



ISSN 1859-4794

TẠP CHÍ

KHOA HỌC & CÔNG NGHỆ Việt Nam

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

B

Tập 59 - Số 3 - Tháng 3 năm 2017

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
Từ 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 Nghiệm - 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 Buu - 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
Số 592/GP-BTTTT ngày 28/12/2016
Giá: 18000^d

PUBLICATION LICENCE

No.1153/GP-BTTTT 26th July 2011
No.2528/GP-BTTTT 26th December 2012
No.592/GP-BTTTT 28th December 2016

Giả thuyết Hayman trong trường số phức và p -adic

Vũ Hoài An*

Trường Cao đẳng Hải Dương

Ngày nhận bài 30/9/2016, ngày chuyển phản biện 6/10/2016, ngày nhận phản biện 7/11/2016, ngày chấp nhận đăng 8/12/2016

Mục đích của bài viết này là thiết lập một số kết quả về Giả thuyết Hayman trên trường phức và p -adic. Ở đây, tác giả xem xét vấn đề chia sẻ giá trị, một số phiên bản của Giả thuyết Hayman đối với các đa thức vi phân dạng $f^n ((f)^{n_1})^{(t_1)} \dots ((f)^{n_k})^{(t_k)}$ trên trường phức và p -adic, các toán tử sai phân và đa thức sai phân dạng $P(f) (\Delta_c^l f)^{k_l} \dots (\Delta_c^q f)^{k_q}$ và $P(f) (f(z+e))^{q_1} \dots (f(z+ke))^{q_k}$ trên trường p -adic.

Từ khóa: Giả thuyết Hayman, hàm phân hình, p -adic, trường số phức.

Chỉ số phân loại: 1.1

Hayman conjecture in the complex and p -adic fields

Summary

The purpose of this paper is to establish some results on the Hayman Conjecture in the complex and p -adic fields. The author discusses the value-sharing problem, some versions of the Hayman conjecture for differential polynomials of the form $f^n ((f)^{n_1})^{(t_1)} \dots ((f)^{n_k})^{(t_k)}$ in the complex and p -adic fields, and difference operators and difference polynomials of the forms $P(f) (\Delta_c^l f)^{k_l} \dots (\Delta_c^q f)^{k_q}$ and $P(f) (f(z+e))^{q_1} \dots (f(z+ke))^{q_k}$ in a p -adic field.

Keywords: complex field, Hayman conjecture, meromorphic functions, p -adic.

Classification number: 1.1

1. Mở đầu

Lý thuyết phân bố giá trị do Nevanlinna [1] xây dựng được xem là thành tựu đẹp đẽ nhất của toán học thế kỷ XX, mà ngày nay được gọi là lý thuyết Nevanlinna. Nội dung chính của lý thuyết phân bố giá trị là hai Định lý cơ bản. Định lý cơ bản thứ nhất là mở rộng Định lý cơ bản của đại số, mô tả sự phân bố đều giá trị của hàm phân hình khác hằng trên mặt phẳng phức $\mathbb{C}$. Định lý cơ bản thứ hai là mở

rộng Định lý Picard [1], mô tả ảnh hưởng của đạo hàm đến sự phân bố giá trị của hàm phân hình. Một trong những ứng dụng sâu sắc của lý thuyết phân bố giá trị là vấn đề xác định duy nhất cho các hàm phân hình khác hằng phức qua điều kiện ảnh ngược của tập hợp điểm mà ngày nay được gọi là Định lý 4 điểm, Định lý 5 điểm của Nevanlinna [1]. Hà Huy Khoái [2-6] là người đầu tiên xây dựng tương tự lý thuyết phân bố giá trị cho trường p -adic. Ông và các học trò đã thiết lập các kết quả tương tự lý thuyết Nevanlinna cho trường số phức p -adic mà ngày nay thường gọi là lý thuyết Nevanlinna p -adic. Họ đã đưa ra hai Định lý chính cho hàm phân hình và ánh xạ chỉnh hình p -adic. Một trong những ứng dụng sâu sắc của lý thuyết phân bố giá trị trong trường p -adic là vấn đề xác định duy nhất cho các hàm phân hình khác hằng p -adic qua điều kiện ảnh ngược của tập hợp điểm mà ngày nay được gọi là tương tự của Định lý 4 điểm, Định lý 5 điểm cho trường p -adic. Vấn đề xác định duy nhất liên quan chặt chẽ đến vấn đề nhận giá trị. Các kết quả liên quan đến hai vấn đề này là sâu sắc và phong phú. Mục đích của bài báo này là xét vấn đề nhận giá trị đối với đa thức vi phân của hàm phân hình phức và p -adic - vấn đề liên quan mật thiết đến Giả thuyết Hayman mà chúng tôi sẽ đề cập đến ngay sau đây.

*Tác giả liên hệ: Email: vuhoaianmai@yahoo.com

2. Giả thuyết Hayman trong trường số phức

Hiện nay, phân bố giá trị và vấn đề xác định duy nhất đã được nhiều nhà toán học trong và ngoài nước xét trong mối liên hệ với đa thức vi phân của hàm phân hình và ảnh ngược của các điểm riêng rẽ. Người khởi xướng hướng nghiên cứu này là Hayman [1]. Năm 1967, Hayman [1] cũng đưa ra giả thuyết sau đây:

Giả thuyết Hayman [1, 7]. Nếu một hàm nguyên f thỏa mãn $f^n(z) f'(z) \neq 1$ với n là một số nguyên dương nào đó và với mọi $z \in \mathbb{C}$ thì f là hằng.

Giả thuyết Hayman đã được Hayman [1] kiểm tra đối với hàm nguyên siêu việt và $n > 1$, đã được Clunie [7] kiểm tra đối với $n \geq 1$. Liên quan đến Giả thuyết Hayman là vấn đề nhận giá trị của đa thức vi phân. Hiện nay, vấn đề nhận giá trị của đa thức vi phân là lĩnh vực nghiên cứu mạnh mẽ và sôi động với nhiều kết quả sâu sắc.

Năm 2006, Nevo - Pang - Zalcman [8] đã nhận được kết quả sau:

Định lý 1 [8]. Nếu f là hàm phân hình siêu việt trên $\mathbb{C}$ và $n \geq 1$ thì $f^n(z) f'(z)$ nhận giá trị phức khác 0 bất kỳ vô hạn lần.

Chú ý rằng, ta có thể viết $f^n f' = \frac{1}{n+1} (f^{n+1})'$. Khi đó, Giả thuyết Hayman làm nảy sinh vấn đề nhận giá trị của đạo hàm bậc cao của hàm phân hình. Năm 2007, Bhosnurmath - Dyavanal [9] đã đưa ra định lý sau đây:

Định lý 2 [9]. f là hàm phân hình siêu việt trên $\mathbb{C}$ và n, k là các số nguyên dương với $n \geq k+3$. Khi đó $(f^n)^{(k)}$ nhận giá trị phức khác 0 bất kỳ vô hạn lần.

Quan sát Định lý 1, 2, ta thấy hai định lý này không suy ra được hàm là hằng - đòi hỏi trực tiếp của Giả thuyết Hayman. Từ nhận xét này, chúng tôi thấy cần thiết phải thiết lập kiểu định lý để từ đó trực tiếp kiểm tra được Giả thuyết Hayman. Năm 2012, Hà Huy Khoái - Vũ Hoài An [5] đã đưa ra kết quả sau:

Định lý 3 [5]. Cho f là hàm phân hình trên $\mathbb{C}$ và n, k là các số nguyên dương, $n \geq k+3$, $a \in \mathbb{C}$, $a \neq 0$. Nếu $(f^n)^{(k)}(z) \neq a$, với mọi $z \in \mathbb{C}$ thì f là hằng.

Để chứng minh Định lý 3, ta cần các bổ đề sau:

Bổ đề 4 [5]. Cho f là hàm phân hình khác hằng trên $\mathbb{C}$ và n, k là các số nguyên dương, $n > k$ và a là cực điểm của f . Khi đó

$$(f^n)^{(k)} = \frac{\varphi_k}{(z-a)^{np+k}}, \text{ ở đó } \varphi_k \text{ là hàm chỉnh hình trong lân cận của } a, p = \mu_f^\infty(a), \varphi_k(a) \neq 0$$

Bổ đề 5 [5]. Cho f là hàm phân hình khác hằng trên $\mathbb{C}$ và n, k là các số nguyên dương, $n > k$, a và b là cực điểm và không điểm của f . Khi đó

$$\begin{aligned} \text{i)} \quad \frac{(f^n)^{(k)}}{f^{n-k}} &= \frac{h_k}{(z-a)^{pk+k}}, \text{ ở đó } p = \mu_f^\infty(a), h_k(a) \neq 0 \\ \text{ii)} \quad \frac{(f^n)^{(k)}}{f^{n-k}} &= (z-b)^{(m-1)k} S_k, \text{ ở đó } m = \mu_f^0(b), S_k(b) \neq 0 \end{aligned}$$

Bổ đề 6 [5]. Cho f là hàm phân hình khác hằng trên $\mathbb{C}$ và n, k là các số nguyên dương, $n \geq k+1$. Khi đó

$$T(r, f) \leq T(r, (f^n)^{(k)}) + S(r, f), \text{ nói riêng } (f^n)^{(k)} \text{ là khác hằng.}$$

Bổ đề 7 [5]. Cho f là hàm phân hình khác hằng trên $\mathbb{C}$ và n, k là các số nguyên dương, $n \geq k+3$, $a \in \mathbb{C}$, $a \neq 0$. Khi đó

$$\frac{n-k-2}{n+k} T(r, f) \leq N_1(r, \frac{1}{(f^n)^{(k)}-a}) + S(r, f)$$

Chứng minh của Định lý 9

Giả sử f là hàm phân hình khác hằng trên $\mathbb{C}$. Từ đây, $n \geq k+3$ và theo Bổ đề 7 ta có

$$\frac{n-k-2}{n+k} \leq \frac{N_1(r, \frac{1}{(f^n)^{(k)}-a})}{T(r, f)} + \frac{S(r, f)}{T(r, f)}$$

Cho r tiến ra vô hạn ta nhận được $\frac{N_1(r, \frac{1}{(f^n)^{(k)}-a})}{T(r, f)} > 0$ với r đủ lớn nào đó. Khi đó $(f^n)^{(k)}$ nhận giá trị a . Mâu thuẫn. Vậy f là hằng trên $\mathbb{C}$.

Năm 2016, Hà Huy Khoái - Vũ Hoài An [5] đã tổng quát hóa Định lý 3 cho đa thức vi phân kiểu $P = f^n((f)^{n_1})^{t_1} \dots ((f)^{n_k})^{t_k}$. Họ đã nhận được kết quả sau:

Định lý 8 [5]. Cho f là hàm phân hình trên $\mathbb{C}$, $k, n_1, n_2, \dots, n_k, t_1, t_2, \dots, t_k$ là các số nguyên dương, n là số nguyên không âm thỏa mãn điều kiện

$$n_j \geq t_j \text{ với mọi } 1 \leq j \leq k, n + \sum_{j=1}^k n_j \geq 3 + \sum_{j=1}^k t_j,$$

$a \in \mathbb{C}, a \neq 0$. Nếu $P \neq a$, với mọi $z \in \mathbb{C}$ thì f là hằng.

Để chứng minh Định lý 8 ta cần các bổ đề sau:

Bổ đề 9 [5]. Cho f là hàm phân hình khác hằng trên $\mathbb{C}$ và $k, n_1, n_2, \dots, n_k, t_1, t_2, \dots, t_k$ là các số nguyên dương, n là số nguyên không âm thỏa mãn điều kiện $n_j \geq t_j$ với mọi $1 \leq j \leq k, n + \sum_{j=1}^k n_j \geq 3 + \sum_{j=1}^k t_j, a \in \mathbb{C}, a \neq 0$. Khi đó

$$\frac{n + \sum_{j=1}^k n_j - \sum_{j=1}^k t_j - 2}{n + \sum_{j=1}^k n_j - 1} T(r, f) \leq \frac{1}{n + \sum_{j=1}^k n_j - 1} N_1(r, \frac{1}{(f^n)^{(k)} - a}) + S(r, f).$$

Chứng minh Định lý 8

Giả sử f là hàm phân hình khác hằng trên $\mathbb{C}$. Từ đây, $n + \sum_{j=1}^k n_j \geq 3 + \sum_{j=1}^k t_j$ và Bổ đề 8 ta có

$$\frac{n + \sum_{j=1}^k n_j - \sum_{j=1}^k t_j - 2}{n + \sum_{j=1}^k n_j - 1} \leq \frac{1}{n + \sum_{j=1}^k n_j - 1} \frac{N_1(r, \frac{1}{(f^n)^{(k)} - a})}{T(r, f)} + \frac{S(r, f)}{T(r, f)}$$

Cho r tiến ra vô hạn ta nhận được $\frac{N_1(r, \frac{1}{(f^n)^{(k)} - a})}{T(r, f)} > 0$ với r đủ lớn nào đó. Khi đó P nhận giá trị a . Mâu thuẫn. Vậy f là hằng trên $\mathbb{C}$.

Trong những năm gần đây, vấn đề nhận giá trị được nhiều nhà toán học trong và ngoài nước xét trong mối liên hệ với đa thức sai phân, toán tử sai

phân của hàm phân hình và ảnh ngược của các điểm riêng rẽ. Năm 2006, Halburd và Korhonen [10] đã thiết lập tương tự của lý thuyết Nevanlinna cho toán tử sai phân của hàm phân hình có bậc hữu hạn. Năm 2007, I. Laine và C.C. Yang [11] đã thiết lập tương tự kết quả của Hayman cho một kiểu đa thức sai phân đặc biệt của hàm nguyên siêu việt có bậc hữu hạn. Hai ông đã chứng minh kết quả sau đây:

Định lý 10 [11]. Cho f là hàm nguyên siêu việt có bậc hữu hạn trên $\mathbb{C}$ và c là một số phức khác 0, n là một số nguyên, $n \geq 2$. Khi đó $f^n(z) f(z+c)$ nhận $a, a \in \mathbb{C}, a \neq 0$, vô hạn lần.

Năm 2009, K. Liu và L.Z. Yang [12] đã thiết lập các kết quả tương tự Định lý 10 cho toán tử sai phân của hàm nguyên siêu việt có bậc hữu hạn.

3. Giả thuyết Hayman trong trường số p -adic

Trong mục này ta luôn giả thiết $\mathbb{K}$ là một trường đặc số không, đầy đủ với chuẩn không Archimedean và đóng đại số. Các khái niệm, ký hiệu và kết quả dùng trong bài báo này ở các tài liệu [2-6]. Vì chuẩn p -adic tốt hơn chuẩn Euclidean nên nhiều kết quả trong lý thuyết Nevanlinna p -adic tốt hơn các kết quả trong lý thuyết Nevanlinna. Chẳng hạn, từ Định lý Picard p -adic [2] có thể suy ra rằng: Nếu một hàm nguyên f trên $\mathbb{K}$ thỏa mãn $f^n(z) f'(z) \neq 1$ với $n \geq 1$ là một số nguyên dương và với mọi $z \in \mathbb{K}$ thì f là hằng. Vì vậy, sau đây chúng tôi sẽ nêu ra tương tự của Giả thuyết Hayman cho trường p -adic đối với hàm phân hình trên $\mathbb{K}$.

Giả thuyết Hayman p -adic [5]. Nếu một hàm phân hình f trên $\mathbb{K}$ thỏa mãn $f^n(z) f'(z) \neq 1$ với n là một số nguyên dương nào đó và với mọi $z \in \mathbb{K}$ thì f là hằng.

Kết quả đầu tiên theo hướng nghiên cứu này thuộc về J. Ojeda [13]. Năm 2008, J. Ojeda [13] đã nhận được kết quả sau:

Định lý 11 [13]. Cho f là hàm phân hình trên $\mathbb{K}$, $n > 2$ là một số nguyên và $a \in \mathbb{K} - \{0\}$. Khi đó nếu $f^n(z) f'(z) \neq a$ với mọi $z \in \mathbb{K}$ thì f là hằng.

Năm 2014, A. Escassut và J. Ojeda [14] đã xem xét Định lý 11 trong trường hợp $n = 2$. Gần đây, Hà Huy Khoái và Vũ Hoài An [3-5], Hà Huy Khoái, Vũ Hoài An và Nguyễn Xuân Lai [6], Vũ Hoài An - Lê Thị Hoài Thu [15] đã thiết lập các kết quả tương tự các Định lý 3, 8, 10 cho đa thức vi phân, toán tử sai phân, đa thức sai phân của hàm phân hình trên $\mathbb{K}$. Các kết quả này đã góp phần khẳng định Giả thuyết Hayman p -adic. Năm 2011, Hà Huy Khoái và Vũ Hoài An [3] đã tổng quát hóa kết quả của J. Ojeda [13] cho đa thức vi phân kiểu $f^n((f)^{(k)})^m$. Họ đã nhận được kết quả sau:

Định lý 12 [3]. Cho f là hàm phân hình trên $\mathbb{K}$ thỏa mãn điều kiện $f^n((f)^{(k)})^m(z) \neq a$ với mọi $z \in \mathbb{K}$, $a \in \mathbb{K} - \{0\}$ và các số nguyên không âm m, n, k . Khi đó f là đa thức bậc $< k$ nếu một trong các điều kiện sau đây xảy ra:

- i) f là một hàm nguyên
- ii) $k > 0$ và $m = 1, n > \frac{1 + \sqrt{1 + 4k}}{2}$ hoặc $m > 1, n \geq 1$

Định lý 13 [6]. Cho f là hàm phân hình trên $\mathbb{K}$, n, k là các số nguyên dương, $n \geq k + 2, a \in \mathbb{K}, a \neq 0$. Nếu $(f^n)^{(k)}(z) \neq a$, với mọi $z \in \mathbb{K}$ thì f là hằng. Cho đa thức vi phân $P = f^n((f)^{n_1})^{(t_1)} \dots ((f)^{n_k})^{(t_k)}$ trên $\mathbb{K}$. Khi đó ta có:

Định lý 14 [5]. Cho f là hàm phân hình trên $\mathbb{K}$, $k, n_1, n_2, \dots, n_k, t_1, t_2, \dots, t_k$ là các số nguyên dương, n là số nguyên không âm thỏa mãn điều kiện

$$n_j \geq t_j \text{ với mọi } 1 \leq j \leq k, n + \sum_{j=1}^k n_j \geq 2 + \sum_{j=1}^k t_j$$

$a \in \mathbb{K}, a \neq 0$. Nếu $P \neq a$, với mọi $z \in \mathbb{K}$ thì f là hằng.

Cho f là hàm phân hình trên $\mathbb{K}$. Toán tử sai phân cấp $n + 1$ của f được xác định như sau:

$$\Delta_c f = f(z + c) - f(z), \Delta_c^1 f = \Delta_c f, \dots, \Delta_c^{n+1} f = \Delta_c^n (f(z + c) - f(z))$$

$n = 1, 2, \dots$, ở đó $c \in \mathbb{K}$ là một hằng số khác 0.

Cho P là đa thức bậc n trên $\mathbb{K}$. Viết $P = a_0(z - a_1)^{m_1} \dots (z - a_k)^{m_k}$.

Định lý sau đây khẳng định Giả thuyết Hayman p -adic đối với toán tử sai phân p -adic.

Định lý 15 [4]. Cho f hàm phân hình khác hằng trên $\mathbb{K}$ và $n, k_i, s, q, i = 1, 2, \dots, q$ là các số nguyên dương, $s \geq 1, q \geq 1, k_i \geq 1, n \geq \sum_{i=1}^q (2k_i + 1)2^i + q +$

$s + 1 - 3 \sum_{i=1}^q k_i$, và $a \in \mathbb{K}, a \neq 0$. Khi đó $P(f)(\Delta_c^1 f)^{k_1} \dots (\Delta_c^q f)^{k_q}$ nhận giá trị a .

Định lý sau đây khẳng định Giả thuyết Hayman p -adic đối với đa thức sai phân p -adic.

Định lý 16 [4]. Giả sử f là hàm phân hình khác hằng trên $\mathbb{K}$, $n, q_i, s, k, i = 1, \dots, k$ là các số nguyên dương, $s \geq 1, q_i \geq 1, k \geq 1, n \geq \sum_{i=1}^k q_i + 2k + s + 1, a \in \mathbb{K}, a \neq 0$. Khi đó $P(f)(f(z + c))^s \dots (f(z + kc))^s$ nhận giá trị a .

Trong trường p -adic nhiên biến, Vũ Hoài An - Lê Thị Hoài Thu [15] nhận được kết quả sau:

Định lý 17 [15]. Cho f là hàm phân hình trên $\mathbb{K}^m$ và n là số nguyên dương, $n > 1$. Giả sử rằng $f^n \frac{\partial f}{\partial z_k}$ không nhận giá trị 1, với mỗi $k = 1, \dots, m$. Khi đó f là hàm hằng.

Tài liệu tham khảo

- [1] W.K Hayman (1964), *Meromorphic Functions*, Clarendon, Oxford.
- [2] P.C. Hu and C.C. Yang (2000), *Meromorphic functions over non-Archimedean fields*, Kluwer.
- [3] Ha Huy Khoai and Vu Hoai An (2011), "Value distribution problem for p -adic meromorphic functions and their derivatives", *Ann. Fac. Sc. Toulouse, XX (Special)*, pp.135-149.
- [4] Ha Huy Khoai and Vu Hoai An (2012), "Value - sharing problem for p -adic meromorphic functions and their difference operators and difference polynomials", *Ukrainian Math. J.*, 64(2), pp.147-164.
- [5] Ha Huy Khoai and Vu Hoai An (2016), *Hayman's conjecture in complex p -adic fields*.
- [6] Ha Huy Khoai, Vu Hoai An and Nguyen Xuan Lai (2012), "Value sharing problem and Uniqueness for p -adic meromorphic functions", *Annales Univ. Sci. Budapest. Sect. Comp.* 38, pp.71-92.
- [7] J. Clunie (1967), "On a result of Hayman", *J. London Math. Soc.*, 42, pp.389-392.
- [8] S. Nevo, X. Pang, and L. Zalcman (2006), "Picard-Hayman behavior of derivatives of meromorphic functions with multiple zeros", *Electron. Res. Announc. Amer. Math. Soc.*, 12, pp.37-43.
- [9] Subhas S. Bhoosnurmath and Renukadevi S. Dyavanal (2007), "Uniqueness and value-sharing of meromorphic functions", *Computers and Mathematics with Applications*, 53, pp.1191-1205.
- [10] R.G. Halburd and R.J. Korhonen (2006), "Nevanlinna theory for the difference operator", *Ann.Acad.Sci.Fenn.Math.*, 31, pp.463-478.
- [11] I. Laine and C.C. Yang (2007), "Value distribution of difference polynomials", *Proceedings of the Japan Academy, Series A83*(8), pp.148-151.
- [12] K. Liu and L.Z. Yang (2009), "Value distribution of the difference operator", *Archiv der Mathematik*, 92(3), pp.270-278.
- [13] J. Ojeda (2008), "Hayman's conjecture in a p -adic field", *Taiwanese J. Math.* 9, pp.2295-2313.
- [14] A. Escassut and J. Ojeda (2014), "The p -adic Hayman Conjecture when $n=2$ ", *Complex Variable and Elliptic Equations*, 59(10), pp.1451-1456.
- [15] Vu Hoai An and Le Thi Hoai Thu (2012), "Hayman Conjecture for p -adic meromorphic functions in several variables, p -Adic Numbers", *Ultrametric Analysis and Applications*, 4(3), pp.231-243.

