Bắc đảo Bạch Long Vĩ (chưa từng được phát hiện trong các nghiên cứu trước đây), bổ sung mới loài này vào danh sách các loài động vật đáy có giá trị kinh tế ở Bạch Long Vĩ (hình 3). Kết quả này đã góp phần làm tăng thêm tư liệu đa dạng loài và nguồn gen của khu hệ sinh vật vùng triều ở ven đảo.



Hình 2: mẫu sá sùng *Sipunculus nudus* ở vùng triều phía Đông Bắc đảo (nguồn: KC09.08/11-15)



Hình 3: sá sùng *Sipunculus nudus* được khai thác và sơ chế để bán tại Bạch Long Vĩ (nguồn: KC09.08/11-15)

Ghi nhận mới về đa dạng sinh học và nguồn lợi sinh vật tại vùng nước ven đảo Cồn Cỏ

Sự đa dạng của san hô đảo Cồn Cỏ đã được điều tra trong khuôn khổ của một số đề tài cấp nhà nước năm 1993, năm 1996, 2006-2010 với 114 loài san hô cứng (Scleractinia) thuộc 41 giống, 14 họ; khoảng hơn 10 loài san hô mềm (Alcyonacea) và một loài thủy tức san hô (Hydrozoa) là *Millepora platyphyllia* đã được phát hiện. Kết quả điều tra nghiên cứu trong hai năm 2013-2014 đã bổ sung mới 15 loài san hô cứng và 11 loài san hô mềm cho danh mục san hô đảo Cồn Cỏ (bảng 2), nâng tổng số lên 150 loài san hô. Như vậy có thể thấy, mặc dù trong phạm vi nhỏ vùng biển quanh đảo, số loài san hô vẫn tiếp tục được phát hiện trong

các chuyến khảo sát, cho thấy sự phong phú và đa dạng quần xã san hô cũng như tiềm ẩn nhiều loài mới chưa được phát hiện.

Bảng 2: danh mục loài san hô mới bổ sung cho quần xã san hô ở vùng biển đảo Cồn Cỏ (nguồn: KC09.08/11-15)

TT	Tên khoa học	TT	Tên khoa học
	Bộ san hô cứng Scleractinia		Bộ san hô mềm Alcyonacea
	Họ Acroporidae		Họ Alcyoniidae
1	<i>Acropora digitifera</i> (Dana)	1	<i>Lobophytum microspiculatum</i> Texier-Durivault
2	<i>Acropora divaricata</i> (Dana)	2	<i>Sarcophyton flexuosum</i> Texier-Durivault
3	<i>Acropora monticulosa</i> (Brugg.)	3	<i>Simularia brassica</i> May
4	<i>Acropora spicifera</i> (Dana)	4	<i>Simularia conferta</i> Dana
5	<i>Acropora valida</i> (Dana)	5	<i>Simularia densa</i> Whitelegge
6	<i>Montipora crassituberculata</i> Bernard	6	<i>Simularia cruciata</i> Texier-Durivault
7	<i>Montipora danae</i> (E.&H)	7	<i>Simularia facile</i> Texier-Durivault
8	<i>Montipora turgescens</i> Bernard		Họ Nephtheidae
9	<i>Montipora vietnamensis</i> Veron	8	<i>Dendronephthya</i> sp Kuekenhul
	Họ Poritidae	9	<i>Nephtea</i> sp Audouin
10	<i>Porites lichen</i> Dana	10	<i>Stereonephthya</i> sp Kuekenhul
11	<i>Porites rus</i> (Forskal)		Họ Ellisellidae
	Họ Siderastreidae	11	<i>Juceella fragilis</i> Ridley
12	<i>Psammocora obtusangula</i> (Lamarck)		
	Họ Agariciidae		
13	<i>Pavona duerdeni</i> Vaughan		
	Họ Mussidae		
14	<i>Acanthastrea hemprichii</i> (Ehrenberg)		
	Họ Dendrophylliidae		
15	<i>Turbinaria mesenterina</i> (Lamarck)		

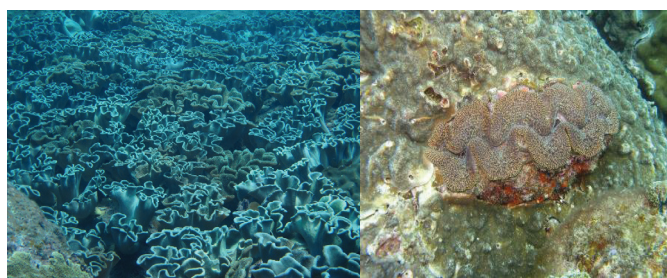
Kết quả khảo sát nghiên cứu trong các năm 2013 và 2014 cho thấy, độ phủ của san hô cứng khá cao dao động trong khoảng 20-30%, độ phủ san hô mềm ở một số điểm lên đến 70-80%. Độ phủ cao nhất là các mặt cắt phía Tây Bắc và phía Đông của đảo. Ở đó san hô mềm phát triển rất mạnh xen kẽ với những thảm san hô cứng. Các mặt cắt còn lại đều có độ phủ trong khoảng 20%. Diện tích phân bố của san hô mềm ven đảo được phát hiện lên tới gần 100 ha. Trong đó chiếm ưu thế nhất là các giống *Simularia*, *Sarcophyton* (hình 4), *Lobophytum* tới 64 ha và độ phủ tới 80%, nhiều chỗ chúng tạo nên những thảm đơn loài rộng hàng trăm mét vuông. Sự phát hiện và bổ sung các loài mới cho vùng biển ven đảo Cồn Cỏ đã làm tăng giá trị đa dạng sinh học của HST rạn san hô tại đây. Mặt khác, HST rạn san hô ven đảo nằm trong khu Bảo tồn biển của đảo

Cồn Cỏ nên được bảo vệ khá tốt.

Trong danh sách các loài san hô mềm thu được trong đợt khảo sát năm 2013-2014 tại vùng biển quanh đảo Cồn Cỏ, có một số loài có tiềm năng chứa các chất hoạt tính sinh học (bảng 3) và là nguồn dược liệu có giá trị [4].

Bảng 3: các loài san hô mềm phân bố ở ven đảo Cồn Cỏ có tiềm năng chứa các chất có hoạt tính sinh học [4]

STT	Tên khoa học	Chất có hoạt tính sinh học	Chức năng	Nguồn tài liệu
1	<i>Sarcophyton ehrenbergi</i>	Diterpenoids	Kháng vi rút	Shang-Kwei Wang và nnk, 2013
2	<i>Sarcophyton elegans</i>	Carotenoids	Kháng tế bào ung thư buồng trứng	Zhifang Xi và nnk, 2013
3	<i>Simularia brassica</i>	Steroids	Kháng tế bào ung thư	Chung-Yao Huang và nnk, 2013
4	<i>Simularia cruciata</i>	Steroids	Kháng tế bào ung thư	Quoc Hung Vo và nnk, 2012
5	<i>Simularia facile</i>	Steroids	Kháng tế bào ung thư, kháng viêm	Bo-Wei Chen và nnk, 2008
6	<i>Simularia gibberosa</i>	Steroids	Kháng tế bào ung thư	Ahmed A.F và nnk, 2006
7	<i>Simularia gyrosa</i>	Diterpenoids	Kháng viêm	Shi-Yie Cheng và nnk, 2010
8	<i>Juceella fragilis</i>	Diterpenoids	Kháng viêm	Liaw C.C và nnk, 2013



Hình 4: loài san hô mềm *Sarcophyton* sp. phổ biến tại vùng nước phía Tây Nam đảo Cồn Cỏ (nguồn: KC09.08/11-15)

Hình 5: trai Tai tượng *Tridacna crocea* (nguồn: KC09.08/11-15)

Bên cạnh 15 loài san hô cứng và 11 loài san hô mềm được phát hiện bổ sung cho thành phần loài san hô tại đảo Cồn Cỏ, loài trai tai tượng *Tridacna crocea* được phát hiện mới, bổ sung vào danh sách loài thân mềm hai mảnh vỏ (hình 5). Đây là một loài có giá trị kinh tế cao trong cung cấp thực phẩm, mỹ nghệ chưa được đề cập đến trong các nghiên cứu trước đây tại Cồn Cỏ.