Nghiên cứu phương pháp thiết lập thang độ nhạy độ rọi dùng để thiết lập chuẩn đo lường quốc gia về cường độ sáng

Cao Xuân Quân*, Hoàng Ngọc Dũng, Lê Ngọc Hiếu,

Lê Thị Thu Thủy, Nguyễn Thị Huyền

Viện Đo lường Việt Nam (VMI)

Ngày nhận bài 26/12/2016, ngày chuyển phản biện 30/12/2016, ngày nhận phản biện 23/1/2017, ngày chấp nhận đăng 25/1/2017

Trong lĩnh vực đo lường, việc thiết lập các đơn vị cơ bản trong hệ SI tại các Viện Đo lường Quốc gia là đặc biệt quan trọng. Đối với lĩnh vực đo lường quang, đơn vị đo thang độ nhạy độ rọi (A/lx) rất quan trọng, đơn vị này được sử dụng để thiết lập đơn vị cường độ sáng candela, quang thông và độ rọi [1-3]. Trong đó, candela là 1 trong 7 đơn vị cơ bản quan trọng. Hiện nay, có hai phương pháp được sử dụng để thiết lập đơn vị thang độ nhạy độ rọi, đó là phương pháp sử dụng thang độ nhạy của quang kế chuẩn đã biết giá trị độ nhạy độ rọi và phương pháp sử dụng nguồn chuẩn đã biết giá trị cường độ sáng. Các phương pháp sử dụng để thiết lập thang độ nhạy độ rọi nhằm mục tiêu có độ không đảm bảo đo nhỏ.

Trong bài báo này, các tác giả nghiên cứu phát triển hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi để thiết lập đơn vị độ nhạy độ rọi trên cơ sở phương pháp sử dụng thang độ nhạy của quang kế chuẩn đã biết giá trị độ nhạy độ rọi. Hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi được nghiên cứu phát triển (VMI-PR-006) đã được sử dụng để thiết lập đơn vị thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622; Hãng LMT - Đức) có độ không đảm bảo đo ước lượng khoảng 0,62%. Kết quả đã xác định được thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006.

Từ khóa: cường độ sáng, độ nhạy độ rọi (A/lx), đơn vị SI, quang kế chuẩn.

Chỉ số phân loại: 1.3

Mở đầu

Thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn có vai trò đặc biệt quan trọng, dùng để thiết lập đơn vị cường độ sáng (cd), quang thông (lm), độ rọi (lx) [1, 3, 4]. Đặc biệt, theo Thông tư số 23/2013/TT-BKHCN ngày 26/9/2013 của Bộ Khoa học và Công nghệ quy định về đo lường đối với phương tiện đo nhóm 2, thì phương tiện đo độ rọi thuộc danh mục được sử dụng để bảo vệ sức khỏe cộng đồng, bảo vệ môi trường, phục vụ thanh tra, kiểm tra và trong các hoạt động công vụ khác được kiểm soát theo yêu cầu kỹ thuật đo lường quy định tại văn bản kỹ thuật đo lường Việt Nam (ĐLVN 257) đã ban hành. Trong nội dung ĐLVN 257, yêu cầu kỹ thuật đối với quang kế chuẩn dùng để kiểm định phương tiện đo độ rọi được dẫn xuất từ thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn với độ không đảm bảo đo mở rộng $U \leq 1,0\%$ ($k=2$) [4].

Hiện nay, hầu hết các Phòng đo lường quang học tại các Viện Đo lường Quốc gia (NMIs - National Institute of Metrology) trong khu vực và trên thế giới đã nghiên

cứu phát triển hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi trên cơ sở phương pháp so sánh với quang kế chuẩn đã biết thang độ nhạy độ rọi. Trong phương pháp này, thang độ nhạy độ rọi chuẩn của quang kế chuẩn cần hiệu chuẩn được xác định dựa trên thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn đã biết. Thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn cần hiệu chuẩn được tính theo công thức sau [5]:

$$s_v^T = \frac{y^T}{E_v} = \frac{y^T \cdot s_v^R}{y^R \cdot CCF^R} \quad (1)$$

Trong đó, s_v^T , s_v^R tương ứng là độ nhạy độ rọi của quang kế cần hiệu chuẩn và quang kế chuẩn (A/lx); y^T , y^R tương ứng là dòng quang đo được từ quang kế cần hiệu chuẩn và quang kế chuẩn (A); E_v là độ rọi chuẩn được xác định từ quang kế chuẩn; CCF^R là hệ số hiệu chỉnh màu và được tính theo công thức:

$$CCF = \frac{\int e_s(\lambda) S_{rel}(\lambda) d\lambda \int e_t(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int e_s(\lambda) V(\lambda) d\lambda \int e_t(\lambda) S_{rel}(\lambda) d\lambda} \quad (2)$$

*Tác giả liên hệ: Email: quancx@vmi.gov.vn

Study on the illuminance responsivity scale realization for the national measurement standard realization of luminous intensity

Summary

In the National Measurement Institutes, establishing the basic SI units is especially important. And the illuminance responsivity scale (A/lx) unit plays a vital role in the optical measurement. This unit is used to constitute luminous intensity (candela), luminous flux (lm), and illuminance (lx) units. Among them, the candela is one of the basic SI units. Currently, there are two methods used to develop the standardized illumination sensitivity system: using a standard light source and using a standard photometer with a given illuminance responsivity scale.

To increase the accuracy of the measurement system, in this study, the authors developed the standard illuminance responsivity scale to set up illuminance responsivity units on the basis of using a standard photometer with a given illuminance responsivity scale. The developed standard illuminance responsivity scale system (VMI-PR-006) was used to set up the illuminance responsivity scales of the standard photometer (P30SCT; S/N: 09B622; LMT-Germany company) with an uncertainty of measurement U estimated about 0.62%. As the results, the illuminance responsivity scales of the standard photometer on the VMI-PR-006 system were determined.

Keywords: illuminance responsivity scale (A/lx), luminous intensity, SI unit, standard photometer.

Classification number: 1.3

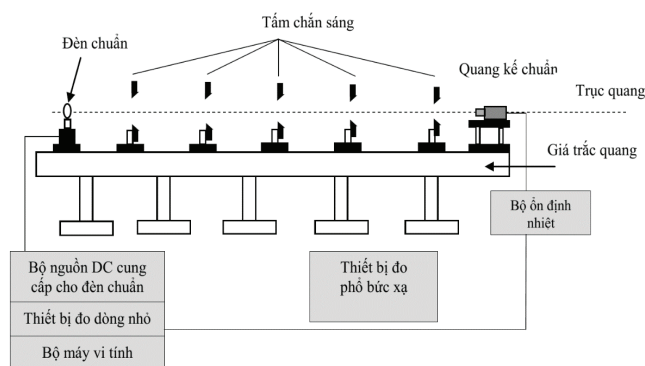
Trong đó, e_s là phân bố phổ nguồn sáng A (CIE illuminant A), e_l là phân bố phổ nguồn sáng dùng cho hiệu chuẩn độ nhạy độ rọi đo bằng thiết bị đo phổ bức xạ, S_{rel} là độ nhạy phổ tương đối của quang kế chuẩn, $V(\lambda)$ là hàm độ nhạy phổ mắt người.

Trong công trình này, chúng tôi nghiên cứu phát triển hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi trên cơ sở phương pháp so sánh với quang kế chuẩn đã biết trước giá trị thang độ nhạy độ rọi (s_v^R). Chúng tôi sử dụng hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi đã được nghiên cứu phát triển (VMI-PR-006) để tiến hành hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn (model: P30SCT; S/N: 09B622) và có tính đến chỉ số E_n - là chỉ số đánh giá tương quan khả năng thực hiện hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn giữa hai phòng thí nghiệm.

Thực nghiệm

Chúng tôi đã sử dụng hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi (VMI-PR-006) được nghiên cứu phát triển tại Viện Đo lường Việt Nam để tiến hành thực nghiệm hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn. Trong phần thực nghiệm này, quang kế chuẩn (model: P30SCT; S/N: 01B1042; $U = 0,4\%$) đã biết trước giá trị thang độ nhạy độ rọi (s_v^R) được sử dụng làm chuẩn quang kế chuẩn (model: P30SCT; S/N: 09B622) là quang kế cần hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi (s_v^T).

Ngoài ra, chúng tôi sử dụng thiết bị đo dòng nhỏ (Picoammeter 6485 Keithley) để xác định các dòng quang (y^T , y^R). Sơ đồ hệ thống chuẩn (VMI-PR-006) được biểu diễn trên hình 1.



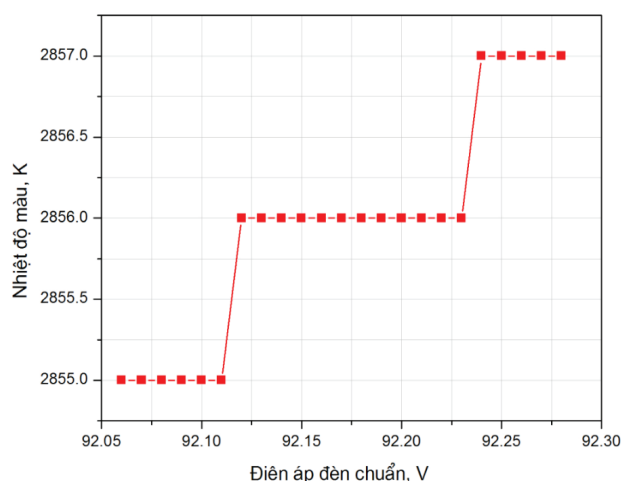
Hình 1: sơ đồ hệ thống chuẩn thang độ nhạy độ rọi (VMI-PR-006)

Trong quá trình thực nghiệm, đèn chuẩn Tungsten halogen ($P = 1 \text{ kW}$, FEL) được lắp đặt trên giá trắc quang và căn chỉnh thông qua thiết bị định tâm bằng laser. Điều kiện làm việc của đèn chuẩn với nhiệt độ màu từ 2700 K đến 3200 K được xác định thông qua thiết bị đo phổ bức xạ CS-2000A (Konica Minolta, Japan).

Kết quả và thảo luận

Khảo sát ảnh hưởng của điện áp đến nhiệt độ màu đặc trưng của đèn

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành tăng dòng nuôi cho đèn chuẩn đến khi đèn chuẩn phát xạ ra nhiệt độ màu đặc trưng ($CT = 2856 \text{ K}$), thời gian thực hiện tăng dòng nuôi khoảng 2 phút. Đồ thị sự phụ thuộc nhiệt độ màu của đèn chuẩn vào điện áp được biểu diễn trên hình 2.



Hình 2: đồ thị phụ thuộc của nhiệt độ màu vào điện áp của đèn chuẩn

Từ kết quả thu được trên hình 2, chúng ta có thể xác định được điều kiện làm việc của đèn chuẩn. Có thể thấy, điện áp cấp cho đèn chuẩn phát ra bức xạ có nhiệt độ màu đặc trưng 2856 K có giá trị trong khoảng từ 92,12 V đến 92,23 V được xem là vùng điện áp làm việc của đèn chuẩn.

Đánh giá mức độ tin cậy của hệ thống chuẩn VMI-PR-006

Để đánh giá mức độ tin cậy của hệ thống chuẩn dùng để hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn, chúng tôi tiến hành hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn cần hiệu chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006 (VMI). Kết

quả thu được được tổng hợp trong bảng 1 và 2.

Bảng 1: kết quả hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006

TT	Mức độ rọi chuẩn (lx)	Dòng quang (nA)	Giá trị độ nhạy được xác định trên hệ VMI-PR-006 Sv, (nA/lx)
1	73,05	986,9	13,51

Bảng 2: ước lượng độ không đảm bảo đo phép hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi của quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) [5, 6]

Ký hiệu các thành phần độ không đảm bảo đo của phép hiệu chuẩn	Mô tả	Độ không đảm bảo đo chuẩn thành phần tương đối $u_r(y)$ [%]	Hệ số nhạy c_i	$c_i u_r(y)$ %
$u_r(y^R)_{rep}$	Gây ra bởi các phép đo lặp quang kế chuẩn	0,03	1	0,03
$u_r(y^R)_{align}$	Gây ra bởi việc lắp đặt quang kế chuẩn	0,05	1	0,05
$u_r(y^R)_{instrument}$	Gây ra bởi dòng nuôi đèn chuẩn	0,01	8	0,10
$u_r(y^R)_{straylight}$	Gây ra bởi ánh sáng phản	0,08	1	0,08
$u_r(S_v^R)_{cal}$	Độ không đảm bảo đo quang kế chuẩn	0,20	1	0,20
$u_r(y^T)_{rep}$	Gây ra bởi các phép đo lặp quang kế chuẩn cần hiệu chuẩn	0,02	1	0,02
$u_r(y^T)_{straylight}$	Gây ra bởi ánh sáng phản	0,08	1	0,08
$u_r(y^T)_{instrument}$	Gây ra bởi dòng nuôi đèn chuẩn	0,01	10	0,10
$u_r(y^T)_{align}$	Gây ra bởi việc lắp đặt quang kế chuẩn cần hiệu chuẩn	0,05	1	0,05
u_{repro}	Độ tái lập hệ thống chuẩn	0,12	1	0,12
$u_{r,c}(S_v^T)$	Độ không đảm bảo đo tổng hợp			0,31
$U_r(S_v^T); k=2$	Độ không đảm bảo đo mở rộng			0,62

Độ không đảm bảo đo mở rộng thu được khi hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006 có giá trị là $U = 0,62\%$, với hệ số phủ $k = 2$. Để đánh giá mức độ tin cậy của hệ thống chuẩn, chúng tôi tiến hành thực nghiệm xác định kết quả hiệu chuẩn thang độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn trên hai hệ thống chuẩn VMI-PR-006 (VMI) và LMT (sản xuất tại Đức). Kết quả so sánh được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3: kết quả so sánh phép hiệu chuẩn độ nhạy độ rọi quang kế chuẩn giữa hai hệ đo VMI-PR-006 và LMT [7]

Mức độ rọi (lx)	Độ nhạy độ rọi Sv(nA/lx)		Sai lệch tuyệt đối Sv(nA/lx)
	VMI-PR-006	LMT	(VMI-PR-006 / LMT) - 1
100	13,51	13,54	0,0024

Từ bảng 3 dễ dàng nhận thấy, chênh lệch độ nhảy độ rọi trung bình tại các mức độ rọi [(VMI-PR-006/LMT) -1] là: $0,0024 \text{ (nA/lx)} \sim 0,24\%$.

Với kết quả hiệu chuẩn thang độ nhảy độ rọi quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) được thực hiện trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006 (VMI) và hệ thống chuẩn của (LMT - Đức), chỉ số E_n đã được tính có giá trị $E_n = 0,23 < 1$. Kết quả cho thấy, hệ thống chuẩn VMI-PR-006 đã được nghiên cứu chế tạo có độ chính xác cao tương đương với các hệ thống chuẩn thang độ nhảy độ rọi trong khu vực.

Kết luận

Chúng tôi đã tiến hành hiệu chuẩn thang độ nhảy độ rọi của quang kế chuẩn bằng hệ thống chuẩn thang độ nhảy độ rọi VMI-PR-006 đã được nghiên cứu và xây dựng tại Viện Đo lường Việt Nam. Kết quả cho thấy thang độ nhảy độ rọi của quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) đạt được độ không đảm bảo đo mở rộng ước lượng khoảng $0,62\%$ ($k = 2$).

Đã tiến hành so sánh kết quả hiệu chuẩn thang độ nhảy độ rọi quang kế chuẩn (P30SCT; S/N: 09B622) trên hệ thống chuẩn VMI-PR-006 (VMI) và hệ thống chuẩn của LMT (Đức), với chỉ số E_n đã được tính có giá trị $E_n = 0,23 < 1$.

Có thể kết luận rằng, hệ thống chuẩn VMI-PR-006 xây dựng trên cơ sở phương pháp so sánh với quang kế chuẩn đã biết thang độ nhảy độ rọi (A/lx) có độ chính xác cao tương đương với hệ thống chuẩn thang độ nhảy độ rọi của các Viện Đo lường Quốc gia trong khu vực và các hãng sản xuất trên thế giới.

Tài liệu tham khảo

- [1] CasimerDeCusatis (1998), *Handbook of Applied photometry*, Springer.
- [2] Yoshihiro Ohno (1997), “NIST measurement services: Photometric calibrations”, *NIST Special Publication 250-37*, pp.13-14.
- [3] KRISS (2010), *Illuminance Responsivity, Tungsten source, illuminance meter (CMC 1.2.1): Center for Temperature and Light, Division of Physical Metrology*.
- [4] Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng (2014), *Phương tiện đo độ rọi - Quy trình kiểm định: ĐLVN 257:2014*.
- [5] Cao Xuân Quân, *Độ nhảy độ rọi - Quy trình hiệu chuẩn*, V11.M-01.10.
- [6] Hướng dẫn đánh giá và trình bày độ không đảm bảo đo, ĐLVN 131:2004.
- [7] LMT (2016), *Certificate of Calibartion for photometer head P30SCT; S/N: 09B622*.

Nghiên cứu chế tạo TiO_2 từ quặng ilmenit bằng phương pháp hydrosunfat

Trần Văn Chinh*, Nguyễn Thị Hoài Phương

Viện Hóa học - Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự

Ngày nhận bài 21/12/2016, ngày chuyển phản biện 23/12/2016, ngày nhận phản biện 9/1/2017, ngày chấp nhận đăng 16/1/2017

Ilmenit là một khoáng vật quan trọng có giá trị kinh tế, nó được sử dụng để chế tạo kim loại titan, bột màu titan dioxit và vật liệu xúc tác quang. Bài báo trình bày phương pháp mới điều chế pigment TiO_2 từ quặng ilmenit. Phương pháp này bao gồm các giai đoạn: nung quặng ilmenit với kali hydrosunfat; hòa tan sản phẩm nung bằng dung dịch H_2SO_4 ; thủy phân dung dịch và nung sản phẩm. Nghiên cứu về sự ảnh hưởng của nhiệt độ phản ứng, kích thước hạt, tỷ lệ khối lượng $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4$, nồng độ axit sunfuric cho thấy, điều kiện tối ưu của phản ứng là ở 600°C trong 2 giờ, tỷ lệ $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4 = 1:7$, nồng độ axit sunfuric 5-7%.

Từ khóa: ilmenit, pigment, titan dioxit, vật liệu.

Chỉ số phân loại: 1.4

Study on manufacturing TiO_2 from ilmenite ore by hydrogen sulfate method

Summary

Ilmenite (FeTiO_3) is an economically important mineral, used as the source of making titanium metal, titanium dioxide (TiO_2) pigment, and photocatalysts. In this study, a novel process for producing TiO_2 pigment from ilmenite is presented. This process includes the burning of ilmenite with potassium hydrogen sulfate (KHSO_4), dissolution of the burnt product in acid (H_2SO_4), hydrolysis, and calcination. The significant effects of reaction temperature, particle size, and potassium hydrogen sulfate-to-ilmenite mass ratio were studied. The optimum conditions were found to be 2 hours at 600°C ; using $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4$ mass ratio of 1:7; and 5-7% sulfuric acid solution.

Keywords: ilmenite, material, pigment, titanium dioxide.

Classification number: 1.4

Mở đầu

Titan dioxit (TiO_2) là một trong những vật liệu được sử dụng nhiều nhất trong ngành công nghiệp hóa chất, có nhiều ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Bột màu TiO_2 có khả năng chịu được sự thay đổi khắc nghiệt của khí hậu, không có độc tính, rất bền màu và bền hóa học, có độ phản chiếu cao, nên được sử dụng rộng rãi trong ngành sơn, công nghiệp giấy, nhuộm, in màu, làm xúc tác quang xử lý môi trường, kem chống nắng, vật liệu kháng khuẩn, điện tử... [1-3].

Trong tự nhiên, titan không tồn tại ở dạng kim loại nguyên chất, nó kết hợp với oxy và các nguyên tố khác tạo thành các khoáng vật. Hiện có khoảng hơn 60 loại khoáng có chứa titan với hàm lượng khác nhau. Phổ biến nhất là titan tồn tại trong quặng ilmenit (FeTiO_3), rutil (TiO_2), perovskit (CaTiO_3), spen (CaTiSiO_5)... [4]. Trong đó quặng ilmenit chiếm khoảng 92% lượng tiêu thụ quặng titan trên thế giới. Việt Nam được đánh giá là nước có nguồn tài nguyên sa khoáng titan đáng kể, đứng thứ 6 trên thế giới, được phân bố trải dài suốt dọc bờ biển từ Bắc tới Nam. Quặng ilmenit được dùng chủ yếu để điều chế pigment TiO_2 .

Hiện nay trên thế giới có hai quy trình chính để sản xuất pigment TiO_2 thương mại: quy trình sunfat và quy trình clorua. Quy trình sunfat sử dụng axit H_2SO_4 đậm đặc (94-98%) để phân hủy quặng ilmenit ở nhiệt độ $200-220^\circ\text{C}$ [5]. Trong quy trình clorua, quặng ilmenit được trộn với than cốc và sục khí clo đi qua ở nhiệt

*Tác giả liên hệ: Tel: 0989989926; Email: chinhpkq@gmail.com

độ 900-1000°C, thu được sản phẩm trung gian là TiCl_4 [6].

Ngoài hai quy trình thương mại hóa trên, các phương pháp khác nghiên cứu điều chế TiO_2 từ quặng ilmenit sử dụng tác nhân phân hủy quặng như NaOH , KOH , NH_4F [7, 8]. Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu khả năng điều chế TiO_2 từ quặng ilmenit bằng cách sử dụng kali hydro sunfat (KHSO_4) làm tác nhân phân hủy quặng. Kết quả nghiên cứu trong bài báo này nhằm tìm ra một phương pháp mới xử lý quặng và thu hồi TiO_2 với hiệu suất tối ưu.

Thực nghiệm

Hóa chất, thiết bị

- Các hóa chất sử dụng bao gồm: KHSO_4 ; H_2SO_4 98%; quặng ilmenit Bình Định.

- Thiết bị, dụng cụ: lò nung nhiệt độ cao; tủ sấy; thiết bị gia nhiệt, khuấy từ; máy hút chân không; bộ rây phân loại kích thước hạt; dụng cụ thủy tinh.

Quy trình chế tạo TiO_2

Hỗn hợp KHSO_4 và quặng ilmenit được nung trong một thời gian nhất định, phản ứng được mô như sau:



Sản phẩm sau phản ứng được nghiền, sau đó rửa bằng nước để loại bỏ một số tạp chất và hòa tan trong dung dịch H_2SO_4 loãng:



Lọc dung dịch thu được m_1 (g) chất rắn không tan, thủy phân dung dịch sau lọc ở nhiệt độ khoảng 90-100°C thu được kết tủa axit metatitanic H_2TiO_3 . Lọc kết tủa và nung ở nhiệt độ 400-500°C thu được m_2 (g) sản phẩm TiO_2 . Kết quả được tính như sau:

$$\text{Hiệu suất phân hủy: } H_1 (\%) = \frac{5 - m_1}{5} \cdot 100$$

$$\text{Hiệu suất thu hồi } \text{TiO}_2: H_2 (\%) = \frac{m_2}{2,65} \cdot 100$$

2,65 là khối lượng TiO_2 có trong 5 (g) quặng ilmenit theo lý thuyết.

Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu suất thu hồi và hiệu suất phân hủy quặng như: tỷ lệ khối lượng ilmenit/ KHSO_4 ; thời gian phân hủy quặng; kích thước quặng; nhiệt độ phân hủy; nồng độ H_2SO_4 để tìm ra điều kiện tối ưu cho phương pháp.

Phương pháp nghiên cứu

- Thành phần pha được phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) trên thiết bị X'Pert Pro tại Viện Hóa học - Vật liệu (Viện KH&CN Quân sự).

- Hình thái học được xác định theo phương pháp hiển vi điện tử quét SEM tại Viện Khoa học Vật liệu (Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam).

- Phân tích thành phần hóa học bằng phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX) tại Viện Khoa học Vật liệu (Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam).

Kết quả và thảo luận

Đặc điểm quặng ilmenit

Quặng ilmenit được lấy từ Nhà máy khoáng sản Bình Định (BIMICO). Sau khi trải qua các quá trình tuyển tách, quặng ilmenit có màu đen, thành phần cỡ hạt và thành phần hóa học được trình bày trong bảng 1 và bảng 2.

Bảng 1: thành phần cỡ hạt của quặng ilmenit

Cỡ hạt d (mm)	% Khối lượng
>0,35	1,7
0,16 - 0,35	49,7
0,08 - 0,16	46,3
< 0,08	2,3

Quặng ilmenit có kích thước hạt tương đối nhỏ mịn, kích thước hạt chủ yếu từ 0,08 đến 0,35 mm (96% khối lượng).