Ghi nhận mới về đa dạng sinh học và nguồn lợi sinh vật tại vùng nước ven đảo Thổ Chu

Kết quả khảo sát nghiên cứu của đề tài KC09.08/11-15 ghi nhận được 202 loài san hô cứng thuộc 52 giống và 13 họ phân bố quanh đảo Thổ Chu, chiếm 49% số loài san hô ven bờ Việt Nam. Đối chiếu với danh sách thành phần loài san hô biển Tây Nam, số lượng loài san hô đảo Thổ Chu chiếm 75% tổng số loài. Bên cạnh

đó, 17 loài san hô tạo rạn được bổ sung vào danh mục san hô biển Tây Nam (bảng 4).

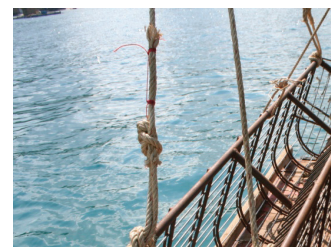
Bảng 4: thành phần loài san hô cứng bổ sung cho danh mục san hô biển ở vùng biển đảo Thổ Chu và Tây Nam [5]

TT	Tên khoa học	TT	Tên khoa học
	Acroporidae	9	<i>Lobophyllia dentata</i> Veron, 2000
1	<i>Acropora abrolhosensis</i> Veron, 1985	10	<i>Lobophyllia flabelliformis</i> Veron, 2000
2	<i>Alveopora catalai</i> Wells, 1968	11	<i>Lobophyllia robusta</i> Yabe & Sugiyama, 1936
3	<i>Alveopora tizardi</i> Bassett-Smith, 1890		Merulinidae
4	<i>Alveopora verrilliana</i> Dana, 1872	12	<i>Dipsastraea vietnamensis</i> (Veron, 2000)
5	<i>Montipora cebuensis</i> Nemenzo, 1976	13	<i>Echinopora pacificus</i> Veron, 1990
6	<i>Montipora danae</i> (Milne Edwards & Haime, 1851)	14	<i>Favites melicerum</i> (Ehrenberg, 1834)
7	<i>Montipora hirsuta</i> Nemenzo, 1967	15	<i>Favites vasta</i> (Klunzinger, 1879)
	Euphyllidae	16	<i>Goniastrea minuta</i> Veron, 2000
8	<i>Euphyllia divisa</i> Veron & Pichon, 1980		Scleractinia incertae sedis
	Lobophyllidae	17	<i>Leptastrea inaequalis</i> Klunzinger, 1879

Sự phân bố của các loài hải sâm trong HST rạn san hô và vùng triều cũng được ghi nhận qua khảo sát nghiên cứu trong năm 2013-2014. Đặc biệt, một loài sinh vật có tên gọi địa phương là banh long tại vùng biển Thổ Chu (hình 6) cũng lần đầu tiên được phát hiện. Theo nhận định ban đầu của các chuyên gia nghiên cứu động vật đáy, đây là một loài sinh vật thuộc lớp hải sâm Holothuroidea, bộ Aspidochirotida, họ Holothuriidae, giống *Actinopyga*. Hiện do chưa có đủ căn cứ khoa học và tài liệu để định loại chi tiết đến loài, nên tạm thời xác định loài hải sâm này có tên là *Actinopyga* sp.



Hình 6: ảnh chụp banh long *Actinopyga* sp. được khai thác, sơ chế ở Thổ Chu (nguồn: KC09.08/11-15)



Hình 7: cào sắt dùng để khai thác banh long (hải sâm) (nguồn: KC09.08/11-15)

Loài hải sâm có tên gọi địa phương là banh long này chưa thấy được ghi nhận trước đây trong các kết quả nghiên cứu khoa học ở ven đảo Thổ Chu [6] có thể do chúng thường phân bố ở vùng biển sâu và vùi mình dưới bùn cát sâu từ 20-40 cm, rất khó thu mẫu trong nghiên cứu. Hiện nay, loài này đang là nguồn lợi được khai thác rất mạnh để xuất khẩu sang Trung Quốc. Có những thời điểm (tháng 1.2014) loài hải sâm này trở

thành đối tượng “nóng” được khai thác ngày đêm bằng nhiều cách, thậm chí là bằng những dụng cụ khai thác có tính hủy diệt như cào sắt có gắn gai đinh (hình 7). Theo thông tin được cung cấp từ đồn biên phòng trên đảo Thổ Chu, trung bình hàng tháng có khoảng 150 tàu đến khai thác và đánh bắt thủy sản tại vùng biển quanh đảo, chủ yếu là các tàu đến từ Bình Định và Kiên Giang. Việc khai thác banh long bừa bãi ngay trên các HST ven đảo, phá hủy nền đáy và các HST của đảo, đặc biệt là HST rạn san hô, làm giảm nguồn lợi của các nhóm cá kinh tế (KC09.08/11-15).

Kết quả nghiên cứu sơ bộ của đề tài KC09.08/11-15 cũng cho thấy, đảo Thổ Chu có giá trị nguồn lợi thủy sản rất lớn. HST rạn san hô ở khu vực Hòn Từ và Hòn Cau Cát đang có các dấu hiệu phục hồi sau sự tàn phá của trận bão năm 1995 (hình 8). Việc khai thác của các phương tiện đánh bắt hủy diệt sẽ có thể làm gãy nát san hô, mất đi các nơi cư trú của các nguồn lợi cá biển và các sinh vật biển có giá trị kinh tế, cũng như mất đi các bãi giống, bãi đẻ, nơi ương nuôi con non của hàng ngàn các loài sinh vật biển khác.



Hình 8: ảnh chụp HST rạn san hô đang phục hồi tại Hòn Cau Cát, đảo Thổ Chu (nguồn: KC09.08/11-15)

Kết luận

Các ghi nhận mới nêu trên trong khuôn khổ điều tra, khảo sát và nghiên cứu trong hai năm (2013-2014) của đề tài cấp nhà nước có mã số KC09.08/11-15 đã bổ sung và cho thấy tiềm năng đa dạng sinh học và nguồn lợi ở các vùng biển quanh các đảo tiền tiêu. Ở Bạch Long Vĩ, 24 loài san hô mới được bổ sung vào quần xã san hô cứng và phát hiện thêm loài sá sùng *Sipunculus nudus* có giá trị kinh tế. Danh mục loài thuộc quần xã

san hô vùng biển đảo Cồn Cỏ được bổ sung 15 loài san hô cứng và 11 loài san hô mềm, trong đó có 8 loài có khả năng có các hoạt chất sinh học, đồng thời phát hiện sự phân bố của loài trai Tai tượng *Tridacna crocea* tại vùng nước ven đảo này. Phát hiện thêm 17 loài cho danh mục loài san hô biển ở vùng biển đảo Thổ Chu và Tây Nam, đồng thời phát hiện bổ sung 01 loài hải sâm thuộc giống *Actinopyga* có giá trị kinh tế cao cho vùng đảo này.

Tuy nhiên, các tác động do khai thác sử dụng tài nguyên ở các vùng đảo đang đe dọa nghiêm trọng đến giá trị bảo tồn. Những phát hiện liên quan đến những đe dọa từ các hoạt động nhân sinh ở các vùng biển này cũng đã kịp thời được thông báo tới các cơ quan chức năng thuộc thành phố Hải Phòng, tỉnh Quảng Trị và tỉnh Kiên Giang để có những giải pháp hạn chế những tác động xấu, làm tổn hại đến giá trị bảo tồn của các HST biển tại các đảo tiền tiêu được nghiên cứu.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin cảm ơn đề tài “*Lượng giá kinh tế một số hệ sinh thái biển của các đảo tiền tiêu ven bờ Việt Nam*” (mã số KC09.08/11-15) đã hỗ trợ thực hiện các nội dung nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Viện Tài nguyên và Môi trường biển (2014), *Quy trình điều tra, khảo sát tài nguyên và môi trường biển - Phần sinh học và hóa môi trường*, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, 291tr.
- [2] English S, Wilkinson C, Baker V (1997), *Survey manual for tropical marine resources*, Aust, Inst, Mar, Sci, 368p.
- [3] Lăng Văn Kèn (1996), “San hô cứng (Scleractinia) và rạn san hô đảo Bạch Long Vĩ”, *Tuyển tập Tài nguyên và môi trường biển, tập III*, tr.308-319.
- [4] Đậu Văn Thảo (2014), “Dẫn liệu mới về thành phần loài và tiềm năng dược liệu san hô mềm (Bộ Alcyonacea) ở ven đảo Cồn Cỏ, Quảng Trị”, *Tạp chí Khoa học công nghệ biển*, **14(3A)**, tr.230-237.
- [5] Thái Minh Quang, Phan Kim Hoàng và Võ Sĩ Tuấn (2014), “Quần xã san hô cứng xung quanh đảo Thổ Chu”, *Tuyển tập Hội nghị Khoa học toàn quốc về sinh học biển và phát triển bền vững lần thứ hai*, tr.177-184.
- [6] Đỗ Văn Khương (2011), “Kết quả nghiên cứu điều kiện môi trường, đa dạng sinh học, nguồn lợi hải sản và kinh tế - xã hội đảo Thổ Chu”, *Báo cáo Tổng kết tiểu dự án 12 về “Điều tra tổng thể hiện trạng đa dạng sinh học các HST rạn san hô và vùng ven đảo ở vùng biển Việt Nam phục vụ phát triển bền vững”*, lưu Viện Nghiên cứu hải sản.

Xác định biến động mực nước hạ du sông Hồng dưới tác động của hệ thống các công trình thủy điện thượng du

Vũ Thị Thu Lan^{1*}, Hoàng Thanh Sơn², Lương Hữu Dũng³

¹Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

²Viện Khoa học khí tượng thủy văn và biến đổi khí hậu

³Viện Địa lý, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

Ngày nhận bài 10.2.2015, ngày chuyển phản biện 25.2.2015, ngày nhận phản biện 18.3.2015, ngày chấp nhận đăng 26.3.2015

Là lưu vực lớn thứ 2 trên lãnh thổ Việt Nam nhưng hệ thống sông Hồng có tiềm năng năng lượng đứng đầu cả nước. Số công trình thủy điện lớn được xây dựng trên lưu vực sông Hồng chiếm 25% của toàn quốc, tổng công suất lắp máy chiếm trên 46%. Trong quá trình vận hành, các hồ chứa tác động mạnh mẽ đến chế độ dòng chảy, đặc biệt vào mùa kiệt đã gây ra những khó khăn cho vùng hạ du. Để có cơ sở khoa học đánh giá tác động của việc điều tiết các hồ chứa lớn ở thượng du đến chế độ dòng chảy và khả năng lấy nước ở vùng hạ du sông Hồng trong mùa kiệt, các tác giả ứng dụng bộ mô hình MIKE DHI mô phỏng dòng chảy và sự vận hành các hồ chứa trong thời kỳ 2000-2012. Kết quả cho thấy, với điều kiện nguồn nước và hệ thống hồ chứa như hiện nay có thể đủ đáp ứng các nhu cầu hiện tại ở hạ du sông Hồng trong mùa kiệt. Vì vậy, rất cần có một quy trình vận hành liên hồ chứa hoàn chỉnh cho hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Hồng.

Từ khóa: biến động mực nước, lưu vực sông Hồng, mô hình Mike, vận hành hồ chứa.

Chỉ số phân loại 1.7

DETERMINATION OF THE WATER LEVEL CHANGES IN THE LOW LANDS OF RED RIVER BASIN UNDER THE IMPACT OF THE HIGHLANDS HYDROPOWER WORK SYSTEM

Summary

It is the 2nd largest basin in the territory of Vietnam, but the Red River Basin system has the highest potential of energy all over the country. In the course of “industrialisation and modernisation” of the country, a series of large hydroelectric projects have been built and put into operation; in which, the Red River Basin occupies for 25% of the construction works (as for large hydropower plants in Vietnam), but its total installed capacity accounts for more than 46%. However, during operation, the reservoirs have affected strongly the flow regime of downstream, causing disputes among water users and simultaneously increasing some types of natural disasters, including drought. To have scientific basis for assessing the impact of the regulation of the large upstream reservoirs on the flow regime and the ability to get water in the Red River downstream in the dry season, the authors have applied MIKE DHI model to simulate the flow and operation of the reservoirs during the period of 2000-2012. The results have shown that the water resources conditions and reservoir system currently can meet the present demand of the Red River downstream in the dry season. There fore, it is necessary to develop a complete inter-reservoir operation rule for the reservoir system of the Red River Basin which will resolve the water use conflicts.

Keywords: Mike model, Red River Basin, reservoir operation, water level changes.

Classification numbers 1.7

Đặt vấn đề

Nhằm khai thác các nguồn tài nguyên thiên nhiên phục vụ phát triển kinh tế - xã hội của đất nước, trong những năm gần đây, trên thượng nguồn lưu vực sông Hồng đã xây dựng hệ thống các hồ chứa lớn (Sơn La, Hòa Bình, Tuyên Quang, Thác Bà). Đây là hệ thống công trình khai thác nguồn nước tổng hợp trong đó chú trọng việc phát điện, điều tiết nước cho hạ du (phòng lũ, tăng cường cấp nước cho mùa kiệt...). Trong quá trình vận hành (tích nước, phát điện), các hồ chứa tác động mạnh mẽ đến chế độ dòng chảy, đặc biệt vào mùa khô

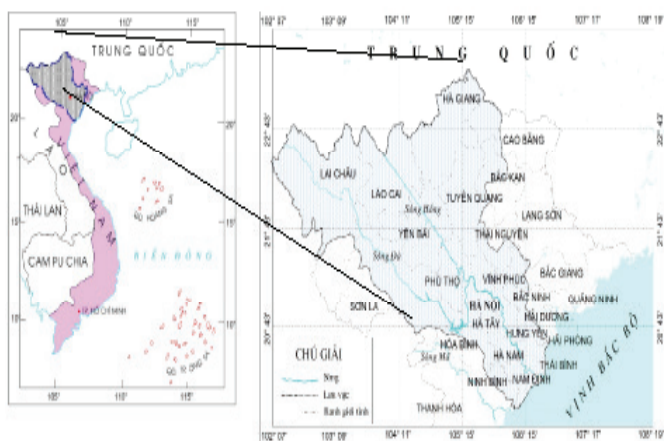
*Tác giả chính: Email: vuthulan68@yahoo.com; Email: hoangson97@gmail.com

đã gây ra những khó khăn cho vùng hạ du. Liên tiếp trong những năm đầu của thế kỷ XXI, hạn hán đã tác động rất lớn đến đời sống của người dân ở đây [1, 2]. Để có cơ sở khoa học đánh giá tác động của việc điều tiết các hồ chứa lớn ở thượng du đến chế độ dòng chảy và khả năng lấy nước ở vùng hạ du sông Hồng trong mùa kiệt, chúng tôi đã ứng dụng Bộ mô hình MIKE DHI [3] mô phỏng dòng chảy và sự vận hành các hồ chứa trong thời kỳ 2000-2012. Trên cơ sở bộ thông số mô hình phù hợp, các phương án vận hành hồ chứa được đề nghị theo các kịch bản có 3 hồ (Hòa Bình, Thác Bà, Tuyên Quang) hoặc 4 hồ (Sơn La, Hòa Bình, Thác Bà, Tuyên Quang) điều tiết đáp ứng nhu cầu sử dụng nguồn nước ở hạ du nhằm xác định biến động mực nước hạ du trong điều kiện sử dụng hợp lý với nguyên tắc chia sẻ tài nguyên nước.

CƠ SỞ TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Giới thiệu chung về lưu vực sông Hồng

Hệ thống sông Hồng là hệ thống sông lớn thứ hai ở Việt Nam, bao gồm toàn bộ hay một phần địa phận của các tỉnh và thành phố: Lai Châu, Điện Biên, Sơn La, Hoà Bình, Lào Cai, Yên Bái, Hà Giang, Tuyên Quang, Phú Thọ, Vĩnh Phúc, Hà Nội, Hưng Yên, Hà Nam, Ninh Bình, Nam Định, Thái Bình. Ở địa phận Việt Nam phần thượng nguồn hệ thống là tập hợp 3 nhánh lớn gồm: sông Đà, sông Thao và sông Lô - Gâm, gặp nhau tại Việt Trì và chảy vào vùng Đồng bằng; sông Hồng có nhiều phân lưu ra cả hai phía bờ tả và bờ hữu; hiện tại bờ tả còn 3 phân lưu là sông Đuống, sông Luộc và sông Trà Lý, bờ hữu còn sông Đào và sông Ninh Cơ. Hệ thống sông Hồng có 615 sông suối (với chiều dài từ 10 km trở lên), trong đó có 57 sông nhánh cấp 1; 195 sông nhánh cấp 2; 245 sông nhánh cấp 3; 97 sông nhánh cấp 4; 18 sông nhánh cấp 5 [4, 5].