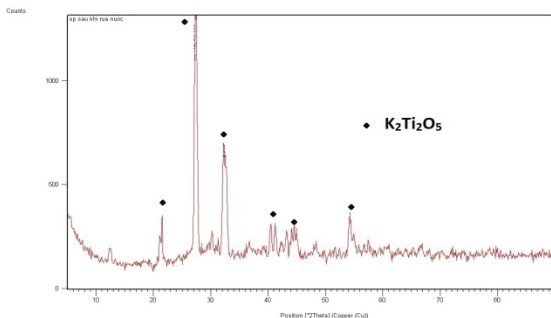
Bảng 2: thành phần hóa học của quặng ilmenit

Oxyt	TiO_2	FeO	Al_2O_3	SiO_2	MnO
% Khối lượng	52,96	39,85	3,23	3,03	0,93

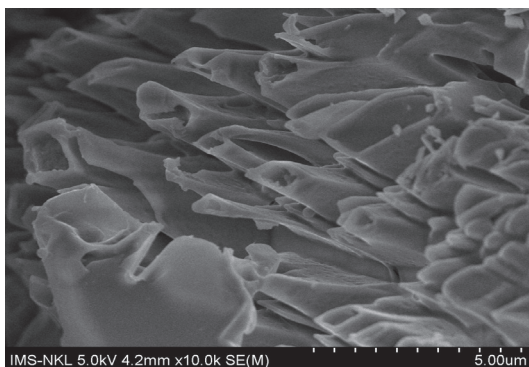
Từ kết quả bảng 2 cho thấy, quặng ilmenit Bình Định có hàm lượng TiO_2 khá cao (52,96%). Tạp chất còn lại trong quặng chủ yếu là oxit sắt (39,85%), ngoài ra còn có các oxit khác như Al_2O_3 (3,23%), SiO_2 (3,03%) và MnO (0,93%).

Nung quặng ilmenit với KHSO_4

Sản phẩm của quá trình nung quặng ilmenit với KHSO_4 ở nhiệt độ 600°C, tỷ lệ ilmenit: KHSO_4 = 1:7 (theo khối lượng) trong 2 giờ sau khi rửa bằng nước cất được phân tích theo phương pháp nhiễu xạ tia X và chụp dưới kính hiển vi điện tử quét SEM. Kết quả được thể hiện ở hình 1 và hình 2.



Hình 1: giản đồ nhiễu xạ tia X của sản phẩm nung hỗn hợp ilmenit/ KHSO_4



Hình 2: ảnh SEM của sản phẩm nung hỗn hợp ilmenit/ KHSO_4

Kết quả phân tích nhiễu xạ tia X thấy rằng, sản phẩm chính của quá trình nung quặng ilmenit với KHSO_4 chính là $\text{K}_2\text{Ti}_2\text{O}_5$ (hình 1). $\text{K}_2\text{Ti}_2\text{O}_5$ có cấu trúc hình học xếp sít nhau (hình 2).

Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu suất phân hủy quặng ilmenit và hiệu suất thu hồi TiO_2

Sự ảnh hưởng của nhiệt độ: thực nghiệm được tiến hành theo quy trình chế tạo trong điều kiện như sau: lấy 3 mẫu quặng ilmenit có kích thước 0,08-0,16 mm, mỗi mẫu 5 g trộn đều với KHSO_4 theo tỷ lệ khối lượng 1:7; thời gian phân hủy 2 giờ; nhiệt độ phân hủy lần lượt là 400; 500; 600 và 700°C. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến hiệu suất phân hủy quặng và hiệu suất thu hồi TiO_2 được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3: sự ảnh hưởng của nhiệt độ

Nhiệt độ, °C	400	500	600	700
H_1 , %	10	31,6	85,5	86,2
H_2 , %	-	23,5	71,1	72,5

Từ bảng 3 thấy rằng, phân hủy quặng ở nhiệt độ 600°C và 700°C cho hiệu suất phân hủy và hiệu suất thu hồi TiO_2 là cao nhất. Ở nhiệt độ 700°C thì hiệu suất phân hủy và hiệu suất thu hồi tăng không đáng kể so

với ở 600°C, do đó lựa chọn nhiệt độ tối ưu của phản ứng phân hủy quặng là 600°C.

Ảnh hưởng của thời gian phản ứng phân hủy quặng: thực nghiệm được tiến hành như sau: hỗn hợp quặng ilmenit và KHSO_4 được trộn theo tỷ lệ 1:7; nhiệt độ phản ứng 600°C; kích thước quặng 0,08-0,16 mm; thời gian phân hủy quặng lần lượt là 1 giờ, 2 giờ và 3 giờ. Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của thời gian đến hiệu suất phân hủy và hiệu suất thu hồi được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4: sự ảnh hưởng của thời gian

Thời gian, giờ	1	2	3
H_1 , %	75	85,5	84,7
H_2 , %	39,2	71,1	70,8

Như vậy, thời gian phản ứng diễn ra trong 2 đến 3 giờ cho hiệu suất phân hủy quặng và hiệu suất thu hồi là khá cao. Với mục đích kinh tế, chỉ thực hiện phản ứng trong 2 giờ là đủ.

Ảnh hưởng của tỷ lệ $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4$: nhiệt độ phản ứng phân hủy là 600°C trong 2 giờ; kích thước quặng 0,08-0,16 mm; tỷ lệ quặng ilmenit: KHSO_4 thay đổi lần lượt là 1:3; 1:4; 1:5; 1:6; 1:7; 1:8 (theo khối lượng). Kết quả khảo sát sự ảnh hưởng của tỷ lệ quặng ilmenit: KHSO_4 đến hiệu suất phân hủy và hiệu suất thu hồi được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5: sự ảnh hưởng của tỷ lệ $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4$

$\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4$	1:3	1:4	1:5	1:6	1:7	1:8
H_1 , %	42	48	58	75,4	85,5	85,7
H_2 , %	23,2	23,8	43,8	63,5	71,1	70,5

Khi tiến hành điều chế TiO_2 trong cùng một điều kiện về nhiệt độ, thời gian, kích thước quặng ilmenit, chỉ thay đổi tỷ lệ $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4$ thì hiệu suất phân hủy quặng và hiệu suất thu hồi tăng lên theo sự tăng tỷ lệ khối lượng $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4$. Theo bảng 4, hiệu suất phân hủy và hiệu suất thu hồi cao nhất ứng với tỷ lệ $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4$ là 1:7 và 1:8. Khi tăng tỷ lệ $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4$ thì hiệu suất phân hủy quặng và hiệu suất thu hồi gần như không đổi, do đó lựa chọn tỷ lệ $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4 = 1:7$ là đủ để phản ứng xảy ra với hiệu suất cao nhất.

Ảnh hưởng kích thước hạt quặng ilmenit: chuẩn bị hai mẫu quặng ilmenit có kích thước hạt lần lượt là 0,08-0,16 mm và 0,16-0,35 mm; mỗi mẫu có khối lượng là 5 g. Tiến hành điều chế TiO_2 theo quy trình

chế tạo: nhiệt độ phân hủy là 600°C trong 2 giờ; tỷ lệ $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4 = 1:7$; nồng độ H_2SO_4 5% ta có kết quả như bảng 6.

Bảng 6: sự ảnh hưởng của kích thước hạt quặng ilmenit

Kích thước hạt quặng d, mm	H ₁ , %	H ₂ , %
$0,08 \leq d < 0,16$	85,5	71,1
$0,16 \leq d < 0,35$	83,5	61,2

Từ kết quả thu được thấy rằng, kích thước tinh quặng càng nhỏ thì hiệu suất phân hủy càng lớn và hiệu suất thu hồi càng cao. Quặng thô hơn có thể làm giảm bề mặt tiếp xúc giữa các chất tham gia phản ứng, do đó làm giảm tốc độ phản ứng phân giải quặng.

Ảnh hưởng của nồng độ H_2SO_4 đến hiệu suất thu hồi TiO_2 : chuẩn bị 3 mẫu quặng ilmenit, mỗi mẫu có khối lượng 5 g; kích thước quặng 0,08-0,16 mm; tỷ lệ $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4 = 1:7$; nhiệt độ nung 600°C trong 2 giờ. Sản phẩm sau nung được nghiền và hòa tan bởi dung dịch H_2SO_4 có nồng độ lần lượt là 3; 5 và 7%. Kết quả sự ảnh hưởng của nồng độ H_2SO_4 đến hiệu suất thu hồi TiO_2 được thể hiện trong bảng 7.

Bảng 7: sự ảnh hưởng của nồng độ H_2SO_4

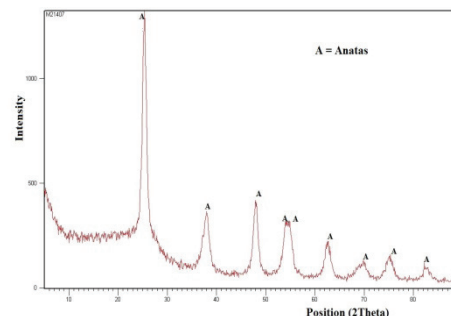
Nồng độ H_2SO_4 , %	3	5	7
H ₁ , %	78	85,5	86,7
H ₂ , %	61,5	71,1	72,5

$\text{K}_2\text{Ti}_2\text{O}_5$ không tan trong nước, nhưng tan trong dung dịch H_2SO_4 . Độ tan của $\text{K}_2\text{Ti}_2\text{O}_5$ phụ thuộc vào nồng độ của H_2SO_4 và ảnh hưởng tới hiệu suất thu hồi TiO_2 . Hiệu suất thu hồi cao, nghĩa là độ tan của $\text{K}_2\text{Ti}_2\text{O}_5$ tăng. Theo bảng 7, khi nồng độ axit tăng thì độ tan của $\text{K}_2\text{Ti}_2\text{O}_5$ tăng và thấy rằng với nồng độ H_2SO_4 từ 5-7% thì hiệu suất thu hồi TiO_2 là cao nhất.

Đặc trưng của vật liệu TiO_2 điều chế bằng phương pháp hydrosunfat

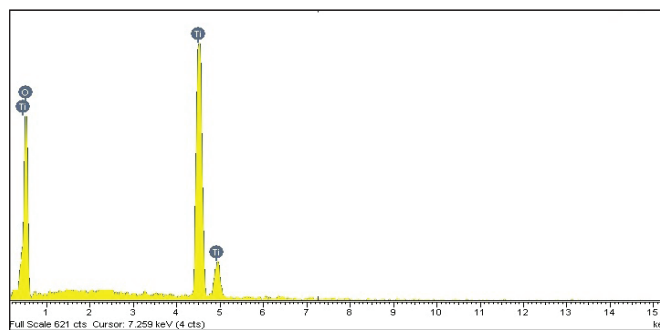
Vật liệu TiO_2 sau điều chế được nung ở 500°C trong 3 giờ, sau đó xác định thành phần cấu trúc pha theo phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD). Kết quả đặc trưng được trình bày ở hình 3.

Giản đồ XRD cho thấy chỉ xuất hiện thành phần pha anatas duy nhất và cường độ pic khá mạnh tại các vị trí 2θ lần lượt là 25,3°; 37,8°; 48,5°; 53,9° như công trình [1]. Điều này chứng tỏ, vật liệu TiO_2 đã được điều chế thành công từ quặng ilmenit.



Hình 3: giản đồ nhiễu xạ tia X của vật liệu TiO_2

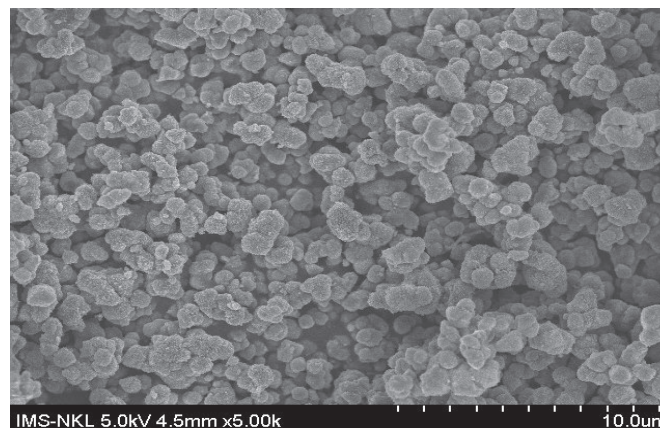
Phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX) của vật liệu TiO_2 đã được chụp để xác định thành phần các nguyên tố trong vật liệu và được trình bày ở hình 4.



Hình 4: phổ EDX của vật liệu TiO_2 được chế tạo

Từ giản đồ EDX ta thấy chỉ xuất hiện đỉnh của hai nguyên tố Ti (chiếm 58,85% về khối lượng) và O (chiếm 41,15%), không thấy xuất hiện các tạp chất, chứng tỏ mức độ tinh khiết của vật liệu TiO_2 được chế tạo.

Từ kết quả chụp ảnh SEM (hình 5) cho thấy, vật liệu TiO_2 được điều chế từ quặng ilmenit có hình thái cấu trúc rõ ràng, các hạt có dạng hình cầu khá đồng đều, kích thước từ 0,5-1 μm .



Hình 5: ảnh SEM của vật liệu TiO_2

Kết luận

Đã chế tạo thành công vật liệu TiO_2 từ quặng ilmenit bằng phương pháp hiđrosunfat. Điều kiện tối ưu của phương pháp là phân hủy quặng ở 600°C trong 2 giờ, tỷ lệ $\text{FeTiO}_3:\text{KHSO}_4 = 1:7$, nồng độ axit H_2SO_4 5-7%. Vật liệu TiO_2 thu được có pha anatase, có dạng hình cầu kích thước từ 0,5-1 μm . Ưu điểm của phương pháp sử dụng KHSO_4 là đã chuyển quặng titan sang dạng trung gian $\text{K}_2\text{Ti}_2\text{O}_5$ dễ tan trong dung dịch axit loãng, do đó giải quyết được vấn đề môi trường và ăn mòn thiết bị như trong quy trình sunfat. TiO_2 chế tạo được có độ tinh khiết khá cao, kích thước hạt nhỏ đồng đều, do đó mở ra tiềm năng ứng dụng làm vật liệu xúc tác quang, cũng như lĩnh vực sản xuất sơn, chất dẻo và xử lý môi trường.

Tài liệu tham khảo

- [1] Scott Middlemas, Z. Zak Fang, Peng Fan (2013), "A new method for production of titanium dioxide pigment", *Hydrometallurgy*, **131**, pp.107-113.
- [2] Behzad Rezaei, Hamid Mosaddeghi (2006), "Applications of titanium dioxide nanocoating", *Nanotechnology in environments Conference*, p.6.
- [3] Hongbo Shi, Ruth Magaye, Vincent Castranova and Jinshun Zhao (2013), *Titanium dioxide nanoparticles: a review of current toxicological data*, Particle and Fibre Toxicology.
- [4] Tony Christie, Bob Brathwaite, *Mineral Commodity Report 16 - Titanium*, Institute of Geological & Nuclear Sciences Ltd.
- [5] Manuel Jesús Gázquez, Juan Pedro Bolívar, Rafael Garcia-Tenorio, Federico Vaca (2014), "A Review of the Production Cycle of Titanium Dioxide Pigment", *Materials Sciences and Applications*, **5**, pp.441-458.
- [6] Juergen H. Braun, Andrejs Baidins and Robert E. Marganski (1992), "TiO₂ pigment technology: A review", *Progress in Organic Coatings*, **20**, pp.105-138.
- [7] Yumin Liu, Jinglong Chu, Qijie Tong, Yi Zang (2006), "Decomposition of ilmenite by concentrated KOH solution under atmospheric pressure", *International journal of mineral processing*, **81**, pp.79-84.
- [8] A.A. Андреев, A.H. Дьяченко, P.I. Крайденко (2009), "Производство отчественного диоксида титана на основе фтораммонийного способа переработки ильменита", *Технология неограниченных веществ*, **N.9**, pp.13-19.

Ảnh hưởng của sự pha tạp ion Co^{2+} đến cấu trúc và khả năng đan cài ion natri của vật liệu birnessite MnO_2

Nguyễn Văn Hoàng¹, Huỳnh Lê Thanh Nguyên¹, Trần Văn Mẫn^{1,2}, Lê Mỹ Loan Phụng^{1,2*}

¹Phòng thí nghiệm trọng điểm hóa lý ứng dụng (APCLAB), Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

²Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 3/10/2016, ngày chuyển phản biện 5/10/2016, ngày nhận phản biện 27/10/2016, ngày chấp nhận đăng 1/11/2016

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của sự pha tạp ion Co^{2+} đến cấu trúc và khả năng đan cài ion natri vào vật liệu MnO_2 birnessite. Vật liệu MnO_2 birnessite pha tạp ion cobalt ở các hàm lượng khác nhau (từ 5 đến 25%) được tổng hợp bằng phương pháp nung pha rắn ở 600°C . Phổ nhiễu xạ tia X cho thấy sự pha tạp Co^{2+} không làm thay đổi cấu trúc lớp của vật liệu MnO_2 birnessite và khoảng cách trung bình giữa các lớp đạt 7,2 Å. Kết quả đo phóng nạp tại tốc độ C/10 trong vùng thế 1,5-3,8 V (vs Na^+/Na) cho thấy hàm lượng pha tạp cobalt 10% giúp cải thiện dung lượng tốt nhất và duy trì độ bền dung lượng so với birnessite không pha tạp. Vật liệu birnessite pha tạp cobalt 10% có khả năng đan cài 0,55 ion Na^+ cho 1 mol vật liệu, tương ứng với dung lượng riêng 150 mAh/g.

Từ khóa: birnessite MnO_2 , cấu trúc lớp, đan cài natri, pha tạp cobalt, pin sạc Na-ion.

Chỉ số phân loại: 1.4

Effect of cobalt doping on the structure and sodium ion intercalation behaviour of birnessite MnO_2

Summary

MnO_2 has many applications for electrochemical power sources such as battery and super-capacitor. In this work, cobalt-doped birnessite MnO_2 was synthesized by the solid route. XRD patterns of cobalt-doped birnessite exhibited the large distance of interlayers at 7.21 Å that is a good possibility for sodium ion intercalation. The electrochemical behaviors of birnessite MnO_2 in NaClO_4 /Propylene Carbonate were evaluated by the cyclic voltammetry (CV), charge-discharge cycling. The CV curves proved the reversible insertion of Na^+ ions in the potential range 1.5-3.8 V (vs. Na^+/Na). The 10% cobalt-doped birnessite exhibited the highest specific capacity of 150 mAh/g and the fading capacity after 25 cycles due to the modification of structure.

Keywords: birnessite MnO_2 , cobalt doping, layered structure, Na-ion batteries, sodium ion intercalation.

Classification number: 1.4

Giới thiệu

Trong tương lai, pin sạc Na-ion có tiềm năng thay thế một phần cho pin sạc Li-ion đang phổ biến hiện nay bởi những ưu điểm về giá thành, độ an toàn và sự dồi dào của nguồn nguyên liệu. Lĩnh vực có tiềm năng của pin sạc Na-ion là các thiết bị sử dụng pin có kích thước lớn như trạm phát điện, nguồn lưu trữ điện cho các nguồn năng lượng tái tạo như gió, mặt trời... [1, 2]. Kế thừa thành công từ các nghiên cứu về vật liệu điện cực cho pin sạc Li-ion, các nghiên cứu về vật liệu đan cài ion Na^+ tiếp tục được phát triển trên các hệ vật liệu có cấu trúc lớp, cấu trúc spinel hay các cấu trúc đường hầm. Trong đó, các oxit mangan được xem là vật liệu điện cực tiềm năng bởi các ưu điểm như: dung lượng riêng cao, không độc hại và giá thành thấp. Trong số các oxit mangan, dạng hydrate oxit mangan (hay còn gọi là birnessite) được chú ý đến bởi nó có cấu trúc dạng lớp với khoảng cách giữa các lớp lớn (7,24 Å), rất thích hợp để đan cài ion Li^+ hay Na^+ . Các nghiên cứu về đan cài ion Li^+ hay Na^+ cho thấy vật liệu MnO_2 birnessite có khả năng đan cài thuận nghịch cao của ion Li^+ (0,9 F/mole, tương ứng dung lượng riêng

*Tác giả liên hệ: email: lmlphung@hcmus.edu.vn

trên 200 mAh/g). Trong khi đó, khả năng đan cài ion Na^+ thấp hơn chỉ khoảng 0,5-0,6 F/mole và có sự suy giảm mạnh khả năng đan cài sau vài chu kỳ hoạt động [3-5]. Để cải thiện dung lượng cũng như độ ổn định của vật liệu MnO_2 birnessite trong quá trình đan cài ion Na^+ , các nghiên cứu đã chỉ ra sự pha tạp các ion kim loại chuyển tiếp như Co, Fe, Ni làm tăng độ bền của cấu trúc khi đan cài và phóng thích ion Na^+ [5-7]. Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành pha tạp kim loại cobalt vào vật liệu MnO_2 birnessite bằng phản ứng pha rắn và bước đầu đánh giá ảnh hưởng của ion đến cấu trúc và khả năng đan cài - phóng thích ion Na^+ .

Thực nghiệm

Quy trình tổng hợp vật liệu birnessite pha tạp cobalt được thực hiện như quy trình tổng hợp MnO_2 birnessite [4]. Hỗn hợp KMnO_4 (Merck) và $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Sigma-Aldrich) được trộn đều trong chén sứ và nung ở 600°C trong 12 giờ. Hàm lượng pha tạp được tính bằng tỷ lệ $n = \text{Co}/(\text{Co} + \text{Mn})$ và được ký hiệu tương ứng là Bir-Co-n. ($5\% \leq n \leq 25\%$). Bột rắn sau khi nung được thủy giải trong acid H_2SO_4 1M để loại bỏ ion K^+ và Mn^{3+} . Sản phẩm sau khi xử lý acid được lọc, rửa nhiều lần bằng nước cất đến pH trung tính. Sản phẩm được sấy khô ở 60°C qua đêm và sau đó được bảo quản trong bình hút ẩm.

Cấu trúc của các vật liệu MnO_2 birnessite pha tạp cobalt được phân tích bằng phương pháp nhiễu xạ tia X trên máy nhiễu xạ D8 Advance (Bruker) với anode Cu ($\lambda_{\text{K}\alpha} = 1,7889 \text{ \AA}$) trong khoảng góc quét $10\text{-}60^\circ$ ($0,02^\circ/\text{step}$). Hình thái bề mặt và phân bố hạt được phân tích ảnh kính hiển vi điện tử quét SEM trên thiết bị FE-SEM S4800 (Hitachi, Nhật). Phổ dao động Raman được ghi nhận trên máy quang phổ Raman LabRam HR 800 (Horiba Jobin Yvon) với nguồn kích thích laser Ar^+ ($\lambda = 514 \text{ nm}$). Công thức phân tử của vật liệu MnO_2 birnessite pha tạp cobalt được tính toán từ các kết quả phân tích thành phần nguyên tố bằng phổ nguyên tử F-AAS (6300, Shimadzu) và chuẩn độ với KMnO_4 và axit oxalic để xác định số oxy hóa của mangan.