Hình 1: vị trí địa lý hệ thống sông Hồng

Tổng lượng dòng chảy trung bình nhiều năm của hệ thống sông Hồng đạt 135,2 km³, trong đó 52,5 km³ (chiếm 38,8%) từ Trung Quốc và Lào chảy vào, 82,7 km³ được hình thành trong lãnh thổ nước ta (bảng 1). Trong năm, dòng chảy trên sông tập trung vào mùa lũ (tháng 6-10) với tổng lượng dòng chảy chiếm khoảng 70-80% lượng dòng chảy năm. Lượng dòng chảy mùa kiệt chỉ chiếm (20-30% dòng chảy năm, trong đó 3 tháng liên tục có lượng dòng chảy nhỏ nhất (chỉ chiếm dưới 10% dòng chảy năm) và xuất hiện vào các tháng 1-3 hay 2-4.

Bảng 1: phân bố diện tích, tổng lượng dòng chảy trên lưu vực sông Hồng [4, 5]

Lưu vực sông	Diện tích (km ²)		Tổng lượng nước (10 ⁹ m ³)	
	Tổng	Việt Nam	Tổng	Việt Nam
Hồng (tính đến Việt Trì)	143.300	60.800	119,70	67,2
Đà	52.500	26.800	57,36	33,3
Lô	51.800	12.000	34,73	24,4
Thao	39.000	22.000	27,57	9,5
Thái Bình (tính đến Phả Lại)	13.000	13.000	7,00	7,0
Đồng bằng sông Hồng	12.700	12.700	8,50	8,5
Hệ thống sông Hồng - Thái Bình	169.000	86.500	135,20	82,7

Cơ sở tài liệu

Số liệu quan trắc thủy văn:

- Hệ thống trạm thủy văn: 7 trạm trên hệ thống sông Hồng gồm có Hòa Bình (sông Đà), Yên Bái (sông Thao), Vụ Quang (sông Lô), Việt Trì, Sơn Tây, Hà Nội (sông Hồng), Thượng Cát (sông Đuống).

- Các đặc trưng quan trắc: lưu lượng, mực nước trung bình ngày từ năm 1960-2012.

- Các thời kỳ quan trắc được phân chia theo hoạt động của các công trình thủy điện:

+ Trước năm 2007: có sự điều tiết của công trình thủy điện Thác Bà và Hòa Bình

+ Từ năm 2007-2012: hệ thống 4 hồ chứa lớn bắt đầu hoạt động. Thủy điện Sơn La bắt đầu thực hiện tích nước từ giữa năm 2010. Chuỗi số liệu tính đến nay chưa đủ dài, do đó việc phân tích đánh giá ảnh hưởng của hồ tới dòng chảy hạ lưu sông Hồng sẽ không tách ra thời kỳ riêng mà phân tích gộp vào trong thời kỳ dòng chảy sông Đà và hạ lưu sông Hồng chịu sự điều tiết tổng hợp của thủy điện Hòa Bình.

Số liệu về các hồ chứa: các hồ chứa lớn trên hệ thống sông Hồng được đưa vào xem xét gồm: hồ Sơn

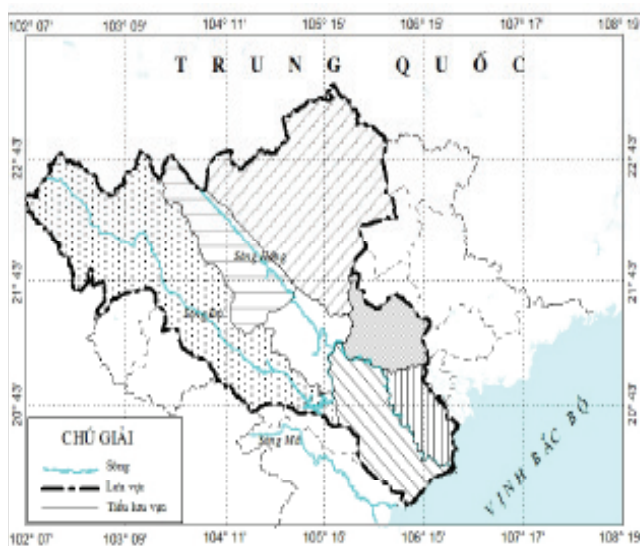
La và Hòa Bình (trên sông Đà), hồ Thác Bà (trên sông Chảy) và hồ Tuyên Quang (trên sông Gâm) [6, 7].

- Các thông số thiết kế vận hành hồ chứa gồm: các đường đặc tích hồ chứa, mực nước và dung tích thiết kế hồ chứa, năng lực xả của hồ chứa, biểu đồ điều phối của từng hồ.

- Số liệu thủy văn: số liệu lưu lượng biên dòng chảy đến hồ Sơn La, hồ Thác Bà, hồ Tuyên Quang và các trạm thủy văn Hàm Yên, Yên Bái và các khu giữa khác theo bước thời gian ngày.

Số liệu nhu cầu sử dụng nước trong các ngành nông nghiệp, công nghiệp, sinh hoạt được tính toán dựa trên số liệu thống kê của các tỉnh thuộc lưu vực sông Hồng thời kỳ 2000-2012 [5] và được phân chia theo các hệ thống sử dụng nước (hình 2) gồm có:

- Khu sử dụng nước lưu vực sông Đà.
- Khu sử dụng nước lưu vực sông Thao.
- Khu sử dụng nước lưu vực sông Lô + Gâm + Chảy.
- Khu sử dụng nước phần hữu hạ du sông Hồng (khu Bắc Đuống, khu sông Nhuệ, Hữu Đáy, sông Tích - Thanh Hà, Bắc Nam Hà, Bắc Ninh Bình, Nam Ninh Bình, Trung Nam Định, Nam Nam Định).
- Khu sử dụng nước phần tả hạ du sông Hồng (Bắc Hưng Hải, Bắc Thái Bình, Nam Thái Bình).



Hình 2: sơ đồ phân chia các tiểu lưu vực thuộc hệ thống sông Hồng (phần lãnh thổ Việt Nam)

Phương pháp nghiên cứu

Nhằm đánh giá biến động mực nước trong hệ thống sông Hồng, chúng tôi sử dụng các thông tin về hồ chứa,

số liệu khí tượng - thủy văn tại các trạm, công trình khai thác nước... và công cụ mô hình MIKE (hình 3):

- MIKE 11: diễn toán thủy lực nhằm xác định mực nước tại các vị trí đối sánh.

- MIKE Basin: mô phỏng vận hành hồ chứa đáp ứng nhu cầu sử dụng nước ở hạ du.



Hình 3: sơ đồ phương pháp nghiên cứu

Các năm tính toán được lựa chọn là các năm cạn kiệt điển hình trên khu vực nghiên cứu: 2003-2004; 2004-2005; 2005-2006; 2006-2007; 2009-2010. Trong những năm này, hiện tượng cạn kiệt dòng chảy xảy ra đồng bộ tại các tuyến quan trắc được.

Các phương án tính toán:

- Phương án 1: có 3 hồ chứa hoạt động: Hòa Bình, Thác Bà, Tuyên Quang.

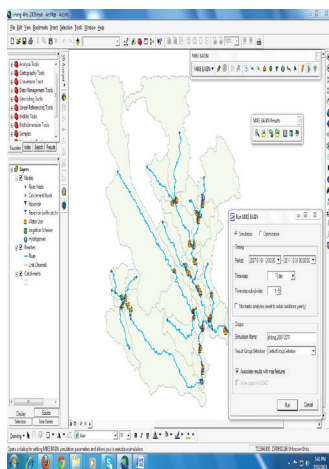
- Phương án 2: có 4 hồ chứa hoạt động: Sơn La, Hòa Bình, Thác Bà, Tuyên Quang.

Các vị trí đối sánh mực nước theo các phương án tính toán:

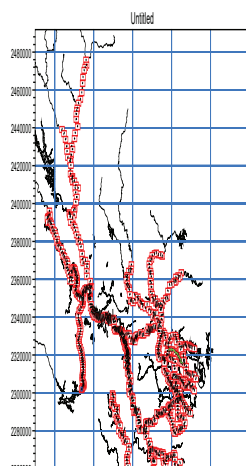
- Trạm Sơn Tây, Hà Nội trên sông Hồng.
- Trạm Thượng Cát trên sông Đuống.

Thiết lập mô hình Mike Basin và Mike 11HD:

Với giao diện thân thiện tích hợp trên nền ArcGIS, MIKE Basin sơ đồ tính toán được xây dựng theo kiểu mô hình mạng lưới mô phỏng các công trình hồ chứa, mạng lưới sông, vị trí các hộ dùng nước, điểm lấy nước, điểm chuyển dòng đều được xác định trực quan (hình 4a). Khả năng tính toán tùy biến nhanh, xác định quá trình dòng chảy tại tất cả các nút cũng được đưa ra cho phép xác định và đánh giá được ảnh hưởng tổng hợp của các công trình cũng như các khu tưới đối với dòng chảy trong sông.



Hình 4a: sơ đồ tỉnh trên Mike Basin



Hình 4b: sơ đồ tỉnh trên Mike 11HD

Hình 4: sơ đồ mạng lưới tính toán trên Mike

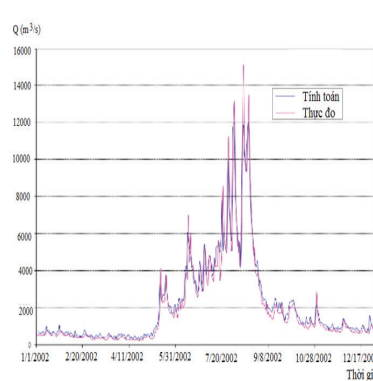
Mike 11HD mô phỏng mạng sông bao gồm 30 sông chính và sông nhánh thuộc hệ thống sông Hồng - Thái Bình (hình 4b) cùng với hệ thống 864 mặt cắt được đo đạc trong thời kỳ 2000-2012: phía thượng lưu các sông: Đà, Thao, Chảy, Lô, Gâm, Thương, Cầu, Lục Nam; phía hạ lưu các sông: Văn Úc, Bạch Đằng, Lạch Tray, Trà Lý, Ninh Cơ, Cấm, Đuống, Luộc, Đáy, Đào, Hoàng Long, Hóa.

- Biên trên: các vị trí bắt đầu mô phỏng tại các sông: sông Gâm là quá trình xả của hồ Tuyên Quang, sông Lô tại Hàm Yên, sông Thao tại Yên Bái, sông Đà tại Hòa Bình, sông Chảy tại Thác Bà, sông Đáy tại Ba Thá, sông Hoàng Long tại Bến Đê, sông Cầu tại Gia Bảy, sông Thương tại Cầu Sơn, sông Lục Nam tại Chũ và các quá trình khu giữa khác.

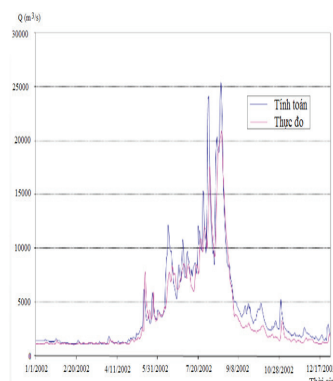
- Biên dưới: tại các cửa ra trên các sông: Đá Bạch (trạm Do Nghi), Cấm (Cửa Cấm), Lạch Tray (Kiến An), Văn Úc (Quang Phục), Thái Bình và Hóa tính biên mực nước theo trạm Đông Xuyên, Trà Lý (Định Cư), Hồng (Ba Lạt), Đáy (Như Tân), Ninh Cơ (Phú Lễ).

- Biên dọc sông: các nhánh suối gia nhập: các vị trí lấy nước từ sông; các cống lấy nước (tổng số 46 cống chính); các trạm bơm (111 trạm).

Mô hình được thiết lập và kiểm định các thông số chính với số liệu năm 2002. Kết quả thu được cho thấy bộ thông số đã đạt yêu cầu của bài toán trên lưu vực sông Hồng (kết quả giữa lưu lượng nước thực đo và tính toán của 2 trạm đại diện là Hòa Bình và Sơn Tây được trình bày ở hình 5).



Hình 5a: đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán tại hồ Hòa Bình



Hình 5b: đường quá trình lưu lượng thực đo và tính toán tại trạm thủy văn Sơn Tây

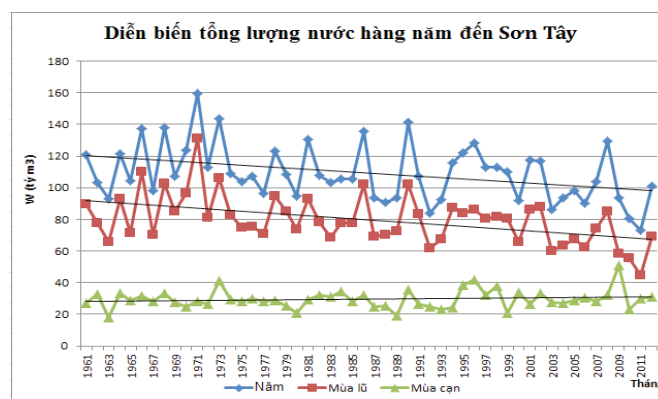
Kết quả và thảo luận

Tác động của hoạt động công trình thủy điện trên thượng lưu đến mực nước ở hạ du

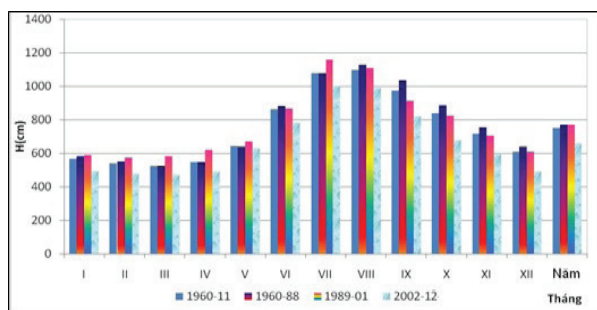
Qua phân tích số liệu (lưu lượng, mực nước) quan trắc thực tế tại các trạm thủy văn Sơn Tây, Hà Nội, Thượng Cát trong thời kỳ 1960-2012 cho thấy:

Tác động biến đổi về giá trị:

Lưu lượng dòng chảy mùa ở hạ du tại trạm thủy văn Sơn Tây, Hà Nội và Thượng Cát sau khi có các hồ chứa hoạt động đều tăng nhưng ở các mức độ khác nhau. Tăng lớn nhất là tại trạm thủy văn Thượng Cát với tổng lượng dòng chảy mùa kiệt trung bình tăng khoảng 9,67 tỷ m³. Tiếp đó là trạm Sơn Tây, từ tháng 1-3 dòng chảy mùa kiệt tăng từ 180-400 m³/s, từ tháng 4-5 lưu lượng trung bình tháng tăng mạnh từ 200-1090 m³/s. Xét 5 tháng mùa kiệt (từ tháng 1-5), tổng lượng dòng chảy tại Sơn Tây đã tăng lên khoảng 5,7 tỷ m³ khi có hồ hoạt động. Còn đối với trạm thủy văn Hà Nội, dòng chảy tại mùa kiệt tăng lên đáng kể thời kỳ từ tháng 2-5, trung bình từ 100-480 m³/s.