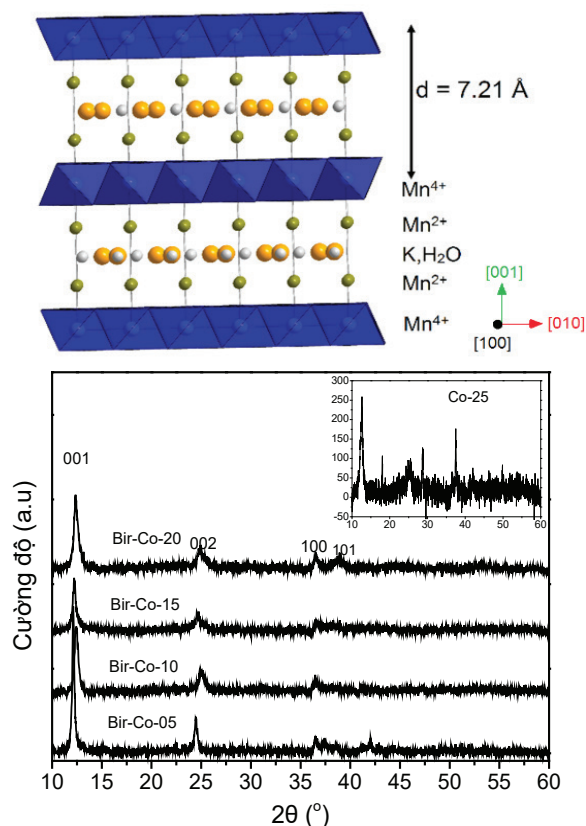
Màng điện cực của các vật liệu MnO_2 birnessite pha tạp cobalt được chế tạo gồm vật liệu điện cực, carbon C65 (Timcal), carbon graphite (Imerys) và Poly-tetrafluoroethylene PTFE (Sigma-Aldrich) theo tỷ lệ

khối lượng 80 : 7,5 : 7,5 : 5. Pin mô hình Swagelok hai điện cực được lắp với màng điện cực đặt trên cực Al, điện cực đối và so sánh là natri kim loại đặt trên cực Cu và 3 màng ngăn thủy tinh Whatman tẩm dung dịch điện giải NaClO_4 1M trong dung môi propylen carbonate đặt giữa hai điện cực. Quá trình lắp pin được thực hiện trong buồng thao tác (glovebox) nạp đầy khí Ar để tránh ảnh hưởng của oxy và hơi nước. Tính chất điện hóa của các vật liệu MnO_2 birnessite pha tạp cobalt được đánh giá bởi các phương pháp quét thế vòng tuần hoàn (CV) và phóng sục dòng cố định trên thiết bị MPG-2 (Biologic) điều khiển bởi phần mềm ECLAB 10.36.

Kết quả và biện luận

Vật liệu MnO_2 birnessite kết tinh ở dạng lục phương (hexagonal) với nhóm không gian $P3m1$. Cấu trúc được tạo bởi các lớp bát diện $[\text{MnO}_6]_n$ liên kết với nhau qua sự dùng chung các cạnh trong một mặt phẳng của bát diện $[\text{MnO}_6]$. Cấu trúc của vật liệu birnessite với thứ tự sắp xếp các lớp nguyên tử trong tinh thể dọc theo trục c tương ứng là $\text{O-Mn}^{4+}\text{-O-K}^+$ hay $\text{H}_2\text{O-Mn}^{2+}\text{-O-Mn}^{4+}\text{-O}$ (hình 1a) [7-9].

Giải đồ nhiễu xạ tia X của các mẫu birnessite pha tạp cobalt được biểu diễn trong hình 1b, các phổ nhiễu xạ đều cho thấy hai mũi nhiễu xạ có cường độ cao tại các vị trí 2θ khoảng 12° và 25° , tương ứng với các mặt mạng (001) và (002) của ô mạng cơ sở birnessite. Hàm lượng pha tạp cobalt từ 5 đến 20% gần như không ảnh hưởng nhiều đến cường độ tương đối của các mũi này với các mũi nhiễu xạ khác trong vùng $35^\circ < 2\theta < 40^\circ$. Điều đó cho thấy cấu trúc lớp của birnessite vẫn được duy trì khi pha tạp ở các hàm lượng này. Mặt cơ sở của các hạt là mặt mạng (001) và trong ô mạng cơ sở các lớp nguyên tử xếp chồng theo trục c. Với cấu trúc này, các ion Na^+ đan cài sẽ di chuyển theo hai hướng còn lại của ô mạng tinh thể và nằm giữa các lớp $[\text{MnO}_6]_n$ [8-11]. Tuy nhiên, khi tăng hàm lượng pha tạp cobalt đến 25%, giải đồ nhiễu xạ xuất hiện các mũi nhiễu xạ của hợp chất oxit cobalt Co_3O_4 và Co_2O_3 , do vậy, hàm lượng pha tạp cao nhất có thể đạt được là 20%. Một số hàm lượng pha tạp cobalt cao hơn có thể đạt được, phụ thuộc vào điều kiện tổng hợp.



Hình 1: (a) Cấu trúc vật liệu birnessite; (b) Giải đồ nhiễu xạ tia X của các mẫu birnessite pha tạp cobalt

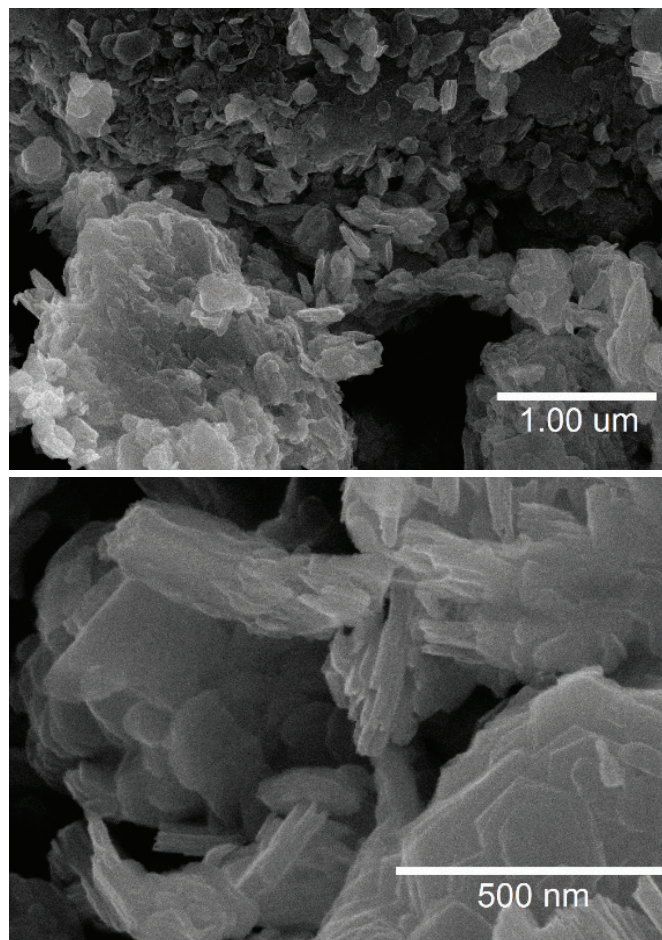
Bảng 1: thông số mạng và tỷ lệ kali và cobalt của các mẫu birnessite pha tạp cobalt

	a (Å)	c (Å)	Tỷ lệ K: (Co+Mn)	Tỷ lệ Co: (Co+Mn)
Bir-Co-05	2,842	7,294	0,120	0,058
Bir-Co-10	2,843	7,124	0,132	0,107
Bir-Co-15	2,831	7,223	0,131	0,158
Bir-Co-20	2,840	7,176	0,134	0,210

Thông số mạng của các mẫu birnessite pha tạp được tính từ giải đồ nhiễu xạ tia X ở hình 1b được biểu diễn trong bảng 1. Thông số mạng “a” dường như không có sự khác biệt đáng kể giữa các mẫu birnessite có hàm lượng pha tạp khác nhau và dao động trong khoảng 2,84 Å. Thông số mạng “c” đặc trưng cho khoảng cách giữa các lớp có thay đổi trong các mẫu birnessite pha tạp. Ở mẫu Bir-Co-05 và Bir-Co-20 có dịch chuyển vị trí mũi về phía 2θ lớn làm cho thông số mạng giảm nhẹ. Nhìn chung, các giá trị thông số mạng của các mẫu birnessite pha tạp cobalt phù hợp với các kết quả đã nghiên cứu trước đây. Ngoài ra, kết quả phân tích hàm lượng Mn và Co bằng phổ nguyên tử cho kết quả rất gần với tỷ lệ của tiền chất ban đầu (bảng 1). Quá trình thủy giải trong môi trường acid không làm thay

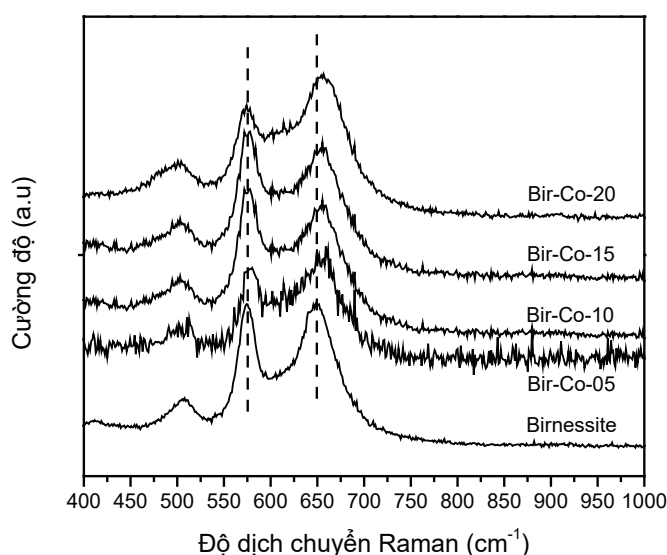
đổi đáng kể tỷ lệ các nguyên tố.

Hình 2 là ảnh SEM của mẫu birnessite ở hàm lượng pha tạp 10%. Mẫu Bir-Co-10 có kích thước hạt đa phân tán với các hạt có kích thước lớn khoảng 1-2 μm . Ở độ phân giải cao, ảnh SEM cho thấy các hạt có cấu tạo từ phiến mỏng.



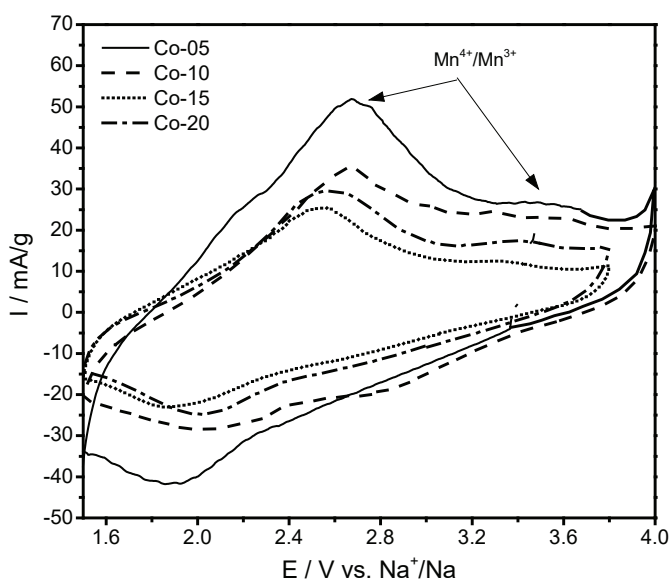
Hình 2: ảnh SEM của mẫu Bir-Co-15

Phổ Raman của birnessite pha tạp cobalt (hình 3) có mũi dao động đặc trưng của họ MnO_2 birnessite, các mũi dao động của cấu trúc xuất hiện trong khoảng 450-700 cm^{-1} . Mũi dao động tại vùng 650 cm^{-1} đặc trưng cho dao động đối xứng của các liên kết Mn–O trong bát diện $[\text{MnO}_6]$, mũi tại 575 cm^{-1} đặc trưng cho dao động kéo dãn trong mặt phẳng của lớp bát diện. Ngoài ra, mũi này có cường độ cao nói lên rằng Mn chủ yếu tồn tại ở trạng thái oxy hóa +4. Ảnh hưởng của việc pha tạp cobalt được thể hiện ở sự dịch chuyển dần của mũi dao động tại 650 cm^{-1} về vùng tần số cao khi hàm lượng pha tạp tăng dần, điều này chứng tỏ các ion pha tạp Co^{3+} liên kết với các lớp bát diện $[\text{MnO}_6]_n$ làm tăng năng lượng mạng và giúp bền hóa cấu trúc [10, 11].



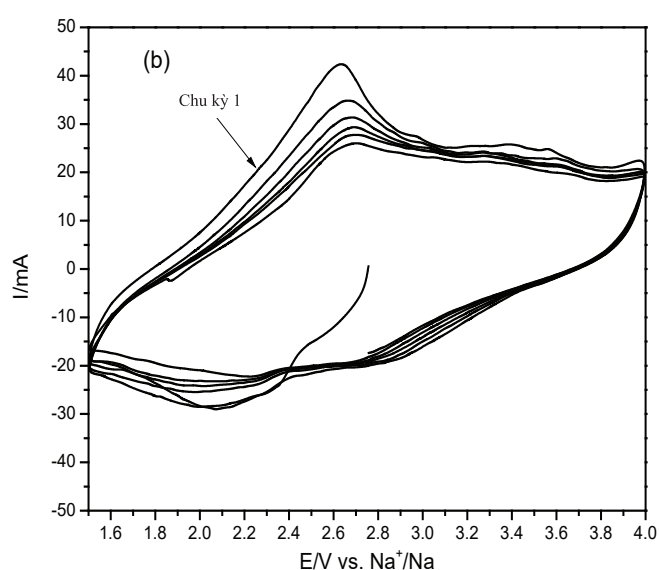
Hình 3: phổ Raman của birnessite và birnessite pha tạp cobalt

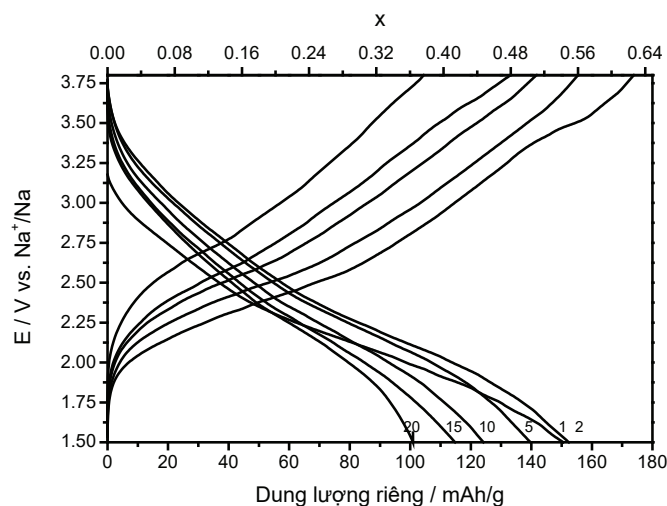
Tính chất điện hóa của các mẫu birnessite pha tạp cobalt được đánh giá bởi sự đan cài và phóng thích ion Na^+ trong dung môi hữu cơ (1M NaClO_4 trong dung môi propylene carbonat) bằng hai phương pháp: quét thế vòng tuần hoàn (CV) và đo phóng-nạp dòng cố định. Hình 4 biểu diễn đường quét thế vòng tuần hoàn của các mẫu birnessite pha tạp cobalt trong vùng thế 1,5-3,8 V (vs. Na^+/Na) với tốc độ quét thế $50 \mu\text{V/s}$. Các đường cong CV đều thấy xuất hiện một cặp pic oxy hóa khử tại vị trí 2,6 V (pic oxy hóa) và 1,9 V (pic khử), cặp pic này đặc trưng cho cặp oxy hóa khử $\text{Mn}^{4+}/\text{Mn}^{3+}$. Đường cong CV của mẫu Bir-Co-10 được biểu diễn trong hình 4b cho thấy sự ổn định của dòng khử, điều này dự đoán sự ổn định về khả năng phóng nạp của mẫu Bir-Co-10.



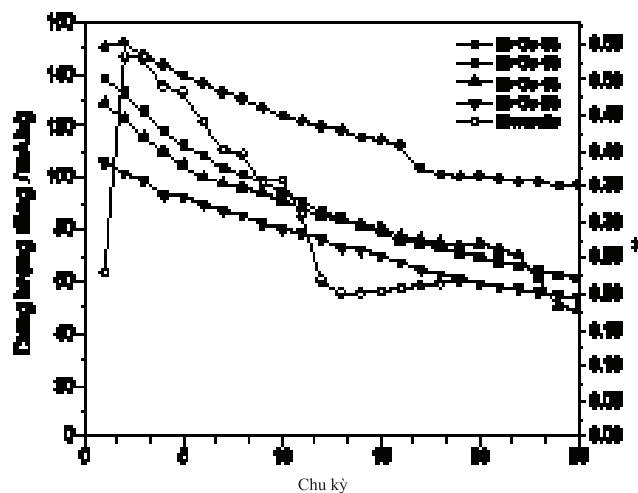
Hình 4: đường cong CV của các mẫu birnessite pha tạp cobalt (a) và đường cong CV của mẫu Bir-Co-10 trong 5 chu kỳ đầu

Đường cong phóng sạc của mẫu Bir-Co-10 (tốc độ C/10) ở các chu kỳ được biểu diễn trong hình 5a. Các đường cong phóng sạc của mẫu Bir-Co-10 đều có dạng chữ S với điểm uốn ở khoảng 2,0 V. Điều này chứng tỏ quá trình đan cài ion Na^+ vào cấu trúc birnessite diễn ra như trong một dung dịch rắn, không có sự hình thành pha mới trong quá trình đan cài. Ngoài ra, quá trình đan cài ion Na^+ diễn ra đồng thời với sự suy giảm của thông số mạng c [9-11]. Trong chu kỳ đầu tiên, mẫu Bir-Co-10 có khả năng đan cài 0,55 ion Na^+ tương ứng dung lượng riêng $\sim 150 \text{ mAh/g}$. Hình 5b biểu diễn độ bền dung lượng của các mẫu birnessite pha tạp cobalt theo số chu kỳ hoạt động. Khả năng đan cài ion Na^+ của các mẫu birnessite pha tạp cobalt từ 5 đến 20% đều đạt được cao nhất từ chu kỳ đầu tiên, lần lượt của các mẫu pha tạp là 0,50; 0,55; 0,45 và 0,40 ion Na^+ trên mỗi mol vật liệu, tương ứng với giá trị dung lượng 138, 150, 130, 105 mAh/g. Trừ mẫu Bir-Co-20, giá trị đan cài đầu tiên này gần với giá trị của vật liệu birnessite không được pha tạp. Tuy nhiên, birnessite không được pha tạp chỉ duy trì được dung lượng trong khoảng 10 chu kỳ đầu tiên. Mẫu Bir-Co-10 có dung lượng đạt được cao nhất và cũng duy trì dung lượng tốt nhất sau 25 chu kỳ (64,5%). Độ giảm dung lượng sau 25 chu kỳ của các hàm lượng pha tạp 5%, 15% và 20% lần lượt là 41,5%; 37,5% và 51%.





Hình 5: (a) Đường cong phóng sạc của Bir-Co-10 ở tốc độ C/10; (b) Sự thay đổi dung lượng và số ion Na⁺ đan cài (x) theo chu kỳ của các mẫu birnessite pha tạp cobalt



Kết luận

Vật liệu birnessite pha tạp cobalt ở các hàm lượng 0 đến 20% được tổng hợp từ phản ứng nung phân hủy có cấu trúc lớp và khoảng cách cách lớp khoảng 7,22 Å. Sự pha tạp không làm thay đổi cấu trúc của birnessite nhưng làm tăng khả năng đan cài ion Na⁺ với hàm lượng pha tạp cobalt 10%. Birnessite pha tạp cobalt với hàm lượng 10% có khả năng đan cài ion Na⁺ lớn nhất 0,55 F/mole (dung lượng riêng 150 mAh/g) và suy giảm đến 0,35 F/mole (100 mAh/g) sau 25 chu kỳ.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh trong khuôn khổ đề tài mã số C2016-18-03 và nhiệm vụ thường xuyên NVTX2016-08-03. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] B. Scrosati (2000), "Recent advances in lithium ion battery materials", *Electrochimica Acta*, **45**(15), pp.2461-2466.
- [2] N. Yabuuchi, K. Kubota, M. Dahbi, S. Komaba (2014), "Research Development on Sodium-Ion Batteries", *Chem. Rev.*, **114**, pp.11636-11682.
- [3] Y. Chabre, J. Pannetier (1995), "Structure and electrochemical properties of the proton/ γ -MnO₂ system", *Prog. Solid. St Chem*, **23**, pp.1-130.

- [4] S. Bach, J.P. Pereira-Ramos, N. Baffier (1995), "Synthesis and characterization of lamellar MnO₂ obtained from thermal decomposition of NaMnO₄ for rechargeable lithium cells", *J. Solid State Chem*, **120**, pp.70-73.

- [5] S.H. Kim, S.J. Kim, S.M. Oh (1999), "Preparation of layered MnO₂ via thermal decomposition of KMnO₄ and its electrochemical characterizations", *Chem. Mater*, **11**, pp.557-563.

- [6] S. Komaba, N. Kumagai, S. Chiba S (2000), "Synthesis of layered MnO₂ by calcination of KMnO₄ for rechargeable lithium battery cathode", *Electrochimica Acta*, **46**, pp.31-37.

- [7] A.C. Gaillot, D. Flot, V.A. Drits, A. Manceau, M. Burghammer, B. Lanson (2003), "Structure of synthetic K-rich birnessite obtained by high-temperature decomposition of KMnO₄. I. Two-layer polytype from 800°C experiment", *Chem. Mater*, **15**, pp.4666-4678.

- [8] Q. Feng, E.H. Sun, K. Yanagisawa, N. Yamasaki (1997), "Synthesis of birnessite-type sodium manganese oxides by solution reaction and hydrothermal methods", *J. Ceramic Society of Japan*, **105**, pp.564-568.

- [9] L. Le Goff, N. Baffier (1993), "Structural and electrochemical characteristics of a lamellar sodium manganese oxide synthesized via a sol-gel process", *Solid State Ionics*, **61**, pp.309-315.

- [10] S. Franger, S. Bach, J. Farcy, J.P. Pereira-Ramos, N. Baffier (2002), "Synthesis, structural and electrochemical characterizations of the sol-gel birnessite MnO_{1.84}·0,6H₂O", *J. Power Sources*, **109**, pp.262-275.

- [11] S. Bach, J.P. Pereira-Ramos, N. Baffier, R. Messina (1991), "Birnessite manganese dioxide synthesized via a sol-gel process: a new rechargeable cathodic material for lithium batteries", *Electrochimica Acta*, **36**, pp.1595-1603.

Ứng dụng phần mềm AMDIS để xây dựng thư viện phổ cho xác định hóa chất bảo vệ thực vật từ dữ liệu sắc ký khí khối phổ

Phạm Tuấn Linh^{1,2*}, Vũ Đức Lợi³, Nguyễn Thị Thảo⁴, Nguyễn Mai Dương⁵, Nguyễn Hồng Khánh¹, Nguyễn Việt Hoàng¹, Nguyễn Thành Đồng¹

¹Viện Công nghệ Môi trường, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

²Học viện KH&CN, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

³Viện Hóa học, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

⁴Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

⁵Bộ Khoa học và Công nghệ

Ngày nhận bài 29/12/2016, ngày chuyển phản biện 3/1/2017, ngày nhận phản biện 23/1/2017, ngày chấp nhận đăng 25/1/2017

Nghiên cứu trình bày việc xây dựng thư viện phổ cho định tính hóa chất bảo vệ thực vật (BVTV). Từ dữ liệu phổ khối thu được ở chế độ scan trên sắc ký khí khối phổ của hãng Shimadzu (GC/MS), các mảnh phổ của các hóa chất BVTV có tỷ lệ tín hiệu so với nhiễu nền cao hơn hoặc bằng 75 được ghi lại và chuyển sang phần mềm AMDIS. Sau khi phần mềm AMDIS hoàn thiện các thông tin này, dữ liệu scan của cả thiết bị GC/MS của hãng Shimadzu và hãng Agilent đều có thể sử dụng được cho việc xác định định tính hóa chất BVTV. Sự giống nhau khi phần mềm so sánh các mảnh phổ đã chứng minh được việc xác định hóa chất BVTV dựa trên sự giống nhau về các mảnh phổ của từng hóa chất BVTV.

Từ khóa: AMDIS, hóa chất BVTV, thư viện phổ.

Chỉ số phân loại: 1.4

Application of AMDIS program for the construction of mass spectral library for pesticide identification from GC/MS scan data

Summary

This paper presents the construction of a mass spectral library for screening of pesticides. Mass spectra of pesticides with the signal to noise ratio ≥ 75 obtained from GC/MS scan data were then transferred to AMDIS program. After the GC/MS scan data were transferred to AMDIS program, both of Shimadzu and Agilent GC/MS scan data can be used for screening of pesticides. The hit lists of mass spectral searches were demonstrated to comprise pesticides of the highly similar chemical nature.

Keywords: AMDIS, mass spectral library, pesticide.

Classification number: 1.4

Đặt vấn đề

AMDIS (Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System) - chương trình tự động tách và định dạng phổ là một phần mềm tiên tiến cho việc định dạng phổ của GC/MS được phát triển bởi Viện Hàn lâm KH&CN Mỹ (NIST). AMDIS giúp cho công tác phân tích dữ liệu scan của GC/MS, đặc biệt đối với các dữ liệu scan phức tạp, thậm chí với ảnh hưởng mạnh của nền dữ liệu cũng như các pic có trùng thời gian lưu. AMDIS không áp dụng khi GC/MS chạy ở chế độ SIM (selected ion monitoring) nhưng là lựa chọn tối ưu cho chế độ chạy scan dữ liệu. AMDIS tự động trích xuất các phổ khối của các chất trong nền phức tạp của dữ liệu scan của GC/MS và sử dụng các phổ được trích xuất này để tìm kiếm sự tương đồng trong dữ liệu phổ có trong thư viện phổ. AMDIS có thể được sử dụng để xây dựng thư viện phổ và được sử dụng cho công tác tìm kiếm cũng như nghiên cứu phân tích các chất được quan tâm [1].

Sau khi thư viện phổ được xây dựng, trước tiên, AMDIS sẽ phân tích đánh giá dữ liệu của tệp scan của GC/MS để tìm kiếm các cấu tử một cách riêng biệt. Mỗi cấu tử được tìm thấy này, sau đó được so sánh

*Tác giả liên hệ: Email: h4472@yahoo.com

với các dữ liệu đã được xây dựng và ghi nhớ trong thư viện phổ để tìm cấu tử người phân tích quan tâm. Dựa trên giá trị được thiết lập, chỉ số tìm kiếm giống nhau giữa chất phân tích và dữ liệu được ghi trong thư viện sẽ được báo cáo trong trường hợp phần mềm tìm thấy sự tương thích. AMDIS sử dụng thư viện phổ, kết hợp với thời gian lưu để định dạng chất phân tích trong dữ liệu scan. AMDIS cũng có thể được sử dụng để người phân tích xây dựng một thư viện phổ cho riêng mình từ dữ liệu của tệp scan GC/MS.

Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng một thư viện phổ cho hóa chất BVTV để có thể sử dụng cho định dạng dữ liệu tệp scan thu được từ hệ GC/MS của Shimadzu và Agilent - hai hệ thống GC/MS phổ biến nhất tại Việt Nam hiện nay. Thư viện phổ hóa chất BVTV này có thể giúp giảm thời gian xác định hóa chất BVTV từ nền phổ phức tạp thu được từ các tệp dữ liệu scan của GC/MS.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

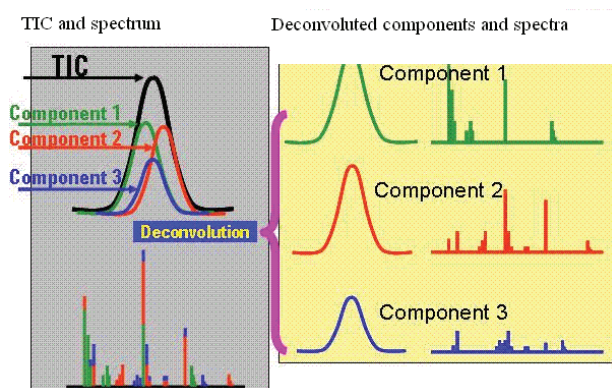
Yêu cầu về phần mềm

Phần mềm AMDIS được tải miễn phí từ trang web của NIST (<http://chemdata.nist.gov/mass-spc/amdis/>) hoặc có thể được sử dụng có sẵn trên hệ GC/MS của Agilent.

Dữ liệu tệp scan của GC/MS thu được từ cả hệ GC/MS của Shimadzu và Agilent.

Quá trình phân lập mảnh phổ

Quá trình phân lập mảnh phổ được biểu diễn khái quát như trong hình 1.



Hình 1: quá trình phân lập mảnh phổ [1]

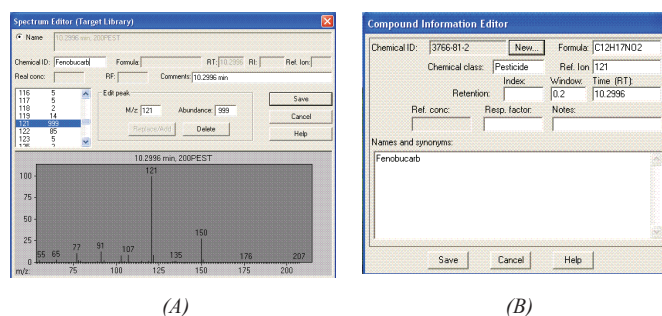
Kết quả và thảo luận

Xây dựng thư viện phổ hóa chất BVTV

Trước tiên, hỗn hợp chuẩn hóa chất BVTV (170

hóa chất BVTV, trong đó 34 hóa chất BVTV không có trong danh sách của các thư viện phổ hiện phổ biến rộng rãi trên thế giới) được phân tích bằng hệ GC/MS ở chế độ scan. Sau khi có được dữ liệu từ tệp scan của GC/MS, tệp dữ liệu này được chạy trên chương trình AMDIS. Dựa trên các dữ liệu phổ thu được từ các chất chuẩn hóa chất BVTV, các dữ liệu của các hóa chất BVTV này được xây dựng. Thư viện phổ hóa chất BVTV được xây dựng lưu trữ thông tin về các hóa chất BVTV cũng như đặc điểm phổ khối của từng chất riêng biệt. Không giống với các thư viện phổ thông dụng khác, thường chỉ có một dữ liệu phổ trên một chất được đưa vào, thư viện phổ được xây dựng riêng biệt này có thể có nhiều hơn một dữ liệu phổ cho một chất phân tích. Mảnh phổ được tìm thấy mà sẽ đại diện cho từng hóa chất BVTV là phổ được phần mềm tìm kiếm và cho kết quả gần đúng nhất đối với mảnh phổ chuẩn được lưu trong thư viện. Việc tìm kiếm dữ liệu trong thư viện phổ được dựa trên cơ sở các mảnh phổ được tìm thấy phải đáp ứng với các tiêu chí đã được thiết lập từ trước như thời gian lưu, cường độ và phần trăm các mảnh phổ phụ tương ứng.

Số lượng các mảnh phổ, thông tin của từng hóa chất BVTV như số CAS, tên của hóa chất BVTV, công thức cấu tạo, các ion phụ và thời gian lưu được ghi/cài/thiết lập trong thư viện phổ thông qua đúng các mảnh phổ và bảng điền thông tin có sẵn trong phần mềm (hình 2-A, B).

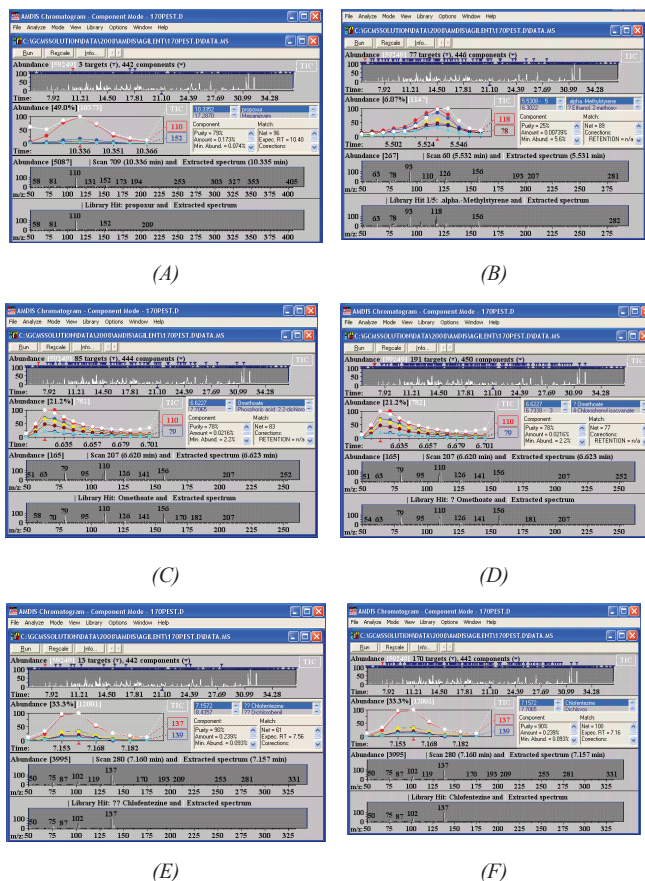


Hình 2: (A) Thiết lập các mảnh phổ cho hóa chất BVTV; (B) Thiết lập các thông tin liên quan tới hóa chất BVTV

So sánh việc xử lý số liệu cho dữ liệu scan GC/MS giữa thư viện phổ mới được thiết lập và các thư viện phổ hiện đang được sử dụng rộng rãi

Các thư viện phổ hiện đang được ứng dụng và sử dụng rộng rãi hiện nay được đưa vào để so sánh với thư viện phổ mà nhóm nghiên cứu tự thiết lập bao gồm: PESTPLUS, NISTEP, NISTFDA, HPRTL và GROBX. Các kết quả của dữ liệu scan của GC/MS

được so sánh thể hiện ở hình 3 A, B, C, D và E. Kết quả tổng hợp các dữ liệu so sánh được thể hiện ở bảng 1.



Hình 3: phân tích đánh giá dữ liệu scan GC/MS của các thư viện (A) PESTPLUS; (B) NISTEPA; (C) NISTFDA; (D) HPRTL; (E) GROBX và (F) thư viện do nhóm nghiên cứu phát triển

Bảng 1: so sánh các dữ liệu phân tích thu được từ các thư viện phổ nghiên cứu

Tên thư viện phổ	Tổng các cấu tử được tìm thấy	Tổng các chất quan tâm được tìm thấy	Số lượng chất tìm thấy phù hợp	% chất tìm thấy đúng
PESTPLUS	442	3	2	1
NISTEPA	446	77	39	23
NISTFDA	444	85	53	31
HPRTL	450	191	127	74
GROBX	442	13	7	4
Do nhóm nghiên cứu phát triển	442	170	170	100

Giả sử rằng 34 hóa chất BVTV mới (chưa có trong các thư viện phổ có sẵn) đều được tìm thấy trong các thư viện được đưa vào thử nghiệm, như vậy, % chất tìm thấy đúng của các thư viện này là 21, 43, 51, 94 và 24% cho thư viện PESTPLUS, NISTEPA, NISTFDA, HPRTL và GROBX. Việc các chất nghiên cứu được tìm thấy ở thư viện phổ do nhóm nghiên cứu phát triển

đạt tỷ lệ cao hơn các thư viện phổ hiện có là do các yếu tố sau: thứ nhất, thư viện phổ được phát triển hoàn toàn cho các hóa chất BVTV, do vậy, các thông tin được cài đặt trong thư viện phổ khiến phần mềm khi chạy sẽ chỉ tìm kiếm thông tin của các hóa chất BVTV này mà không tìm kiếm thông tin của các hóa chất khác có cấu trúc gần giống như vậy; thứ hai, trong khuôn khổ thư viện được phát triển này, nhóm nghiên cứu đã đưa vào thông số thời gian lưu để tăng tính chọn lọc khi phần mềm chạy, với yếu tố thời gian lưu đã làm giảm đáng kể sai số trong trường hợp nhiều chất có cấu trúc và các phân mảnh giống nhau. Kết quả trích xuất trong bảng 1 cũng thể hiện điều này, có thể thấy hầu hết các thư viện đều tìm thấy trên 442 cấu tử, tuy nhiên, số lượng các cấu tử quan tâm được tìm thấy là nhỏ hơn nhiều, dao động từ 3 tới 191 cấu tử. Trong đó, các thư viện PESTPLUS, NISTEPA, NISTFDA và GROBX là các thư viện cho các dữ liệu phù hợp nhỏ (tìm kiếm âm) và thư viện HPRTL cho các dữ liệu phù hợp lớn (tìm kiếm dương). Các dữ liệu tìm kiếm âm có khả năng bỏ sót quá trình tìm kiếm chất quan tâm, còn dữ liệu tìm kiếm dương sẽ khiến việc không có sẽ nhận được kết quả là có. Điều này chứng tỏ rằng, sự cần thiết cho xây dựng/thiết lập thư viện riêng cho hóa chất BVTV là xác đáng đối với công tác phân tích và đánh giá hóa chất BVTV.

Kết luận

Thư viện phổ do nhóm nghiên cứu phát triển và xây dựng dựa trên cơ sở phần mềm AMDIS dùng cho việc phân tích đánh giá nhanh dữ liệu scan GC/MS của cả Shimadzu và Agilent đã được hoàn thiện.

Việc thúc đẩy các kỹ thuật phụ trợ cho việc tối ưu hóa quá trình phân tích sử dụng GC/MS là tiền đề cho nhóm nghiên cứu xây dựng phát triển công việc này. Bên cạnh đó, việc ứng dụng công nghệ này còn thúc đẩy quá trình tự động hóa, giảm thời gian cho các nhà phân tích đối với công tác tìm kiếm và giải phổ. Việc phân tích nhanh bằng kỹ thuật GC/MS với sự trợ giúp của các thư viện phổ sẽ tăng hiệu quả làm việc, tăng năng suất mà không làm giảm tính chính xác của quá trình phân tích. Các nghiên cứu tiếp theo sẽ tập trung vào việc ứng dụng thư viện phổ tự thiết lập cùng với các kỹ thuật chuẩn bị mẫu khác nhau cho phân tích nhanh trên thiết bị GC/MS.

Tài liệu tham khảo

[1] <http://www.amdis.net>

Nghiên cứu ứng dụng tin sinh học xác định biến dị di truyền trên bệnh nhân bệnh bạch cầu dòng tủy mạn tính

Hoàng Quốc Huy¹, Trịnh Thị Xuân², Phạm Quang Huy¹, Nguyễn Văn Lâm¹, Trần Công Hoàng³, Vũ Thị Bích Hương³, Lê Quang Tường³, Hoàng Thị Hồng³, Bạch Quốc Khánh³, Nguyễn Anh Trí³, Dương Quốc Chính³, Nguyễn Cường^{1*}

¹Phòng Tin sinh học, Viện Công nghệ sinh học, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

²Khoa Công nghệ thông tin, Viện Đại học mở Hà Nội

³Khoa Di truyền và Sinh học phân tử, Viện Huyết học - Truyền máu Trung ương

Ngày nhận bài 16/1/2017, ngày chuyển phản biện 20/1/2017, ngày nhận phản biện 9/2/2017, ngày chấp nhận đăng 23/2/2017

Bệnh bạch cầu dòng tủy mạn tính (chronic myeloid leukemia - CML) là một bệnh ác tính hệ tạo máu thuộc nhóm hội chứng tăng sinh tủy mạn ác tính, đặc trưng bởi sự tăng sinh các tế bào dòng bạch cầu hạt biệt hóa. Hiện nay Việt Nam đã có thuốc để điều trị bệnh CML nhưng do xuất hiện các biến dị di truyền trong hệ gen làm tăng khả năng kháng thuốc của bệnh nhân. Vì vậy, việc xác định các biến dị có vai trò quan trọng trong điều trị bệnh. Nghiên cứu đã tiến hành tách chiết RNA trên tổ hợp gen BCR/ABL1 gây nên bệnh CML trên 10 mẫu tủy từ các bệnh nhân CML khác nhau tại Viện Huyết học - Truyền máu Trung ương, sau đó giải trình tự bằng máy giải trình tự thế hệ mới Illumina MiSeq, đánh giá và tiền xử lý dữ liệu, ánh xạ trình tự vào hệ gen tham chiếu và xác định các biến dị trên từng bệnh nhân. Kết quả cho thấy, trên 10 mẫu giải trình tự của các bệnh nhân khác nhau thu được tổng số 18 biến dị, trong đó có 2 biến dị xuất hiện trên 8 bệnh nhân ở vị trí 133747603, 133747604 và 3 biến dị xuất hiện trên 6 bệnh nhân ở vị trí 133755142, 133755143, 133755146; đặc biệt có 4 biến dị ở vị trí 133738357, 133748391, 133738356, 133759413 đã được chú giải trên dbSNP của NCBI (National Center for Biological Information), trong đó đáng chú ý có 2 biến dị ở vị trí 133738357 (rs121913461) và 133748391 (rs121913457) gây kháng thuốc Imatinib. Những kết quả này có ý nghĩa quan trọng đối với các nghiên cứu tiếp theo liên quan đến vai trò của các biến dị với đột biến kháng thuốc.

Từ khóa: biến dị di truyền, CML, giải trình tự thế hệ mới.

Chỉ số phân loại: 1.6

Đặt vấn đề

CML là một loại bệnh ung thư máu thuộc nhóm tăng sinh tủy mạn ác tính, đặc trưng bởi sự tăng nhanh của các tế bào dòng bạch cầu hạt biệt hóa, hệ quả là số lượng bạch cầu tăng cao ở máu ngoại vi với đủ các giai đoạn của dòng bạch cầu hạt. Chuyển đoạn nhiễm sắc thể (NST) số 9 và 22 dẫn đến việc proto-oncogene ABL1 trên (NST số 9) gắn với gen BCR trên (NST số 22) tạo thành tổ hợp gen BCR/ABL1 (gọi là NST Philadelphia, viết tắt là Ph) gặp ở trên 90% bệnh nhân CML. Đây cũng là khâu quan trọng nhất của cơ chế bệnh sinh của CML và cũng là cơ sở để tìm ra thuốc điều trị nhắm đích cho bệnh nhân CML. Điều trị nhắm đích cho bệnh nhân CML có chuyển đoạn gen BCR/ABL1 bằng các thuốc ức chế hoạt tính tyrosin kinase là lựa chọn điều trị hàng đầu hiện nay. Mục tiêu điều trị là đạt được và duy trì tình trạng lui bệnh mức độ phân tử. Thuốc ức chế hoạt tính tyrosin kinase thế hệ thứ 1

là Imatinib (biệt dược là Glivec) là lựa chọn điều trị hàng đầu hiện nay. Tuy nhiên thực tế điều trị cho thấy không phải mọi bệnh nhân CML đều đáp ứng tốt với Imatinib. Nhiều nghiên cứu lâm sàng cho thấy, ở giai đoạn mạn tính có khoảng 33% bệnh nhân kháng thuốc (ở mức độ tế bào và di truyền) và tăng lên ở nhóm bệnh nhân trong giai đoạn tăng tốc [1, 2]. Kháng Imatinib thứ phát là do sự xuất hiện các đột biến thứ phát ở tổ hợp gen BCR/ABL1 dẫn đến giảm khả năng gắn và ức chế tyrosine kinase của protein BCR/ABL1. Vì vậy việc xác định các biến dị di truyền có vai trò quan trọng trong điều trị bệnh.

Ngày nay, các công ty thương mại đã cho ra đời các thế hệ máy đọc trình tự dựa trên nhiều công nghệ mới (Next Generation Sequencing - NGS). Các kỹ thuật đọc trình tự gen đã trở nên đơn giản và nhanh hơn nhờ sự ứng dụng huỳnh quang phân tích tự động [3, 4]. Các công nghệ đọc trình tự thế hệ mới luôn hướng tới mục

*Tác giả liên hệ: Email: cuongnguyen@ibt.ac.vn

Application of bioinformatics for identification of genetical variants in chronic myeloid leukemia patients

Summary

Chronic myeloid leukemia (CML) is a malignant disease of hematopoietic systems, belongs to the proliferative marrow syndrome group, and is characterized by the proliferation of differentiated granulocytes of cell lines. Nowadays, Vietnam has some drugs for treatment of CML, but the appearance of genetic variants is likely to increase the drug resistance of patients. Therefore, the identification of variants plays an important role in CML treatment. In this study, the authors extracted RNA on BCR/ABL1 gene, which causes CML disease, from marrow samples of ten CML patients at National Institute of Hematology and Blood Transfusion (NIHBT). After that, RNA samples of each patient was sequenced by using Illumina MiSeq sequencing technology, then they carried out preprocessing data, aligned high quality sequences to the reference genome, and identified variants of the patient. The results showed that there were 18 variants detected from ten CML patients, including 2 variants at loci 133747603, 133747604 found on 8 patients; 3 variants at loci 133755142, 133755143, 133755146 found on 6 patients. Among them, four variants 133738357, 133748391, 133738356, 133759413 were annotated on dbSNP database of NCBI (National Center for Biotechnology Information); remarkably, 2 variants at loci 133738357 (rs121913461) and 133748391 (rs121913457) were reported to be resistant to Imatinib drug in CML patients. The results in this study will provide valuable information for further studies into the roles of the variants with drug resistance.

Keywords: CML, genetical variants, next generation sequencing.

Classification number: 1.6

tiêu làm tăng dung lượng (throughput), giảm thời gian và giá thành [5]. Chính đặc điểm quan trọng này giúp cho NGS trở thành một công cụ không thể thiếu trong các nghiên cứu hệ gen để tìm ra các biến dị di truyền, từ đó tìm được ảnh hưởng của các biến dị tác động đến bệnh lý như thế nào. Tuy nhiên, do công nghệ NGS có thông lượng lớn có thể lên tới vài tỷ basepair, nên việc nghiên cứu ứng dụng các công cụ tin sinh học để phân tích dữ liệu NGS là cần thiết. Vì vậy, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu xây dựng phương pháp xác định biến dị di truyền bằng công cụ tin sinh học đối với dữ liệu thông lượng cao của thiết bị NGS, từ đó có thể làm sáng tỏ đột biến gây kháng thuốc điều trị ở bệnh nhân CML.

Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

Dữ liệu nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là dữ liệu giải trình tự RNA tổng số được tách chiết từ tủy xương của 10 bệnh nhân CML khác nhau do Khoa Di truyền và Sinh học phân tử (Viện Huyết học - Truyền máu Trung ương) thực hiện. Dữ liệu trình tự RNA được gọi là các “trình tự đọc” (read) sau đó sẽ được giải trình tự theo phương pháp paired-end bằng máy giải trình tự thế hệ mới Illumina MiSeq® (Illumina, San Diego, CA, USA).

Phương pháp nghiên cứu

Quy trình nghiên cứu được thực hiện theo các bước sau: đánh giá và tiền xử lý dữ liệu; ánh xạ trình tự (reads) vào hệ gen tham chiếu; xác định các biến dị sau khi ánh xạ.

Đánh giá và tiền xử lý dữ liệu: dữ liệu trình tự thô thu được từ thiết bị đọc trình tự thế hệ mới sẽ được đánh giá chất lượng với phần mềm FastQC (<http://www.bioinformatics.babraham.ac.uk/projects/fastqc/>) và được tiến hành tiền xử lý bằng cách cắt 15 base đầu của tất cả các trình tự nhằm loại bỏ các adapter, sau đó tiến hành tinh sạch các trình tự có độ dài ngắn (nhỏ hơn 36 bp), chất lượng thấp (QC < 30) bằng phần mềm Trimmomatic [6].

Ánh xạ trình tự vào hệ gen tham chiếu và đánh giá chất lượng ánh xạ: các trình tự sau khi tiền xử lý chất lượng sẽ được ánh xạ với hệ gen tham chiếu bằng phần mềm STAR [7], ưu điểm của STAR là độ nhạy cao

cho các SNP và INDEL với việc phát hiện khoảng nối giữa các exon và intron gọi là splice junctions. Hệ gen tham chiếu được sử dụng là của NST số 9 (chr9. fa) trên người (*Homo sapiens*) có mã số hg19 (ftp://ussdftp.illumina.com/Homo_sapiens/UCSC/hg19/). Ảnh xạ được thêm hoặc thay thế (Add or Replace Read Groups) nhằm gộp tất cả các read trong một lần chạy của máy giải trình tự vào một nhóm (ReadGroups), đặc trưng cho dữ liệu RNAseq. Việc “đánh dấu trùng lặp” (Mark Duplicated) để loại bỏ các read được ánh xạ ở cùng một vị trí trên hệ gen tham khảo gây nhiễu kết quả trong việc xác định các biến dị. Cuối cùng, tiến hành “sắp xếp” (Sorted) các read theo vị trí trên hệ gen. Toàn bộ 3 bước phân tích ánh xạ nêu trên được thực hiện bằng phần mềm Picard (<https://broadinstitute.github.io/picard/command-line-overview.html>). Bước tiếp theo, các trình tự được ánh xạ sẽ được chia tách thành các đoạn N-cigar (các đoạn intron giữa các exon) bằng phần mềm SplitNCigarReads trong bộ công cụ GATK (Genome Analysis Toolkit) [8]. Sau đó, tiến hành đánh giá chất lượng ánh xạ trình tự bằng phần mềm Qualimap [9].