Hình 6: diễn biến tổng lượng nước tại trạm Sơn Tây từ năm 1960-2012

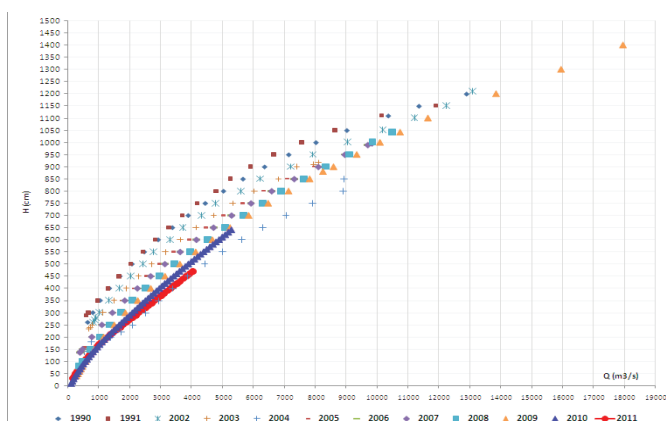


Hình 7: sự thay đổi mực nước tại trạm Sơn Tây qua các thời kỳ

Mặc dù lưu lượng nước có sự gia tăng nhưng mực nước trung bình tháng tại Sơn Tây, Hà Nội suy giảm. Mực nước trung bình tháng và năm đối với trạm thủy văn Hà Nội thời kỳ 1991-2001 cao hơn với thời kỳ 1960-1990 trong các tháng mùa kiệt (từ tháng 2-4) do điều tiết của hồ Hòa Bình, nhưng lại giảm rõ rệt trong thời kỳ 2002-2012, mực nước trung bình năm đã giảm gần 1,0 m so với thời kỳ 1960-1990. Mực nước trung bình các tháng cạn nhất (1-3) những năm gần đây (2002-2012) khi có sự điều tiết tổng hợp của cả 4 hồ chứa (Sơn La, Hòa Bình, Tuyên Quang và Thác Bà) thấp hơn mực nước cùng giai đoạn so với thời kỳ 1960-1990 (chưa có sự điều tiết dòng chảy của hồ Hòa Bình) khoảng 0,4-0,7 m. Hiện tượng hạ thấp mực nước tương tự trạm thủy văn Hà Nội cũng quan trắc được tại các trạm thủy văn lân cận là Sơn Tây, Thượng Cát.

Đặc biệt đặc trưng mực nước nhỏ nhất năm trung bình theo các thời kỳ tính toán được cho thấy xu thế giảm mạnh đặc trưng mực nước nhỏ nhất năm của thời kỳ 2007-2012, là thời kỳ nhiều hồ chứa thượng lưu tham gia điều tiết dòng chảy so với các thời kỳ khác. Tại Sơn Tây, Hà Nội xuất hiện mực nước nhỏ nhất lịch sử trong chuỗi quan trắc.

Tác động làm biến đổi dạng quan hệ lưu lượng và mực nước:



Hình 8: đường quan hệ mực nước và lưu lượng tại trạm Hà Nội

Lưu lượng nước trung bình trong các tháng cạn nhất từ tháng 1-3 trong những năm gần đây tại trạm thủy văn Hà Nội giảm so với thời kỳ 1991-2000 nhưng vẫn lớn hơn dòng chảy tự nhiên thời kỳ 1960-1971. Bên cạnh đó, mực nước trung bình cùng thời kỳ lại giảm đáng kể. Điều này chứng tỏ quan hệ lưu lượng - mực nước đã có sự thay đổi. Sự thay đổi quan hệ này càng diễn ra mạnh trong những năm gần đây khi có ảnh hưởng đồng thời của 4 hồ chứa Sơn La, Hòa Bình, Thác Bà, Tuyên Quang và có xu thế lệch sang phải.

Phân tích quan hệ lưu lượng - mực nước tại trạm thủy văn Hà Nội, Sơn Tây và Thượng Cát có thể thấy: về mùa cạn, cùng một cấp lưu lượng, chênh mực nước giữa 2 thời kỳ là trên 1,5-2 m. Như vậy, để duy trì mực nước tại Hà Nội 2,2-2,3 m đáp ứng yêu cầu lấy nước trong thời kỳ đồ ải thì hiện nay cần có lượng dòng chảy trung bình khoảng 1500-1800 m³/s so với khoảng 750-850 m³/s trước đây, các hồ chứa thượng nguồn cần bổ sung một lượng nước rất lớn (gần gấp đôi) cho hạ lưu. Điều này ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả sản xuất của các nhà máy thủy điện, gây tổn thất lớn về kinh tế - xã hội.

Như vậy, rõ ràng các hồ chứa trên phần thượng lưu sông có tác động rất lớn đến dòng chảy mùa kiệt ở hạ du, đặc biệt là sự suy giảm mực nước là nguyên nhân chính gây hạn cho vùng hạ du.

Xác định mực nước sông Hồng theo các phương án vận hành hồ chứa đảm bảo hài hòa mục tiêu sử dụng nguồn nước

Với mục tiêu hài hòa cho phát triển bền vững nên trong mùa kiệt, hệ thống hồ chứa được vận hành phân bổ nguồn nước dựa trên các nguyên tắc sau:

- Đảm bảo cấp nước vụ Đông xuân trong thời kỳ đồ ải (tính trung bình thời kỳ cấp nước gia tăng từ giữa tháng 1 đến cuối tháng 2). Mực nước tại Hà Nội phải đạt tối thiểu 2,3 m để bảo đảm cho các công trình đầu mối lấy nước phục vụ sản xuất nông nghiệp [5].

- Đảm bảo phát điện theo công suất đảm bảo và theo biểu đồ điều phối của mỗi hồ chứa, tương đương với lưu lượng phát qua tuabin của các hồ như sau: hồ Sơn La 600 m³/s, hồ Hòa Bình 800 m³/s, hồ Thác Bà 140 m³/s và hồ Tuyên Quang 131 m³/s [6, 7].

Kết quả của mô hình cho thấy khi các hồ vận hành với lưu lượng đảm bảo và được duy trì thì mực nước trên hệ thống sông Hồng (trung bình giai đoạn 2000-2012) phía hạ du có xu hướng tăng rõ rệt, cụ thể:

Phương án 1 (3 hồ chứa hoạt động):

Mực nước trung bình tại trạm thủy văn Sơn Tây cao hơn mực nước hiện tại trong tháng 1 là 0,75 m (dao động từ 0,58-1,03 m); trong tháng 2 là 0,81 m (dao động từ

0,38-1,42 m); trong tháng 3 là 0,53 m và trong tháng 4 là 0,48 m.

Mức nước trung bình tại trạm thủy văn Hà Nội cao hơn mức nước hiện tại trong tháng 1 là 0,54 m (dao động từ 0,39-0,72 m); trong tháng 2 là 0,61 m (dao động từ 0,35-1,02 m); trong tháng 3 là 0,35 m và trong tháng 4 là 0,31 m.

Mức nước trung bình tại trạm thủy văn Thượng Cát cao hơn mức nước hiện tại trong tháng 1 là 0,53 m; trong tháng 2 là 0,59 m; trong tháng 3 là 0,34 m và trong tháng 4 là 0,31 m. Chênh lệch mức nước trung bình 10 ngày tại các trạm quan trắc thủy văn theo phương án vận hành 3 hồ được trình bày trong bảng 2.

Phương án 2 (4 hồ chứa hoạt động):

Mức nước trung bình tại trạm thủy văn Sơn Tây cao hơn mức nước hiện tại trong tháng 1 là 1,00 m; trong tháng 2 là 1,12 m; trong tháng 3 là 0,98 m và trong tháng 4 là 1,02 m.

Mức nước trung bình tại trạm thủy văn Hà Nội cao hơn mức nước hiện tại trong tháng 1 là 0,74 m; trong tháng 2 là 0,87 m; trong tháng 3 là 0,72 m và trong tháng 4 là 0,75 m.

Mức nước trung bình tại trạm thủy văn Thượng Cát cao hơn mức nước hiện tại trong tháng 1 là 0,72 m; trong tháng 2 là 0,84 m; trong tháng 3 là 0,69 m và trong tháng 4 là 0,73 m. Chênh lệch mức nước trung bình 10 ngày tại các trạm quan trắc thủy văn theo phương án vận hành 4 hồ được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2: chênh lệch mức nước theo các phương án vận hành hồ chứa