Xác định và chọn lọc các biến dị: các biến dị được xác định và chọn lọc bằng bộ công cụ GATK. Việc xác định các biến dị bằng gói script Haplotypecaller có sẵn trong GATK sẽ giúp tối ưu việc tìm ra các đoạn N-cigar và các base ánh xạ không chính xác (soft-clipped bases), nhằm nâng cao chất lượng biến dị được tìm thấy. Cuối cùng, nhóm nghiên cứu tiến hành sàng lọc các biến dị bằng gói phần mềm SelectVariant tích hợp sẵn trong bộ công cụ GATK, với tham số lần lượt là: độ sâu các trình tự ánh xạ vào hệ gen tham chiếu ($DP > 15$) và điểm chất lượng ánh xạ ($QUAL > 30$).

Kết quả và thảo luận

Đánh giá và tiền xử lý dữ liệu

Sử dụng thiết bị đọc trình tự thế hệ mới Illumina MiSeq, đồng thời tiến hành tiền xử lý dữ liệu thô bằng phần mềm Trimmomatic nhằm loại bỏ những đoạn trình tự ngắn, chất lượng thấp thu được từ việc giải trình tự 10 mẫu bệnh nhân CML khác nhau. Số lượng đoạn trình tự tinh sạch được giữ lại chiếm khoảng 80% tổng số dữ liệu thô cho thấy việc đọc trình tự cho chất lượng tốt, phù hợp cho việc ánh xạ trình tự vào hệ gen tham chiếu (bảng 1).

Bảng 1: thống kê số lượng trình tự đọc trước và sau tinh sạch của 10 mẫu bệnh nhân

Mã bệnh nhân	Kiểu dữ liệu	Số lượng đoạn trình tự (% tinh sạch)	Độ dài (bp)	%GC
51452	Dữ liệu thô	2.332.542	32-151	55
	Dữ liệu tinh sạch	1.816.884 (77,9%)	36-136	55
51559	Dữ liệu thô	1.301.958	32-151	55
	Dữ liệu tinh sạch	1.093.532 (84%)	36-136	54
52492	Dữ liệu thô	1.044.932	32-151	55
	Dữ liệu tinh sạch	802.384 (76,8%)	36-136	55
52548	Dữ liệu thô	1.924.288	32-151	55
	Dữ liệu tinh sạch	1.565.196 (81,3%)	36-136	55
52550	Dữ liệu thô	62.944	32-151	55
	Dữ liệu tinh sạch	49.120 (78%)	36-136	54
52558	Dữ liệu thô	83.128	32-151	55
	Dữ liệu tinh sạch	74.028 (89%)	36-136	54
52592	Dữ liệu thô	1.083.088	32-151	55
	Dữ liệu tinh sạch	913.416 (84,3%)	36-136	54
52598	Dữ liệu thô	81.674	32-151	55
	Dữ liệu tinh sạch	72.872 (89,2%)	36-136	54
52660	Dữ liệu thô	1.950.530	32-151	55
	Dữ liệu tinh sạch	1.503.496 (77%)	36-136	55
52700	Dữ liệu thô	82.086	32-151	54
	Dữ liệu tinh sạch	67.666 (82,4%)	36-136	54

Ánh xạ các trình tự vào hệ gen tham chiếu

Sau khi ánh xạ các trình tự vào hệ gen tham chiếu, tiến hành kiểm tra chất lượng ánh xạ thông qua phần mềm Qualimap, tỷ lệ ánh xạ vào hệ gen tham chiếu chiếm trung bình 99% cho thấy chất lượng ánh xạ rất cao (bảng 2).

Bảng 2: đánh giá chất lượng ánh xạ vào hệ gen tham chiếu trên 10 mẫu bệnh nhân

Mã bệnh nhân (SID)	Số lượng trình tự	Số lượng trình tự được ánh xạ	Tỷ lệ ánh xạ (%)
51452	549.759	545.909	99,30
51559	399.923	397.939	99,50
52492	232.319	229.952	98,98
52548	522.917	519.994	99,44
52550	22.084	21.926	99,28
52558	33.788	33.772	99,95
52592	287.302	285.407	99,34
52598	33.708	33.692	99,95
52660	519.468	514.590	99,06
52700	30.278	30.167	99,63

Xác định và chọn lọc biến dị

Việc xác định và chọn lọc các biến dị được tiến hành bằng cách sử dụng 2 phần mềm Haplotypecaller và SelectVariant trong bộ công cụ GATK để chọn ra các biến dị với chất lượng ánh xạ lớn hơn 30 (QUAL)

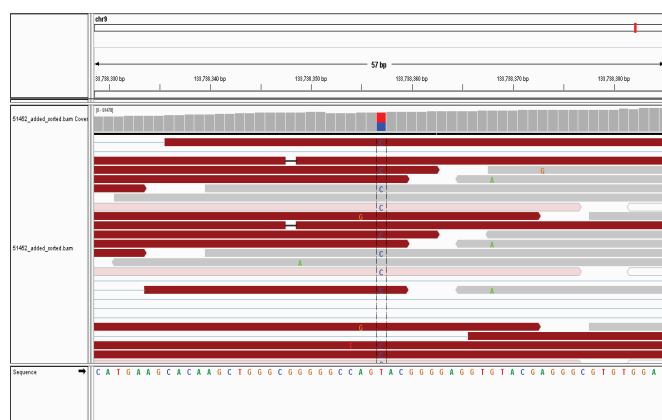
và độ sâu ánh xạ lớn hơn 15 (DP). Sau đó, đối chiếu trên cơ sở dữ liệu dbSNP của NCBI thu được kết quả như bảng 3.

Bảng 3: danh sách các biến dị trên 10 mẫu bệnh nhân

Mã bệnh nhân (SID)	Vị trí biến dị (POS)	Nucleotide trên hệ tham chiếu (REF)	Nucleotide ánh xạ (ALT)	Chất lượng ánh xạ (QUAL)	Độ sâu ánh xạ (DP)	dbSNP	
						Mã SNP	Mã bệnh nhân (SID)
51452	133738357	T	C	63738.77	4563	rs121913461	Kháng Imatinib
	133747603	G	GTCTGC,GC	11185.73	1133		
	133747604	AGTAAG	A	12292.73	1123		
	133755142	G	T	601.77	83		
	133755143	A	G	601.77	83		
	133755146	T	A	601.77	83		
51559	133895596	G	T	287.78	18		
	133747603	G	GC	7843.73	1027		
	133747604	AGTAAG	A	8000.73	1024		
	133748391	T	C	83930.77	5936	rs121913457	Kháng Imatinib
	133755142	G	T	241.84	53		
	133755143	A	G	241.84	53		
52492	133755146	T	A	241.84	53		
	133747513	C	A	599.77	117		
	133747603	G	GC	7948.73	976		
	133747604	AGTAAG	A	8358.73	971		
52548	133895596	G	T	243.78	20		
	133738357	T	C	107716.8	4380		
	133747603	G	GC	8246.73	1022		
	133747604	AGTAAG	A	8750.73	1020		
	133755142	G	T	466.77	35		
	133755143	A	G	466.77	35		
	133755146	T	A	469.77	35		
	133755354	T	C	46.77	43		
52550	133755360	T	C	46.77	43		
	133755987	T	C	99.77	19		
	133755988	G	C	99.77	19		
52558	133747603	G	GC	1658.73	223		
	133747604	AGTAAG	A	1674.06	222		
52592	133738356	G	C	48022.77	2094	rs121913458	
	133747603	G	GTCTGC,GC	10706.73	1069		
	133747604	AGTAAG	A	11477.73	1060		
	133755142	G	T	235.77	50		
	133755143	A	G	235.77	50		
	133755146	T	A	238.77	50		
	133828908	T	C	779.77	18		
	133828916	T	G	779.77	18		
52598	133828920	C	T	779.77	18		
	133747603	G	GC	1749.73	289		
52660	133747604	AGTAAG	A	1858.73	289		
	133747513	C	A	747.77	271		
	133747603	G	GC	5253.73	935		
	133747604	AGTAAG	A	5489.73	927		
	133755142	G	T	372.03	75		
	133755143	A	G	372.03	75		
	133755146	T	A	372.03	75		
	133759413	C	T	106.77	18	rs587778013	
52700	133828908	T	C	824.77	19		
	133828916	T	G	781.77	18		
	133828920	C	T	781.77	17		
52700	133755142	G	T	152.03	19		
	133755143	A	G	152.03	19		
	133755146	T	A	152.03	19		

Kết quả thu được, có 5 biến dị lặp lại với tần số cao ở các vị trí 133747603, 133747604, 133755142, 133755143, 133755146 có điểm chất lượng (QUAL) và độ sâu ánh xạ (DP) cao. Đặc biệt, khi đối chiếu trên cơ sở dữ liệu dbSNP, có 4 biến dị đã được chú giải ở các vị trí 133738357 (với mã rs là rs121913461), 133748391 (rs121913457), 133738356 (rs121913458) và 133759413 (rs587778013). Trong đó có 2 vị trí 133738357 (rs121913461) và 133748391 (rs121913457) là các đột biến gây hiệu ứng kháng thuốc Imatinib. Các biến dị còn lại có độ tin cậy chưa cao do QUAL và DP đều thấp.

Từ kết quả biến dị, phần mềm IGV được sử dụng để quan sát ánh xạ vào hệ gen tham chiếu với các biến dị tìm được (hình 1).



Hình 1: minh họa kết quả ánh xạ trình tự và xác định biến dị với dữ liệu NGS ở mẫu bệnh nhân mang mã số 51452 tại vị trí 133738357 có tham chiếu T, trình tự ánh xạ C

Kết luận

Nghiên cứu đã xây dựng thành công phương pháp xác định các biến dị và ứng dụng trên 10 mẫu bệnh nhân với kết quả thu được 18 biến dị, trong đó có 5 biến dị lặp lại với tần số cao ở các vị trí 133747603, 133747604, 133755142, 133755143, 133755146; 4 biến dị được ghi nhận trên cơ sở dữ liệu dbSNP với mã ID lần lượt là rs121913461, rs121913457, rs121913458, rs587778013. Đặc biệt, 2 biến dị có ý nghĩa lâm sàng gây kháng thuốc (vị trí 133738357 với mã rs121913461 và 133748391 với mã rs121913457). Đây là những kết quả ban đầu giúp chúng ta tìm ra phương pháp xác định các biến dị di truyền bằng công cụ tin sinh học, từ đó cung cấp những kiến thức cơ sở để tìm ra các ảnh hưởng của các biến dị đó trên bệnh nhân trong các nghiên cứu tiếp theo.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài thuộc các hướng KH&CN ưu tiên cấp Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam, mã số VAST02.05/15-16. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

[1] S. Branford, Z. Rudzki, S. Walsh, I. Parkinson, A. Grigg, J. Szer, K. Taylor, R. Herrmann, J.F. Seymour, C. Arthur, D. Joske, K. Lynch, T. Hughes (2003), "Detection of BCR-ABL mutations in patients with CML treated with imatinib is virtually always accompanied by clinical resistance, and mutations in the ATP phosphate-binding loop (P-loop) are associated with a poor prognosis", *Blood*, **102**(1), pp.276-283.

[2] S. Soverini, A. Hochhaus, F.E. Nicolini, F. Gruber, T. Lange, G. Saglio, F. Pane, M.C. Müller, T. Ernst, G. Rosti, K. Porkka, M. Baccarani, N.C.P Cross and G. Martinelli (2011), "BCR-ABL kinase domain mutation analysis in chronic myeloid leukemia patients treated with tyrosine kinase inhibitors: recommendations from an expert panel on behalf of European LeukemiaNet", *Blood*, **118**(5), pp.1208-1215.

[3] O. Olsvik, J. Wahlberg, B. Petterson, M. Uhlén, T. Popovic, I.K. Wachsmuth and P.I. Fields (1993), "Use of automated sequencing of polymerase chain reaction-generated amplicons to identify three

types of cholera toxin subunit B in *Vibrio cholerae* O1 strains", *Journal of Clinical Microbiology*, **31**(1), pp.22-25.

[4] E. Pettersson, J. Lundeberg, and A. Ahmadian (2009), "Generations of sequencing technologies", *Genomics*, **93**(2), pp.105-111.

[5] E.E. Schadt, S. Turner and A. Kasarskis (2010), "A window into third-generation sequencing", *Human Molecular Genetics*, **19**(R2), pp.R227-R240.

[6] A. Gurevich, V. Saveliev, N. Vyahhi, and G. Tesler (2013), "QUAST: quality assessment tool for genome assemblies", *Bioinformatics*, **29**(8), pp.1072-1075.

[7] A. Dobin, C.A. Davis, F. Schlesinger, J. Drenkow, C. Zaleski, S. Jha, P. Batut, M. Chaisson and T.R. Gingeras (2013), "STAR: ultrafast universal RNA-seq aligner", *Bioinformatics*, **29**(1), pp.15-21.

[8] A. McKenna, M. Hanna, E. Banks, A. Sivachenko, K. Cibulskis, A. Kernytsky, K. Garimella, D. Altshuler, S. Gabriel, M. Daly, and M.A. DePristo (2010), "The Genome Analysis Toolkit: A MapReduce framework for analyzing next-generation DNA sequencing data", *Genome Research*, **20**(9), pp.1297-1303.

[9] F. García-Alcalde, K. Okonechnikov, J. Carbonell, L.M. Cruz, S. Götz, S. Tarazona, J. Dopazo, T.F. Meyer, and A. Conesa (2012), "Qualimap: evaluating next-generation sequencing alignment data", *Bioinformatics*, **28**(20), pp.2678-2679.

Đánh giá kỹ năng mô phỏng một số đặc trưng gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam bằng mô hình CFS/RSM

Nguyễn Đăng Mậu*, Nguyễn Văn Thắng, Mai Văn Khiêm,

Hà Trường Minh, Lưu Nhật Linh

Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài 1/12/2016, ngày chuyển phản biện 5/12/2016, ngày nhận phản biện 20/12/2016, ngày chấp nhận đăng 31/12/2016

Trong bài báo này, mô hình khí hậu khu vực (RSM - Regional Spectral Model) được thiết lập chạy mô phỏng thời kỳ 12/1985-12/1995 với số liệu điều kiện biên và điều kiện ban đầu từ bộ số liệu R2 (độ phân giải 2,5x2,5 độ kinh vĩ) của Trung tâm Dự báo môi trường quốc gia Hoa Kỳ (NCEP) nhằm đánh giá kỹ năng mô phỏng một số đặc trưng cơ bản của gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy, RSM có khả năng thể hiện hoàn lưu gió các mực. Tuy nhiên, sai số mô phỏng là khá rõ ràng, lớn nhất ở mực 500 hPa. Đối với mực 850 hPa và 200 hPa, mô hình có sai số mô phỏng hoàn lưu khá rõ ràng vào các tháng đầu và cuối mùa gió mùa mùa hè. RSM có thiên hướng mô phỏng cường độ gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam yếu hơn so với thực tế. Pentad bắt đầu đến muộn hơn và pentad kết thúc đến sớm hơn thực tế trong các mô phỏng, dẫn đến mùa gió mùa mùa hè ngắn hơn. Lượng mưa trong các tháng mùa hè mô phỏng bằng RSM phổ biến thấp hơn quan trắc tại các trạm từ 30 đến 80 mm/tháng. Tuy nhiên, mô hình RSM thể hiện khá tốt xu thế biến động cường độ gió mùa, pentad bắt đầu, pentad kết thúc và hệ quả mưa gió mùa mùa hè.

Từ khóa: lượng mưa, pentad bắt đầu, pentad kết thúc, trường gió mực 850 hPa, trường gió mực 500 hPa, trường gió mực 200 hPa.

Chỉ số phân loại: 1.7

Giới thiệu

Trong những năm qua, bài toán mô phỏng và dự báo hoạt động của gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam đã được một số tác giả quan tâm. Các nghiên cứu đã được thực hiện bao gồm nghiên cứu mô phỏng hình thể hoàn lưu và mưa vào đầu mùa gió mùa mùa hè bằng mô hình RAM trong một số năm ENSO điển hình [1, 2]; nghiên cứu xây dựng chỉ số gió mùa phục vụ xác định ngày bắt đầu gió mùa mùa hè ở Tây Nguyên [3], Nam Bộ [1, 4] hay đại diện cho Việt Nam [5]. Kèm theo đó, các tác giả cũng đưa ra các chỉ tiêu xác định ngày bắt đầu và kết thúc gió mùa mùa hè. Nguyễn Minh Trường và cs (2012) cho rằng, chỉ tiêu gió vĩ hướng mực 850 hPa là phù hợp hơn cả để xác định thời điểm bắt đầu gió mùa mùa hè, pentad bắt đầu gió mùa mùa hè ở Nam Bộ là pentad đầu tiên trong 2 pentad liên tiếp có U850 hPa khu vực Nam Bộ đạt giá trị dương. Theo Nguyễn Đăng Mậu và cs (2016), pentad bắt đầu gió mùa mùa hè ở Việt Nam là pentad đầu tiên trong 2 pentad liên tiếp với U850 hPa trung bình ở khu vực chỉ số gió mùa VSMI [5] đạt giá trị dương; và ngược lại với pentad kết thúc. B. Wang và cs (2004) cho rằng, bắt đầu gió

mùa mùa hè ở Biển Đông là pentad đầu tiên trong 2 pentad liên tiếp có U850 hPa bảo đảm cho chỉ số gió mùa SCSI đạt giá trị dương; và ngược lại với pentad kết thúc [6].

Trong nỗ lực nghiên cứu ứng dụng và cải tiến mô hình động lực trong dự báo khí hậu ở Việt Nam, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu đã được NCEP chuyển giao hệ thống mô hình khí hậu khu vực RSM (Regional Spectral Model). Hiện nay, hệ thống mô hình RSM đang được cài đặt và vận hành chạy mô phỏng và dự báo khí hậu cho khu vực Việt Nam. Trong khuôn khổ nghiên cứu này, chúng tôi trình bày kết quả thử nghiệm mô phỏng một số đặc trưng gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam dựa trên kết quả của mô hình RSM.

Số liệu và phương pháp

Số liệu

Trong nghiên cứu này, các bộ số liệu chính được sử dụng bao gồm:

- Bộ số liệu R2 (NCEP/DOE Reanalysis-2) thời kỳ

*Tác giả liên hệ: mau.imhen@gmail.com

Assessment on CFS/RSM's simulation in Vietnam summer monsoon characteristics

Summary

In this study, RSM (Regional Spectral Model) was designed for the 12/1985-12/1995 simulation of Vietnam summer monsoon characteristics based on the initial and boundary conditions driven by R2 (NCEP/DOE Reanalysis-2; by global 2.5deg). The assessment results showed that, RSM can display the basical wind circulations in different atmospheric layers (850 hPa, 500 hPa, 200 hPa) during the summer monsoon in Vietnam. However, the simulation error was quite clear in the circulations of various layers of the atmosphere, and the clearest error was found in the 500 hPa layer. In the 850 hPa and 200 hPa layers, the clearer errors were found during the first month and last month of the summer monsoon season. Normally, the RSM model showed the weaker intensity of summer monsoon than CFSR. In addition, the RSM model showed the pentad started later and ended sooner in the summer monsoon; therefore, the duration of summer monsoon was shorter than the real observation. In term of the summer rainfall characteristics, the RSM model showed the 30-80 mm/month lower total rainfall than the stations' observation over Vietnam. Nevertheless, the RSM model showed quite well the intraseasonal and interannual variabilities of the monsoon intensity, pentad of onset and withdraw, and summer monsoon rainfall.

Keywords: onset pentad, rainfall, withdraw pentad, 850 hPa winds, 500 hPa winds, 200 hPa winds.

Classification number: 1.7

12/1985-12/1995, độ phân giải ngang là 2,5x2,5 độ kinh vĩ được sử dụng làm đầu vào cho mô hình RSM.

- Bộ số liệu tái phân tích CFSR (Climate Forecast System Reanalysis) thời kỳ 1986-1995, độ phân giải ngang là 0,5x0,5 độ kinh vĩ được sử dụng trong đánh giá kỹ năng mô phỏng một số đặc trưng về hoàn lưu gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam.

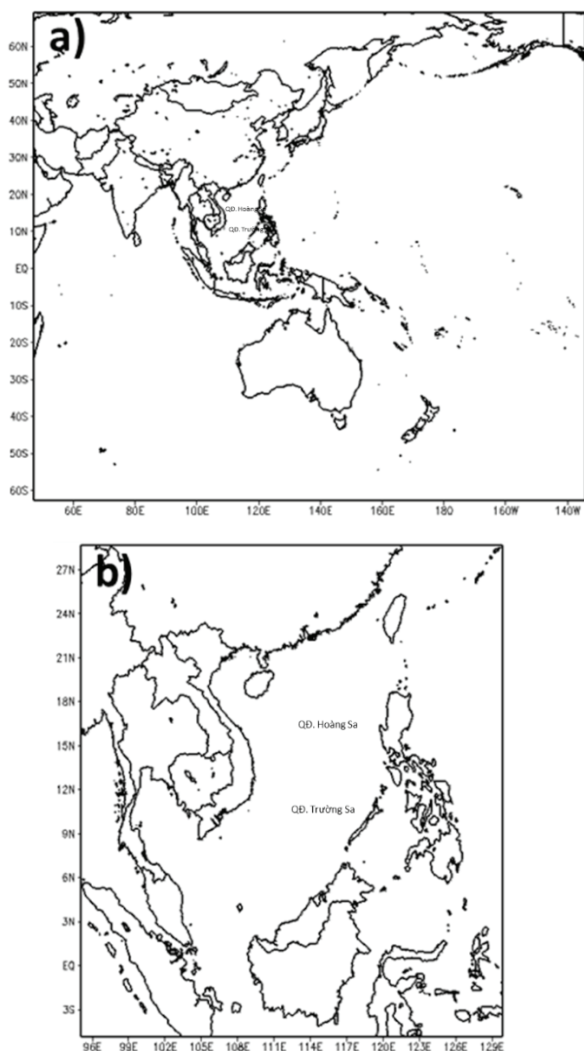
- Bộ số liệu quan trắc lượng mưa ngày tại 150 trạm trên lãnh thổ Việt Nam thời kỳ 1986-1995 của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu [7] được sử dụng trong đánh giá kỹ năng mô phỏng lượng mưa mùa hè của mô hình RSM.

Thiết kế thí nghiệm

Thiết kế miền tính mô hình RSM được thực hiện như trên hình 1. Đầu tiên, số liệu R2 ở độ phân giải ngang 2,5x2,5 độ kinh vĩ được chạy bằng mô hình RSM về miền lớn (hình 1a) với độ phân giải ngang 100x100 km. Sau đó, kết quả chạy mô hình RSM ở độ phân giải 100x100 km ở miền lớn sẽ được làm đầu vào cho mô hình RSM chạy với độ phân giải 26x26 km ở miền nhỏ (hình 1b). Các thông số chạy mô hình theo miền tính nhỏ được thiết lập như sau:

- Số ô lưới: 144x144;
- Độ phân giải ngang: 26x26 km;
- Mức thẳng đứng: 42 mực;
- Bước thời gian tích phân: 45 giây;
- Giới hạn miền tính: 5°S-30°N; 95°E-130°E;
- Sơ đồ tham số hóa vật lý: sơ đồ SAS (Pan và Wu 1994, Grell, 1993).

Phương pháp đánh giá mô phỏng chủ yếu dựa trên phương pháp phân tích hình thể synop. Các chỉ số thống kê chính được sử dụng: (1) Sai số ME, phục vụ đánh giá sai số về giá trị; (2) Hệ số tương quan, phục vụ đánh giá khả năng mô phỏng xu thế biến động so với thực tế.



Hình 1: thiết kế miền tính mô hình RSM trong thí nghiệm mô phỏng đặc trưng gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam: miền lớn (a), miền nhỏ (b)

Kết quả và nhận xét

Trước tiên, chúng tôi tập trung vào phân tích đánh giá khả năng mô phỏng hoàn lưu của gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam bằng mô hình RSM trên các mực cơ bản: 850 hPa, 500 hPa và 200 hPa (hình 2 - hình 4), sau đó nhận định về thời gian bắt đầu, thời gian kết thúc mùa gió mùa mùa hè và cuối cùng là nhận xét sơ bộ về hệ quả mưa của gió mùa này.

Trường gió mực 850 hPa

Hình 2a-d và hình 2e-h lần lượt trình bày kết quả tính toán trường gió mực 850 hPa trong các tháng mùa hè từ số liệu CFSR và mô phỏng của mô hình RSM. Kết quả cho thấy, RSM đã phần nào thể hiện được hình thể cơ bản của trường hoàn lưu gió mực 850 hPa so với CFSR trong khoảng thời gian từ đầu đến chính hè. Tuy nhiên đến cuối hè (tháng 9), mô hình RSM không thể

hiện được hình thể đới gió đông bắc mực 850 hPa do tác động của sự mở rộng về phía Nam của áp cao cận nhiệt tây Thái Bình Dương.

Trong tháng 6, có thể nhận thấy, đới gió tây trong mô phỏng tháng 6 yếu hơn rất nhiều so với CFSR ở khu vực phía Nam (Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Nam Bộ và nam Biển Đông), rãnh gió mùa không được mô phỏng rõ ràng (hình 2e). Trên khu vực bắc Biển Đông, đới gió tây trong mô phỏng phát triển mạnh mẽ hơn so với CFSR. Đến tháng 7, đới gió tây được mô phỏng phát triển mạnh mẽ hơn so với tháng 6, với rãnh gió mùa mở rộng đến khoảng giữa Biển Đông. Tuy nhiên, hoạt động của rãnh gió mùa trong mô phỏng là yếu hơn rất nhiều so với CFSR với đới gió tây phát triển rất yếu so với CFSR ở phía Nam. Trên khu vực phía Bắc, hình thể phổ biến vẫn là đới gió tây phát triển mạnh hơn so với CFSR (hình 2b và hình 2f). Đến tháng 8, đới gió tây được mô phỏng phát triển trên một khu vực rộng lớn (hầu hết miền phân tích tính từ trên 6°N). Tuy nhiên, theo số liệu CFSR, đới gió tây nhiệt đới chỉ phát triển mạnh mẽ trong khoảng từ 6°N đến 18°N (hình 2c và hình 2g). Đến tháng 9, mô phỏng bằng mô hình RSM cho thấy, đới gió tây hoạt động mạnh mẽ ở phía Nam (dưới 10°N), phù hợp với số liệu CFSR. Tuy nhiên, ở phía Bắc (trên 10°N), mô hình RSM không thể hiện được ưu thế của đới gió đông bắc do sự mở rộng về phía Nam của sống áp cao cận nhiệt tây Thái Bình Dương (hình 2d và hình 2h).

Các kết quả phân tích trên cho thấy, RSM thể hiện được hình thể cơ bản của hoàn lưu gió mực 850 hPa trong thời kỳ đầu đến chính hè nhưng không mô phỏng được sự phát triển yếu của rãnh gió mùa với đới gió tây yếu ở phía Nam và mạnh ở phía Bắc. Đến cuối hè, RSM chỉ thể hiện được sự phát triển của đới gió tây ở phía Nam (khoảng 6°N đến 10°N) nhưng không thể hiện được sự phát triển của đới gió đông bắc do tác động của sự mở rộng về phía nam của áp cao tây Thái Bình Dương.

Trường gió mực 500 hPa

Kết quả mô phỏng bằng mô hình RSM (hình 3e-h) cho thấy, mô hình có thể thể hiện được hình thể sống áp cao tây Thái Bình Dương ở mực 500 hPa chi phối khu vực Việt Nam và lân cận. Tuy nhiên, sai số mô phỏng về vị trí của sống áp cao là rất rõ ràng, khoảng từ 5 đến 10 vĩ độ. Theo số liệu CFSR (hình 3a-d), vị trí sống cao chủ yếu chi phối khu vực phía Bắc, có trục đông - tây chạy qua Bắc Bộ nước ta. Sống áp cao này

dịch chuyển lên phía Bắc cao nhất vào tháng cao điểm mùa hè (tháng 8); dịch chuyển dần xuống phía Nam vào cuối hè (tháng 9 - tháng 10). Trong khi đó, các mô phỏng RSM (hình 1e-h) cho thấy, vị trí của sóng áp cao mực 500 hPa chủ yếu phân bố ở khoảng vĩ độ từ 12°N (phía Tây miền phân tích) đến 21°N (phía Đông miền phân tích); và nằm trên khu vực Nam Trung Bộ (đầu mùa) đến Trung Trung Bộ (chính đến cuối mùa).

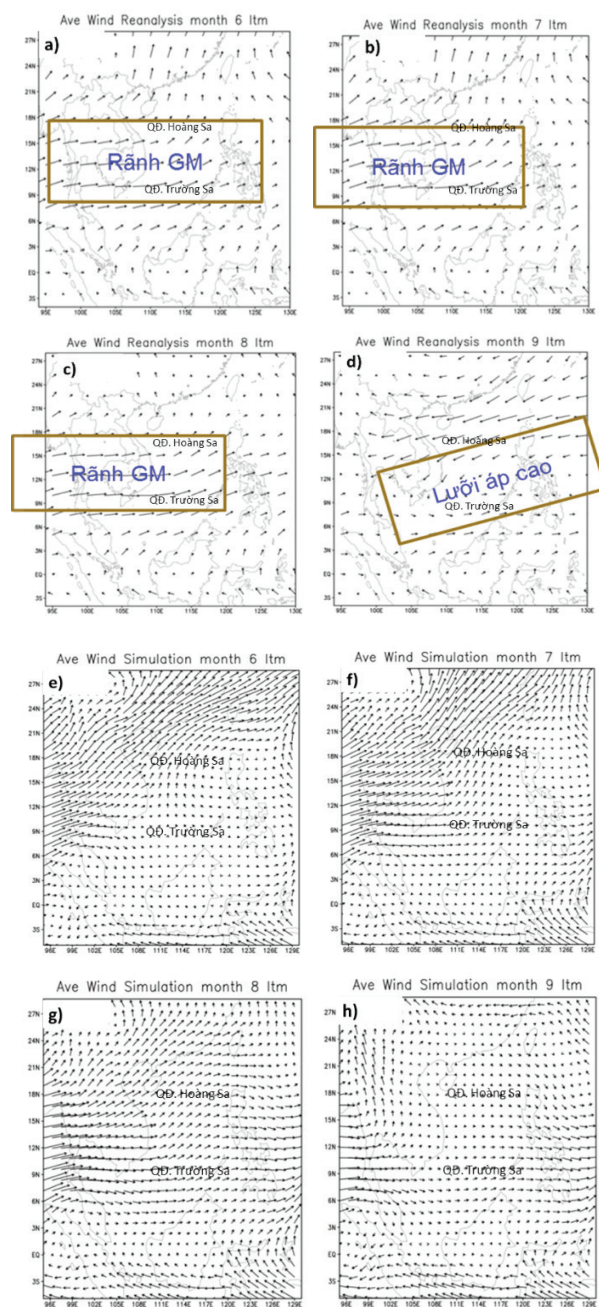
Sự sai khác về vị trí của sóng áp cao chi phối ở mực 500 hPa dẫn đến khác biệt về hoàn lưu gió ở mực này. Trong đó, có thể thấy rõ ràng nhất về sai khác hoàn lưu ở phía Bắc, RSM mô phỏng dòng xiết đới gió tây mực 500 hPa phát triển rất mạnh mẽ ở khu vực này. Trong khi đó, theo số liệu CFSR, dòng xiết đới gió tây có nguồn gốc ngoại nhiệt đới này chỉ phát triển mạnh mẽ ở phía nam Trung Quốc mở rộng về phía Đông. Ở phía Nam, đới gió đông xuất phát từ rìa áp cao cận nhiệt chiếm ưu thế ở hầu hết miền phân tích theo số liệu CFSR. Trong khi đó, RSM mô phỏng đới gió đông này chỉ thịnh hành ở phía Nam miền phân tích, nhưng không được thể hiện rõ nét ở khu vực xích đạo.

Trường gió mực 200 hPa

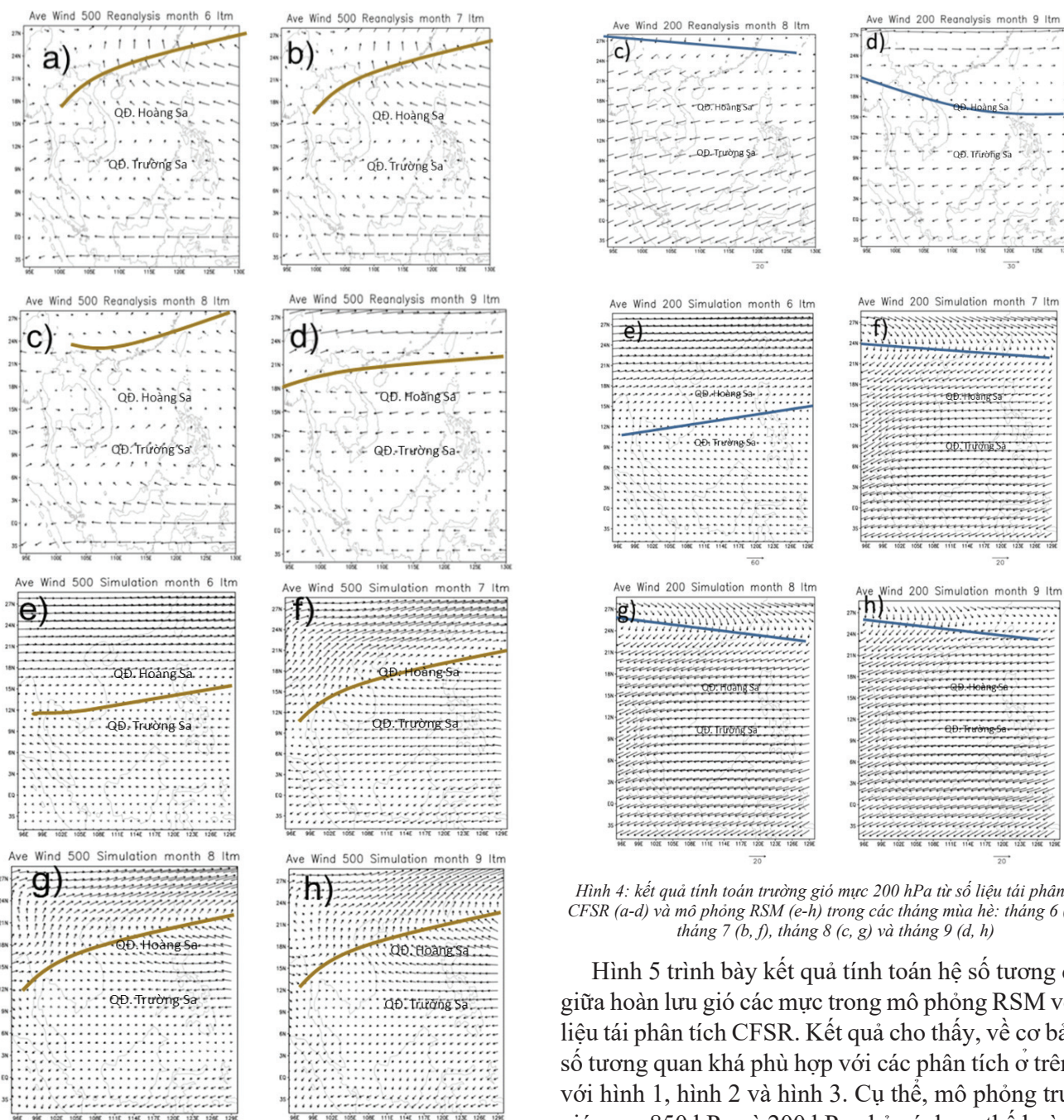
Vào đầu mùa hè, theo số liệu CFSR, sóng áp cao Tây Tạng có vị trí ở phía nam Trung Quốc mở rộng về phía Đông, hoàn lưu gió phổ biến là đới gió đông bắc xuất phát từ rìa của dòng xiết gió tây trên cao (hình 4a). Trong khi đó, mô hình RSM lại mô phỏng của sóng áp cao cận nhiệt tây Thái Bình Dương lên đến mực 200 hPa với sự phát triển mạnh của đới gió đông ở phía Nam và dòng xiết gió tây ở phía Bắc (hình 4e). Điều này cho thấy, RSM mô phỏng áp cao tây Thái Bình Dương phát triển mạnh hơn và áp cao Tây Tạng yếu hơn thực tế ở mực 200 hPa. Sự sai khác rõ ràng trong mô phỏng hình thể cơ bản vào đầu mùa hè của mô hình, dẫn đến sai khác rất rõ ràng về hoàn lưu gió. Sang các tháng chính hè (tháng 7 - tháng 8), mô hình RSM mô phỏng hoàn lưu gió mực 200 hPa khá phù hợp với thực tế, sai khác về vị trí so với số liệu CFSR không nhiều (hình 4b-c và hình 4f-g). Trong thời kỳ này, áp cao tây Thái Bình Dương mở rộng lên phía Bắc, áp cao Tây Tạng gần như vẫn giữ nguyên cường độ và có sóng vượn xa về phía Đông trên khu vực nam Trung Quốc. Đến cuối mùa hè, hoạt động của áp cao Tây Tạng được tăng cường, áp cao tây Thái Bình Dương lùi dần về phía Nam. Do vậy, sóng áp cao Tây Tạng vượn xa hơn về phía Đông và phía Nam, với trục qua khu vực Bắc Trung Bộ (hình 4d). Tuy nhiên, RSM mô phỏng hoạt động của áp cao Tây Tạng ở mực 200 hPa không có

tiến triển đáng kể so với tháng 7 - tháng 8 (hình 4h). Điều này dẫn đến sai khác khá rõ ràng về hoàn lưu gió ở khu vực Bắc Bộ và bắc Biển Đông trong mô phỏng so với CFSR.

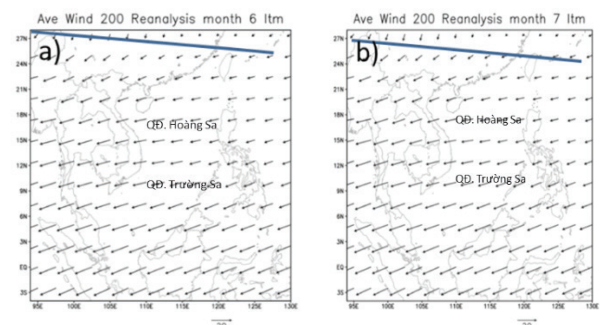
Các kết quả phân tích trên cho thấy, RSM đã phần nào thể hiện được hình thể hoàn lưu ở các mực khí quyển trong các tháng mùa hè so với số liệu CFSR. Tuy nhiên, vẫn có sự sai khác trong mô phỏng trường hoàn lưu gió với CFSR do sự sai khác trong mô phỏng hình thể tác động đến hoàn lưu.



Hình 2: kết quả tính toán trường gió mực 850 hPa từ số liệu tái phân tích CFSR (a-d) và mô phỏng RSM (e-h) trong các tháng mùa hè: tháng 6 (a, e), tháng 7 (b, f), tháng 8 (c, g) và tháng 9 (d, h)



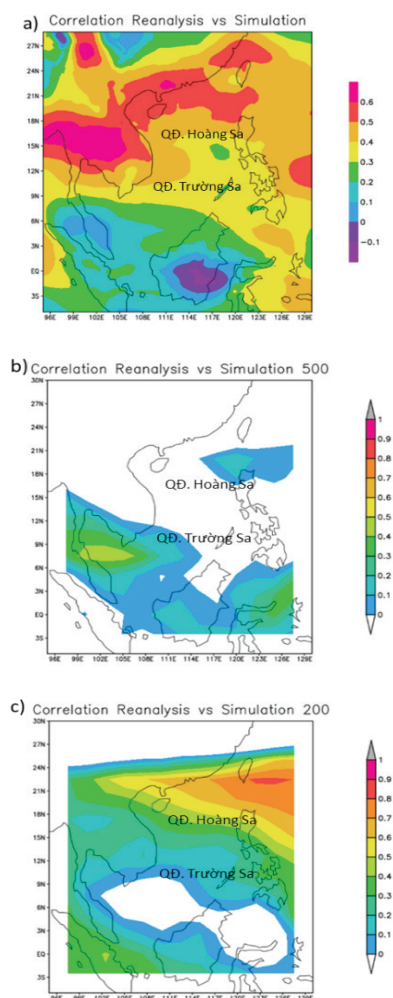
Hình 3: kết quả tính toán trường gió mực 500 hPa từ số liệu tái phân tích CFSR (a-d) và mô phỏng RSM (e-h) trong các tháng mùa hè: tháng 6 (a, e), tháng 7 (b, f), tháng 8 (c, g) và tháng 9 (d, h)



Hình 4: kết quả tính toán trường gió mực 200 hPa từ số liệu tái phân tích CFSR (a-d) và mô phỏng RSM (e-h) trong các tháng mùa hè: tháng 6 (a, e), tháng 7 (b, f), tháng 8 (c, g) và tháng 9 (d, h)

Hình 5 trình bày kết quả tính toán hệ số tương quan giữa hoàn lưu gió các mực trong mô phỏng RSM với số liệu tái phân tích CFSR. Kết quả cho thấy, về cơ bản hệ số tương quan khá phù hợp với các phân tích ở trên đối với hình 1, hình 2 và hình 3. Cụ thể, mô phỏng trường gió mực 850 hPa và 200 hPa phản ánh xu thế hoàn lưu phù hợp với CFSR hơn so với mô phỏng hoàn lưu mực 500 hPa. Ở mực 850 hPa, hình thể tương quan dương với hệ số từ 0,3 đến 0,6 trải dài từ Tây sang Đông phổ biến trên khu vực phía Bắc miền phân tích (trên 9°N). Trong đó, khu vực 14°N-19°N trải dài từ Myanmar đến Việt Nam (đây là khu vực mà RSM thể hiện được rãnh gió mùa mở rộng đến khu vực Việt Nam như phân tích ở trên) và khu vực 18°N-25°N trải dài từ lãnh thổ Việt Nam sang phía Đông miền phân tích. Trong khi đó, mô phỏng là kém hơn ở phía Nam miền phân tích (dưới 9°N), với hệ số tương quan phổ biến dưới 0,3; thậm chí, hệ số tương quan âm tồn tại trên một khu vực rộng

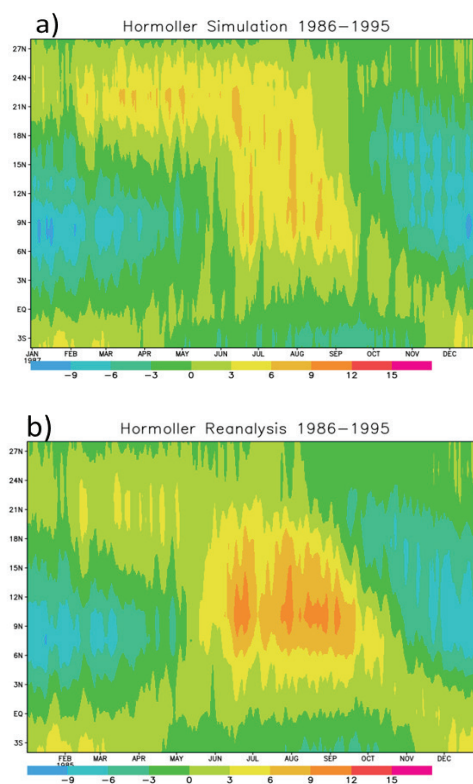
lớn bao quát khu vực đất liền và biển thuộc Malaysia và Indonesia (hình 5a). Đến mực 500 hPa, hệ số tương quan là rất thấp, hệ số tương quan âm (phản ánh hoàn lưu gió ngược với thực tế) chiếm đa phần miền phân tích (hình 5b). Đến mực 200 hPa, khu vực từ 9°N-24°N có hệ số tương quan tốt hơn các khu vực khác; khu vực trên 24°N, tồn tại tương quan âm (hình 5c). Như vậy, RSM phản ánh xu thế phát triển đối gió tây nhiệt đới mực 850 hPa trong mùa gió mùa hè tốt hơn so với trường gió các mực khác, tốt nhất ở khu vực phía Bắc (trên 9°N).



Hình 5: hệ số tương quan giữa mô phỏng trường gió trung bình mùa hè thời kỳ 1986-1995 mực 850 hPa (a), 500 hPa (b) và 200 hPa (c) bằng mô hình RSM với số liệu CFSR

Như đã phân tích ở trên, đặc trưng nổi bật nhất về hoàn lưu của gió mùa hè là đối gió tây mực thấp phát triển. Do vậy, kỹ năng mô phỏng biến động nội mùa của mô hình đối với sự phát triển của đối gió tây này cần phải được xem xét chi tiết. Hình 6 trình bày biểu đồ Hormoller về trường gió vĩ hướng mực 850 hPa (U850 hPa) trung bình khu vực 100°E-110°E phân

bổ trên các vĩ độ 4°S-28°N. Kết quả cho thấy, về cơ bản RSM phản ánh rõ quá trình dịch chuyển nhanh lên phía Bắc trong các tháng đầu mùa hè và dịch chuyển chậm dần về phía Nam vào cuối mùa hè của trường gió vĩ hướng. Mặc dù vậy, sai khác giữa mô phỏng và CFSR là khá rõ ràng. Nhìn chung, RSM mô phỏng cường độ gió mùa hè yếu hơn so với CFSR, đặc biệt trong giai đoạn chính hè ở khu vực 6°N-19°N. Điều này là do rãnh gió mùa trong mô phỏng RSM yếu hơn rõ ràng so với CFSR (như phân tích ở trên). Trong mô phỏng RSM, đối gió tây phát triển rất mạnh từ khoảng tháng 2 đến tháng 9 ở phía Bắc (trên 19°N). Điều này là do RSM mô phỏng đối gió tây ngoại nhiệt đới mạnh hơn so với CFSR. Trong khoảng thời gian trước mùa hè, đối gió tây ở phía Bắc hoàn toàn là đối gió tây ngoại nhiệt đới; trong các tháng chính hè, đối gió tây này là sự kết hợp đan xen giữa gió tây nhiệt đới và ngoại nhiệt đới.