Thời đoạn	Mức nước tại các trạm (m)									Chênh lệch mức nước (m)								
	Thực đo (2000-2012)			Phương án 3 hồ			Phương án 4 hồ			Phương án 3 hồ			Phương án 4 hồ					
	ST	HN	TC	ST	HN	TC	ST	HN	TC	ST	HN	TC	ST	HN	TC	ST	HN	TC
Đầu tháng 1	4,79	2,23	2,39	5,38	2,62	2,77	5,67	2,85	3,00	0,58	0,39	0,39	0,88	0,62	0,61			
Giữa tháng 1	4,83	2,22	2,39	5,86	2,94	3,10	6,05	3,10	3,25	1,03	0,72	0,70	1,22	0,88	0,85			
Cuối tháng 1	5,00	2,29	2,46	5,65	2,80	2,95	5,90	3,01	3,15	0,66	0,51	0,49	0,91	0,72	0,69			
Đầu tháng 2	5,01	2,30	2,45	5,40	2,65	2,77	5,77	2,95	3,06	0,38	0,35	0,32	0,76	0,64	0,61			
Giữa tháng 2	4,56	2,04	2,20	5,98	3,05	3,19	6,14	3,20	3,33	1,42	1,02	1,00	1,58	1,16	1,13			
Cuối tháng 2	4,55	2,02	2,18	5,13	2,47	2,62	5,56	2,81	2,94	0,58	0,45	0,43	1,01	0,79	0,76			
Đầu tháng 3	4,51	1,99	2,16	5,07	2,35	2,52	5,52	2,72	2,87	0,56	0,36	0,36	1,01	0,73	0,70			
Giữa tháng 3	4,49	1,97	2,13	5,06	2,34	2,50	5,50	2,71	2,84	0,57	0,38	0,37	1,01	0,74	0,71			
Cuối tháng 3	4,69	2,14	2,28	5,15	2,44	2,58	5,61	2,83	2,94	0,46	0,31	0,30	0,92	0,69	0,67			
Đầu tháng 4	4,58	2,04	2,20	5,21	2,45	2,61	5,75	2,89	3,04	0,63	0,41	0,41	1,17	0,85	0,83			
Giữa tháng 4	4,73	2,16	2,30	5,26	2,50	2,65	5,79	2,95	3,08	0,53	0,35	0,35	1,07	0,80	0,78			
Cuối tháng 4	5,00	2,36	2,48	5,29	2,54	2,66	5,81	2,97	3,07	0,30	0,19	0,19	0,81	0,61	0,59			

Có thể thấy rằng với dung tích của 4 hồ chứa để điều tiết trong mùa kiệt, mức nước ở hạ du sông Hồng tăng đáng kể hơn so với 3 hồ chứa. Với nguồn nước từ năm 2000-2012 theo chế độ vận hành của từng hồ, mức nước sông Hồng ở hạ du sẽ đáp ứng được với các thiết kế công trình lấy nước. Tại Hà Nội, mức nước liên tục đảm bảo từ 2,3 m (với vận hành 3 hồ) và 2,7 m (với vận hành 4 hồ), rất thuận lợi cho việc lấy nước vào các hệ

thống công trình thủy nông ở hạ du.

Kết luận

Tác động của hệ thống hồ chứa trên thượng lưu (Sơn La, Hòa Bình, Thác Bà, Tuyên Quang) đến diễn biến dòng chảy, cụ thể là dòng chảy mùa kiệt trong các năm từ 2000-2012 rất rõ ràng: tổng lưu lượng dòng chảy mùa kiệt hạ du sông Hồng gia tăng nhưng mức nước trung bình tháng tại Sơn Tây, Thượng Cát, Hà Nội đều suy giảm.

Nguyên nhân gây hạn hán, thiếu nước ở hạ du sông Hồng trên diện rộng vào các năm 2004-2005, 2005-2006, 2006-2007, 2007-2008 và 2009-2010 là do việc vận hành xả nước của các hồ chứa về hạ lưu nhỏ, không liên tục, không đạt lưu lượng xả ứng với công suất đảm bảo phục vụ khai thác sử dụng nước trên sông Hồng, gây ra những thay đổi bất lợi đáng kể về chế độ thủy văn và thủy lực vùng hạ du; tổng lượng nước có xu thế tăng nhưng mức nước trên dòng chính có xu hướng giảm rõ nét.

Trên cơ sở tính toán sử dụng mô hình MIKE đánh giá khả năng sử dụng nguồn nước theo các mục tiêu đảm bảo hài hòa giữa các hộ dùng nước cho thấy, với việc vận hành 4 hồ chứa mức nước hạ lưu sông Hồng tăng đáng kể so với chế độ vận hành như hiện tại; mức nước trung bình trong các tháng mùa kiệt có xu thế tăng từ 0,3 đến 1,5 m; đặc biệt trong tháng 2 có xu thế tăng đáng kể, trung bình tăng 0,8-1,1 m (đây cũng là thời kỳ rất cần nước để đổ ải). Điều này chứng tỏ với hệ thống hồ chứa và điều kiện nguồn nước như hiện nay có thể đủ đáp ứng các nhu cầu hiện tại ở hạ du sông Hồng trong mùa kiệt khi có một quy trình vận hành liên hồ chứa hoàn chỉnh cho hệ thống hồ chứa trên lưu vực sông Hồng.

Tài liệu tham khảo

- [1] Vũ Thị Thu Lan (2013), "Đánh giá hạn thủy văn vùng hạ du sông Hồng", *Tuyển tập Báo cáo khoa học công nghệ toàn quốc năm 2013*.
- [2] Vũ Thị Thu Lan (2013), "Hiện trạng hạn hán vùng Đồng bằng sông Hồng", *Tạp chí Các khoa học trái đất*, Số 4.
- [3] DHI (2009), *MIKE - User Guide*.
- [4] Nguyễn Lập Dân (2010), *Báo cáo tổng kết đề tài KC08.23/06-10: Nghiên cứu cơ sở khoa học quản lý hạn hán và sa mạc hóa để xây dựng hệ thống quản lý, đề xuất các giải pháp chiến lược và giảm thiểu tác hại: Nghiên cứu điển hình cho Đồng bằng sông Hồng và Nam Trung Bộ*, Lưu trữ tại Cục Thông tin KH&CN quốc gia.
- [5] Viện Quy hoạch Thủy lợi (2011), *Báo cáo tổng kết đề tài: Quy hoạch thủy lợi vùng Đồng bằng sông Hồng trong điều kiện biến đổi khí hậu*, Lưu trữ tại Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.
- [6] Hoàng Văn Lai (2010), *Báo cáo tổng kết đề tài KC08.17/06-10: Hoàn thiện công nghệ dự báo lũ cho hệ thống sông Hồng - Thái Bình*, Lưu trữ tại Cục Thông tin KH&CN quốc gia.
- [7] Hoàng Minh Tuyên (2014), *Báo cáo tổng kết đề tài: Nghiên cứu điển hình, xác định các nguyên nhân thay đổi tỷ lệ phân phối dòng chảy sông Hồng sang sông Đuống và đề xuất định hướng giải pháp nhằm đảm bảo tỷ lệ phân phối dòng chảy hợp lý*, Lưu trữ tại Bộ Tài nguyên và Môi trường.

QUY ĐỊNH VỀ BÀI VIẾT ĐĂNG TẢI TRÊN TẠP CHÍ

Yêu cầu chung

Bài viết gửi đăng trên Tạp chí phải là bài viết nguyên thủy (chưa được công bố trước đó). Tác giả không được gửi đăng bài viết trên các tạp chí khác cho đến khi có quyết định xét duyệt của Ban Biên tập.

Bài báo dài không quá 10 trang (bao gồm cả bảng biểu, ghi chú, tài liệu tham khảo và phụ lục); font chữ: Times New Roman; cỡ chữ 13; khổ giấy A4, lề trên 2 cm, lề dưới 2 cm, lề trái 3 cm, lề phải 2 cm.

Bài viết gửi về Tòa soạn dưới dạng file mềm và bản in; có thể gửi trực tiếp đến Tạp chí (Phòng 507, số 113 Trần Duy Hưng, Cầu Giấy, Hà Nội) hoặc qua hòm thư điện tử, địa chỉ: khcnvn@most.gov.vn.

Tên bài báo

- Tên bài báo được viết bằng tiếng Việt và tiếng Anh, trên trang đầu của bài báo, không gạch chân hay viết nghiêng.

- Tên bài báo phải ngắn gọn, rõ ràng và phù hợp với nội dung bài báo.

- Phía dưới tên bài báo là tên tác giả không viết chức danh và học hàm, học vị. Nếu có nhiều tác giả làm việc ở các cơ quan khác nhau thì tên tác giả được đánh số (^{1,2...}) ở phía trên. Dấu hoa thị (*) chỉ tác giả liên hệ, được viết ở cuối trang đầu tiên của bài báo.

Tóm tắt

Tóm tắt bằng tiếng Việt và tiếng Anh. Nêu được mục đích, phương pháp nghiên cứu chính, kết quả nghiên cứu và kết luận chủ yếu. Từ khoá bằng cả tiếng Việt và tiếng Anh theo thứ tự alphabet. Chỉ số phân loại (theo hướng dẫn).

Dẫn nhập/đặt vấn đề

Định nghĩa vấn đề, tóm lược vấn đề nghiên cứu đã được công bố trong và ngoài nước, nêu mục tiêu nghiên cứu và giải thích sự lựa chọn đề tài và mục tiêu nghiên cứu để thấy được tính thời sự, tính khoa học và sự cần thiết của vấn đề nghiên cứu.

Đối tượng và phương pháp

Đối tượng nghiên cứu cần trình bày tiêu chuẩn lựa chọn, đặc điểm đối tượng nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu cần nêu rõ cách tiếp cận nghiên cứu, loại hình nghiên cứu, phương pháp đo lường, công thức tính cỡ mẫu, phương pháp xử lý số liệu, mô tả kỹ các kỹ thuật tiến hành trong nghiên cứu; các quan điểm, lập luận, ý kiến tranh luận, các dẫn chứng...

Kết quả

Trình bày đầy đủ, khách quan các kết quả thu được sau nghiên cứu, các kết quả này phải phục vụ cho mục tiêu nghiên cứu. Các số liệu phải chính xác và khớp với nhau.

Phần kết quả nghiên cứu chỉ trình bày các kết quả nghiên cứu của đề tài, không giải thích, so sánh và bàn luận.

Bàn luận

Chủ yếu bàn luận các vấn đề liên quan đến mục tiêu đề tài.

Nhận xét, đánh giá một cách khách quan các kết quả nghiên cứu, có so sánh với các tác giả khác để khẳng định hoặc phủ định những hiểu biết đã có, qua đó nêu được những điểm mới và đóng góp của đề tài.

Dự báo hướng nghiên cứu tiếp và khả năng ứng dụng các kết quả nghiên cứu vào thực tiễn.

Kết luận

Nêu kết quả nghiên cứu chủ yếu của đề tài có tính khái quát liên quan đến mục tiêu nghiên cứu, đề xuất các vấn đề tiếp tục nghiên cứu.

Chú thích và tài liệu tham khảo

Chú thích được đánh số theo thứ tự xuất hiện (^{1,2,3...}) và được trình bày ngay ở cuối trang viết (footnote). Các tài liệu tham khảo được đánh số theo thứ tự xuất hiện để chỉ dẫn chúng được trích dẫn ở đâu trong bài báo. Số thứ tự được đánh trong ngoặc vuông, ví dụ: [3] với 1 hoặc [2, 5, 7-9] với nhiều số chỉ dẫn.

Tác giả (Năm xuất bản), "Tên tài liệu được trích dẫn", *Tên nguồn*, **tập (số)**, pp<trang đầu-trang cuối>

Tác giả: là tác giả/các tác giả của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

Năm xuất bản: năm xuất bản của tài liệu được tham khảo, trích dẫn.

Tên tài liệu được trích dẫn: là tên bài báo, chương/phần sách...

Tên nguồn có thể là tên tạp chí, tên sách, hay tên tài liệu gốc của tài liệu được trích dẫn (phần này được in nghiêng).

Tập (số): dành cho nguồn trích là tạp chí, sách hoặc các xuất bản phẩm khác (phần này in đậm).

Trang đầu-trang cuối là số thứ tự các trang phản ánh nơi cư trú của tài liệu được trích dẫn trong tài liệu nguồn.

Chú ý: nếu có ≥ 2 tài liệu tham khảo do cùng 1 tác giả/nhóm tác giả, cùng năm công bố, thì các tài liệu tham khảo này cần được đánh dấu a, b... sau năm xuất bản (ví dụ: 1986a).

Nếu có một số tài liệu tham khảo trong cùng 1 bài báo được trích dẫn có số trang khác nhau thì cần trích dẫn thêm số trang, ví dụ: Kitchen (1982, p 39).

Các yêu cầu khác

- Bài viết không đạt yêu cầu, Tòa soạn không trả lại bản thảo.

- Bài viết chỉ được đăng khi phản biện nhận xét về chất lượng bài báo đồng ý cho đăng.

- Bản quyền: tác giả đồng ý trao bản quyền bài viết (bao gồm cả phần tóm tắt) cho Ban Biên tập Tạp chí.

PHÂN LOẠI LĨNH VỰC KHOA HỌC

1. Khoa học tự nhiên

- 1.1. Toán học và thống kê
- 1.2. Khoa học máy tính và thông tin
- 1.3. Vật lý
- 1.4. Hóa học
- 1.5. Khoa học trái đất và môi trường
- 1.6. Khoa học sự sống
- 1.7. Khoa học nano
- 1.8. Khoa học tính toán
- 1.9. Các lĩnh vực khác của khoa học tự nhiên

2. Khoa học kỹ thuật và công nghệ

- 2.1. Kỹ thuật dân dụng: kỹ thuật kiến trúc; kỹ thuật xây dựng; kỹ thuật kết cấu và đô thị; kỹ thuật giao thông vận tải; kỹ thuật thủy lợi; kỹ thuật địa chất công trình
- 2.2. Kỹ thuật điện, kỹ thuật điện tử, kỹ thuật thông tin
- 2.3. Kỹ thuật cơ khí, chế tạo máy
- 2.4. Kỹ thuật hóa học
- 2.5. Kỹ thuật vật liệu và luyện kim
- 2.6. Kỹ thuật y học
- 2.7. Kỹ thuật môi trường
- 2.8. Công nghệ sinh học công nghiệp
- 2.9. Công nghệ nano
- 2.10. Kỹ thuật thực phẩm và đồ uống
- 2.11. Các lĩnh vực khác của khoa học kỹ thuật và công nghệ

3. Khoa học y - dược

- 3.1. Y học cơ sở
- 3.2. Y học lâm sàng
- 3.3. Y học dự phòng
- 3.4. Dược học
- 3.5. Các lĩnh vực khác của Y - dược học

4. Khoa học nông nghiệp

- 4.1. Trồng trọt
- 4.2. Chăn nuôi
- 4.3. Thú y
- 4.4. Lâm nghiệp
- 4.5. Thủy sản
- 4.6. Công nghệ sinh học trong nông nghiệp, thủy sản
- 4.7. Các lĩnh vực khác của khoa học nông nghiệp

5. Khoa học xã hội và nhân văn

- 5.1. Tâm lý học
- 5.2. Kinh tế và kinh doanh
- 5.3. Khoa học giáo dục
- 5.4. Xã hội học
- 5.5. Pháp luật
- 5.6. Khoa học chính trị
- 5.7. Địa lý kinh tế và xã hội
- 5.8. Thông tin đại chúng và truyền thông
- 5.9. Lịch sử và khảo cổ học
- 5.10. Ngôn ngữ học và văn học
- 5.11. Triết học, đạo đức và tôn giáo
- 5.12. Nghiên cứu về khu vực và quốc tế
- 5.13. Các lĩnh vực khác của khoa học xã hội và nhân văn

TẠP CHÍ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

Vietnam Journal of Science and Technology - MOST

Volume 57 - Number 10 - October 2015

- 1 An ASIC based architecture for Vietnamese speech recognition on the basic of 130 nm TSMC technology.**
Hoang Trang, Tran Van Hoang...
- 8 A new structure of the variable gain amplifier using CMOS technology.**
Tran Dinh Lam, Nguyen Manh Cuong...
- 14 Supersolidity: a new state of matter.**
Dang Dinh Long, Pham Thanh Dai
- 23 Simulation of absorption spectra of quantum dots.**
Nguyen The Lam
- 27 Mechanism of formation and stages of development of the East Sea.**
Chu Van Ngoi, Nguyen Trong Tin...
- 33 The results of constructing a local mean dynamic topography best fit to mean sea surface on the territorial waters of Vietnam.**
Ha Minh Hoa
- 40 Characteristics of topography, geologic structure and bankline evolution for the western coast of Ca Mau province.**
Tran Thi Thu Hien, Dang Hoa Vinh
- 46 Fracture, landslide and earthquake hazards of the Khe Bo - Ban Ve hydropower area.**
Cao Dinh Trieu, Phan Thanh Quang...
- 54 New findings on biodiversity and living resources in water regions surrounding Bach Long Vi, Con Co and Tho Chu islands.**
Tran Dinh Lan, Nguyen Dang Ngai...
- 59 Determination of the water level changes in the low lands of Red River Basin under the impact of the highlands hydropower work system.**
Vu Thi Thu Lan, Luong Huu Dung...