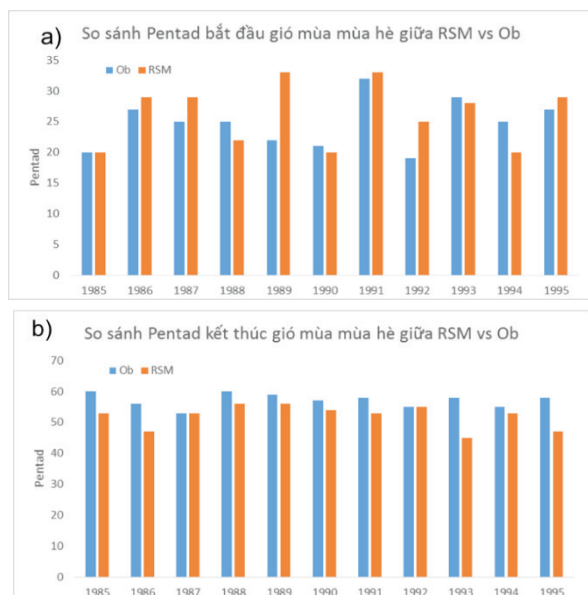


Hình 6: biểu đồ Hormoller trường gió mô phỏng bằng CFS/RSM (a) và số liệu tái phân tích CFSR (b)

Thời kỳ bắt đầu và thời kỳ kết thúc gió mùa mùa hè

Hình 6 cho thấy, đối gió tây nhiệt đới phát triển muộn hơn và kết thúc sớm hơn CFSR nên mùa gió mùa hè ngắn hơn thực tế. Kết quả này cũng phù hợp với phân tích về trường hoàn lưu gió mực 850 hPa

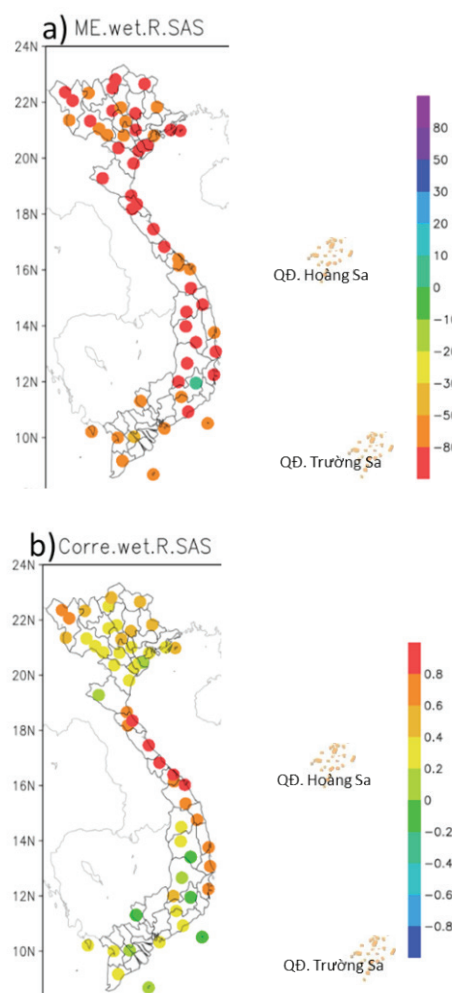
ở hình 2. Hình 7 trình bày kết quả tính toán pentad bắt đầu và kết thúc gió mùa mùa hè trên khu vực đặc trưng cho chỉ số gió mùa VSMI. Kết quả cho thấy, xu thế chung trong các mô phỏng RSM là pentad bắt đầu gió mùa mùa hè đến muộn hơn so với thực tế, sai số phổ biến trong khoảng từ 0 đến 5 pentad. Tuy nhiên, có những trường hợp, mô hình RSM mô phỏng hoàn lưu gió mùa mùa hè bắt đầu ở Việt Nam muộn hơn so với CFSR lên tới 10 pentad (năm 1989). Mặc dù vậy, hệ số tương quan giữa chuỗi số liệu pentad bắt đầu từ mô phỏng với CFSR đạt giá trị 0,71. Điều này cho thấy, RSM thể hiện khá tốt biến động hàng năm của pentad bắt đầu gió mùa mùa hè (hình 7a). Kết quả tính pentad kết thúc gió mùa mùa hè các năm trong thời kỳ mô phỏng được trình bày trên hình 7b. Kết quả cho thấy, pentad kết thúc gió mùa mùa hè trong các mô phỏng nhỏ hơn so với CFSR ở hầu hết các năm. Điều này chứng tỏ mô hình RSM có thiên hướng mô phỏng gió mùa mùa hè kết thúc sớm hơn so với thực tế. Sai số mô phỏng pentad kết thúc gió mùa mùa hè phổ biến trong khoảng từ 0 đến 5 pentad. Hệ số tương quan giữa chuỗi số liệu pentad kết thúc gió mùa trong mô phỏng với CFSR đạt giá trị 0,6. Điều này cho thấy, RSM mô phỏng khá tốt xu thế biến động hàng năm của pentad kết thúc gió mùa mùa hè so với thực tế. Mô phỏng xu thế pentad kết thúc gió mùa mùa hè kém hơn xu thế pentad bắt đầu gió mùa mùa hè là do mô hình thể hiện không tốt hình thức tác động của sóng áp cao cận nhiệt tây Thái Bình Dương ở mực 850 hPa trong thời kỳ cuối mùa gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam.



Hình 7: so sánh kết quả mô phỏng và tái phân tích CFSR: (a) pentad bắt đầu, (b) pentad kết thúc

Hệ quả mưa gió mùa mùa hè

Các phân tích trên cho thấy, những sai khác về hoàn lưu trong mô phỏng so với thực tế là nguyên nhân chính dẫn đến những sai số trong mô phỏng hệ quả mưa trong mùa gió mùa mùa hè. Hình 8 trình bày kết quả tính toán sai số ME (a) và hệ số tương quan (b) của lượng mưa mô phỏng trong mùa gió mùa mùa hè với số liệu quan trắc thực tế tại các trạm. Hình 8a cho thấy, lượng mưa mô phỏng bằng mô hình RSM trong mùa thấp hơn so với quan trắc phổ biến từ 30 đến 80 mm/tháng, trong đó, sai số lớn nhất ở các trạm thuộc Bắc Bộ và Trung Bộ. Tuy nhiên, mô hình RSM phản ánh khá tốt diễn biến lượng mưa trong các tháng mùa hè, với hệ số tương quan phổ biến trên 0,2, trong đó, khu vực Trung Bộ và Bắc Bộ có hệ số tương quan cao hơn cả (hình 8b). Như vậy có thể thấy, mặc dù tồn tại sai số khá rõ ràng trong mô phỏng (thấp hơn quan trắc), nhưng mô hình phần nào thể hiện được xu thế biến động lượng mưa trong mùa gió mùa mùa hè.



Hình 8: (a) kết quả tính toán sai số ME (mm/tháng) và (b) hệ số tương quan giữa lượng mưa mùa hè với số liệu quan trắc tại trạm

Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu mô phỏng thời kỳ 1986-1995 bằng mô hình RSM, có thể đưa ra một số kết luận như sau:

1) Mô hình RSM phần nào thể hiện được các hình thể cơ bản của trường hoàn lưu gió các mực khí quyển cơ bản (850 hPa, 500 hPa, 200 hPa) trong các tháng mùa hè, rõ nhất là trên mực 850 hPa. Đối gió tây ở phía Nam miền phân tích và rãnh gió mùa trên mực 850 hPa trong các tháng từ đầu đến chính hè trong mô phỏng yếu hơn thực tế, đặc biệt là trong khoảng thời gian các tháng đầu mùa hè và ngược lại mạnh mẽ hơn thực tế ở phía Bắc miền phân tích do mô hình mô phỏng đối gió tây ngoại nhiệt đới tác động đến khu vực Bắc Bộ mạnh hơn. Trên mực 500 hPa, mô hình RSM mô phỏng sóng áp cao thấp hơn đáng kể so với thực tế, dẫn đến sai khác rõ rệt về hoàn lưu gió. Đến mực 200 hPa, sai khác rõ ràng nhất giữa mô phỏng và thực tế xảy ra vào tháng đầu và cuối mùa hè. Ở đây, RSM không thể hiện được tác động của sóng áp cao Tây Tạng nhưng lại mô phỏng được sóng áp cao tây Thái Bình Dương, dẫn đến sai khác về hoàn lưu gió. Đến tháng cuối hè, RSM không thể hiện được sự phát triển và mở rộng của sóng áp cao Tây Tạng về phía Đông và phía Nam.

2) Cường độ gió mùa mùa hè trong nghiên cứu được phản ánh thông qua chỉ số hoàn lưu vĩ hướng mực 850 hPa. Kết quả cho thấy, RSM có xu thế mô phỏng cường độ gió mùa mùa hè yếu hơn rõ ràng so với thực tế. Trong đó, sai số rõ ràng nhất là ở khu vực phía Nam (dưới 19°N). Tuy nhiên, do RSM có thiên hướng mô phỏng đối gió tây ngoại nhiệt đới mạnh hơn ở phía Bắc, nên đối gió tây ở Bắc Bộ và bắc Biển Đông hoạt động mạnh hơn thực tế.

3) Pentad bắt đầu và kết thúc gió mùa mùa hè trong nghiên cứu này được xác định dựa theo chỉ số gió vĩ hướng mực 850 hPa thông qua chỉ số VSML. Kết quả cho thấy, RSM có thiên hướng mô phỏng bắt đầu gió mùa mùa hè đến muộn hơn và kết thúc sớm hơn so với thực tế. Điều này dẫn đến, độ dài mùa gió mùa hè trong mô phỏng bằng RSM là ngắn hơn thực tế. Mặc dù vậy, RSM phản ánh khá tốt xu thế biến động hàng năm của pentad bắt đầu và kết thúc gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam.

4) RSM có thiên hướng mô phỏng lượng mưa thấp hơn so với số liệu quan trắc, với sai số phổ biến từ 30 đến 80 mm/tháng. Tuy nhiên, RSM phản ánh khá tốt xu thế biến động nội mùa của lượng mưa mùa hè, với

hệ số tương quan giữa mưa mô phỏng với mưa quan trắc phổ biến là tương quan dương, lớn hơn 0,2, tốt nhất ở khu vực Trung Bộ.

5) RSM tuy có sai số khá rõ ràng trong mô phỏng các đặc trưng gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam nhưng đã thể hiện được các hình thể cơ bản về hoàn lưu và phản ánh tốt xu thế biến động hàng năm, nội mùa của các đặc trưng gió mùa mùa hè. Sai số này có khả năng là do: (1) Sai số từ số liệu đầu vào; (2) Sai số mang tính hệ thống của mô hình. Nhờ phản ánh tốt xu thế biến động các đặc trưng gió mùa mùa hè nên mở ra khả năng nghiên cứu cải tiến kết quả mô hình dựa trên các phương pháp hiệu chỉnh thống kê (bias correction).

6) Nghiên cứu về mô hình RSM mới chỉ được thực hiện ở Việt Nam trong khoảng vài năm gần đây, đặc biệt, bài toán mô phỏng và dự báo hoạt động gió mùa mùa hè và hệ quả thời tiết, khí hậu hết sức phức tạp, các mô hình thường cho sai số rất lớn. Do vậy, việc nghiên cứu cải tiến và ứng dụng mô hình RSM ở khu vực Việt Nam cần được đẩy mạnh hơn nữa.

Lời cảm ơn

Bài báo được hoàn thành nhờ sự trợ giúp của Đề tài KH&CN cấp nhà nước KC08.01/16-20. Các tác giả xin chân thành cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Minh Trường và cs (2012), “Đặc điểm hoàn lưu và thời tiết thời kỳ bùng nổ gió mùa mùa hè trên khu vực Việt Nam”, *Báo cáo tổng kết Đề tài QG-10-07*, Đại học Quốc gia Hà Nội, 64 trang.
- [2] Bùi Minh Tuấn và Nguyễn Minh Trường (2010), “Hoàn lưu quy mô lớn thời kỳ bùng nổ gió mùa mùa hè trên khu vực Nam Bộ năm 1998”, *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, **26(3S)**, tr.470-478.
- [3] Phạm Thị Thanh Hương và cs (1999), “Nghiên cứu mở đầu gió mùa mùa hè trên khu vực Tây Nguyên - Nam Bộ và quan hệ của nó với hoạt động ENSO”, *Báo cáo tổng kết đề tài khoa học*, Tổng cục Khí tượng Thủy văn, 80 trang.
- [4] Nguyễn Thị Hiền Thuận (2008), “Ảnh hưởng của ENSO đến gió mùa mùa hè và mưa ở Nam Bộ”, *Luận án tiến sĩ*.
- [5] Nguyễn Đăng Mậu, Nguyễn Văn Thắng, Mai Văn Khiêm, Lưu Nhật Linh, Nguyễn Trọng Hiệu (2016), “Nghiên cứu chỉ số gió mùa mùa hè cho khu vực Việt Nam”, *Tạp chí Khí tượng thủy văn*, **số 2**, tr.1-7.
- [6] B. Wang, LinHo, Yongsheng Zhang, and M.M. Lu (2004), “Definition of South China Sea Monsoon Onset and Commencement of the East Asia Summer Monsoon”, *J. Climate*, **17**, pp.699-710.
- [7] Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (2016), “Cập nhật kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam”, *Dự án cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường*.

Áp dụng phương pháp đường cong ABC của quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng môi trường thủy vực tại các cảng trên sông Sài Gòn

Nguyễn Thị Mỹ Yên, Trần Thành Thái, Ngô Xuân Quảng*

Viện Sinh học nhiệt đới, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

Ngày nhận bài 30/12/2016, ngày chuyển phản biện 3/1/2017, ngày nhận phản biện 16/1/2017, ngày chấp nhận đăng 20/1/2017

Chất lượng môi trường nền đáy sông Sài Gòn được đánh giá dựa trên phương pháp đường cong ABC của quần xã tuyến trùng sống tự do. Mẫu tuyến trùng sống tự do được thu thập trong trầm tích sông Sài Gòn theo mùa khô và mùa mưa năm 2014-2015 tại 12 vị trí từ Củ Chi xuống tới Cảng Dầu thực vật. Kết quả phân tích cho thấy, chất lượng môi trường nền đáy sông Sài Gòn không đồng nhất theo thời gian tại tất cả các vị trí khảo sát. Trong đó, một số khu vực bị ô nhiễm nặng hầu như trong cả 4 đợt, bao gồm Cảng Biển Đông, Cảng Bông Sen và Cảng Dầu thực vật. Các vị trí Cảng Tân Thuận Đông, Cảng Bến Nghé, Cảng Sài Gòn mới, Cảng Nhà máy đóng tàu biển Sài Gòn ô nhiễm nặng trong các tháng mùa mưa. Một số cảng khác ô nhiễm nhẹ như Cảng Bến Nghé, Cảng Công ty liên doanh phát triển tiếp vận số 1 - VICT, Cảng Sài Gòn mới, Cảng Nhà máy đóng tàu biển Sài Gòn trong các tháng mùa khô và Bến Dược huyện Củ Chi, Tân Cảng, Nhà máy đóng tàu Ba Son, Cảng Công ty liên doanh phát triển tiếp vận số 1 - VICT trong các tháng mùa mưa.

Từ khóa: chất lượng môi trường, phương pháp ABC, quần xã tuyến trùng dưới triều, sông Sài Gòn.

Chỉ số phân loại: 1.7

Đặt vấn đề

Sông Sài Gòn đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nguồn nước cho TP Hồ Chí Minh nhưng chất lượng môi trường nước đang ngày càng xuống cấp nghiêm trọng [1]. Để có thể giám sát và hoàn thiện công tác quản lý môi trường nước, bên cạnh việc phân tích các yếu tố hóa - lý thì phương pháp chỉ thị sinh học ngày càng được sử dụng do những ưu thế vượt trội. Đặc biệt sử dụng quần xã động vật đáy không xương sống, trong đó có tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng nền đáy cho kết quả khá nhanh, hiệu quả và tiết kiệm được chi phí.

Quần xã tuyến trùng sống tự do không chỉ tham gia vào chu trình chuyển hóa năng lượng và tương tác sinh học trong hệ thống trầm tích thủy vực mà còn được xem như một công cụ ưu việt trong đánh giá chất lượng môi trường [2-4]. Nghiên cứu mới đây của Ngô và cs. (2016) đã ứng dụng phân tích đa biến các đặc điểm của quần xã tuyến trùng liên quan đến các yếu tố môi trường cho thấy mối tương quan chặt chẽ giữa mật độ, cấu trúc quần xã tuyến trùng với môi trường nền đáy, từ đó khẳng định vai trò hữu ích của tuyến trùng trong quan trắc đánh giá môi trường thủy vực [5].

Phương pháp áp dụng mật độ và cấu trúc quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng môi trường đã được Warwick (1986) mô tả bằng 2 đường cong về mật độ loài và sinh khối loài trên cùng 1 đồ thị và so sánh hình thái giữa chúng; dạng đồ thị này được gọi là phương pháp đường cong ABC (Abundance Biomass Comparison Curves) [6]. Áp dụng phương pháp này trên quần xã động vật đáy giúp đánh giá nhanh, hiệu quả hiện trạng ô nhiễm trong bất cứ thời gian nào mà có thể không cần tham khảo dữ liệu trước đây, và đã được nhấn mạnh qua nhiều nghiên cứu [7-11]. Phương pháp này đặc biệt được xem xét nghiên cứu sâu trong công bố của Clarke (1990), Warwick & Clarke (1994) và Clarke & Warwick (2001) về tính toán thống kê trong sinh thái học [12-14]. Clarke & Warwick (2001) cho rằng các điều kiện môi trường (không ô nhiễm, ô nhiễm vừa, cực kỳ ô nhiễm) có thể được nhận biết qua 2 đường cong cùng hoạt động đối lập nhau trên cùng 1 đồ thị mà không nhất thiết phải thiết lập mẫu đối chứng theo không gian và thời gian [14].

Áp dụng phương pháp đường cong ABC trên quần xã tuyến trùng để đánh giá chất lượng môi trường trên

*Tác giả liên hệ: Email: ngoxuanq@gmail.com

Applying the ABC curve method of free-living nematode communities to assess the environmental quality of water in Sai Gon River harbors

Summary

It is the first time the benthic water quality of the Sai Gon River was investigated according to the ABC curve method based on the analysis of the density and biomass of all species of free-living nematodes that were present in the sediment of the studied area. The nematode samples were collected in the Sai Gon River from Cu Chi district to Navioil port during 2014-2015 at dry and rainy seasons. Our results showed the benthic environmental quality was not homogenous in during four times of sampling and at different stations. While some stations were heavily polluted in all sampling times such as Bien Dong port, Lotus port, and Navioil port, but some other stations were polluted only in the wet season such as Tan Thuan Dong port, Ben Nghe port, Sai Gon New port, and Sai Gon Shipbuilding port. And Ben Nghe port, Vietnam International Container Terminals - VICT port, Sai Gon New port, and Sai Gon Shipbuilding port were moderately polluted in the dry season. In the rainy season, Ben Duoc - Cu Chi port, Tan Cang port, Ba Son Shipyard, and VICT port were lightly influenced.

Keywords: ABC curve, environmental quality, Sai Gon River, subtidal nematode communities.

Classification number: 1.7

thế giới đã đưa đến các kết quả tin cậy. Nghiên cứu của Vidakovic & Bogut (2004) cho thấy nền đáy của phần biển sâu vùng trung tâm Sakadaš bị xáo trộn nhẹ [15]. Một nghiên cứu gần đây của Sabeel & Vanreusel (2015) về sinh khối quần xã tuyến trùng, phổ kích thước sinh khối và đường cong ABC ở 3 vị trí đại diện cho thấy mức độ phá hủy rừng ngập mặn ở 3 trạm nghiên cứu theo mực nước gồm cao, thấp, trung bình. Kết quả phân tích cho thấy việc phá hủy rừng ngập mặn tác động tiêu cực đến môi trường ở mức xáo trộn từ vừa phải đến trầm trọng [16]. Ở khu vực Đông Nam Á hầu như chưa có nghiên cứu nào sử dụng phương

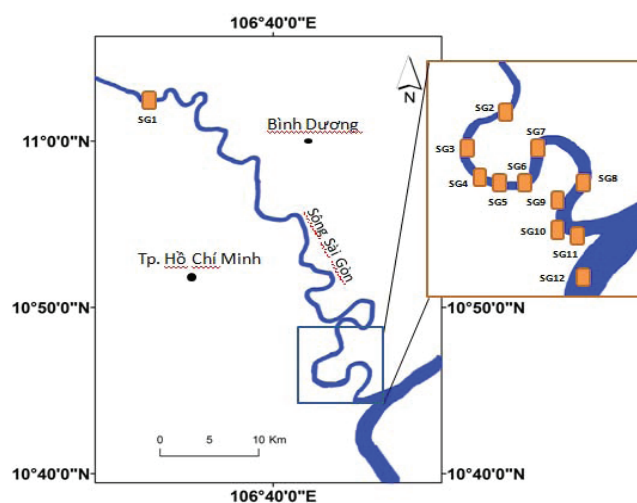
pháp đường cong ABC, trừ công bố của Nguyễn Vũ Thanh (2005). Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng đường cong ABC và các chỉ số đa dạng (H' , J' , d...) của quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng nước của lưu vực sông Cầu. Kết quả phân tích cho thấy chất lượng nước mặt Sông Cầu bị xáo trộn từ mức vừa phải đến mức rất trầm trọng [17].

Phương pháp đường cong ABC lần đầu được áp dụng để đánh giá chất lượng môi trường tại các cảng trên sông Sài Gòn nhằm phục vụ việc quan trắc sinh học và góp phần đánh giá, đưa ra cảnh báo chất lượng môi trường sông Sài Gòn hiện nay.

Đối tượng và phương pháp

Thu thập và phân tích mẫu

Mẫu tuyến trùng sống tự do được thu thập bằng gầu Ekma trong phạm vi 10 cm² tại 12 khu vực cảng trên sông Sài Gòn qua 4 đợt khảo sát. Các trạm được ký hiệu: SG1 (huyện Củ Chi), SG2 (Tân Cảng), SG3 (Nhà máy đóng tàu Ba Son), SG4 (Cảng Sài Gòn), SG5 (Cảng Tân Thuận Đông), SG6 (Cảng Bến Nghé), SG7 (Cảng Công ty liên doanh phát triển tiếp vận số 1 - VICT), SG8 (Cảng Sài Gòn mới), SG9 (Cảng Biển Đông), SG10 (Cảng Nhà máy đóng tàu biển Sài Gòn), SG11 (Cảng Bông Sen) và SG12 (Cảng Dầu thực vật) (hình 1). Tại mỗi trạm lấy 3 mẫu lặp lại bằng ống thu mẫu core bằng nhựa plastic, dài 30 cm, đường kính 3,5 cm. Ống nhựa được cắm sâu >10 cm và thu mẫu tuyến trùng từ 0-10 cm tính từ bề mặt. Mẫu thu xong được cho vào hộp nhựa dung tích 300 ml và cố định bằng formaline 7% ở nhiệt độ 60°C và khuấy đều cho đất tan hết thành dung dịch [18].

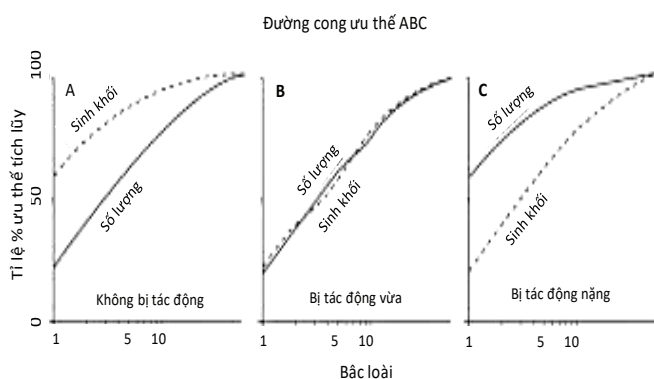


Hình 1: bản đồ các trạm khảo sát, thu mẫu dọc sông Sài Gòn

Mẫu tuyến trùng sống tự do được phân tích tại phòng thí nghiệm của Phòng Công nghệ và Quản lý môi trường, Viện Sinh học nhiệt đới - Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam theo phương pháp của Vincx (1996) [18]. Mẫu được định danh tới cấp độ giống theo các tài liệu của Warwick và cs. (1998), Zullini (2005) và Nguyễn Vũ Thanh (2007) [19-21].

Phân tích và xử lý số liệu

Mẫu tuyến trùng sau khi được định danh tới cấp độ giống được đo sinh khối theo kích thước chiều dài và chiều rộng cơ thể. Chúng tôi áp dụng công thức của Wieser (1953) để tính toán trọng lượng khô cho mỗi giống [22]. Số liệu về sinh khối và mật độ được xử lý bằng chương trình Microsoft Excel 2010. Tất cả các giống được sắp xếp theo tầm quan trọng về sinh khối hoặc mật độ trên trục x với tỷ lệ ưu thế trên trục y (hình 2).



Hình 2: đồ thị mô phỏng ba trạng thái môi trường theo phương pháp đường cong ABC (A: môi trường không bị tác động - sạch, B: môi trường bị tác động vừa - ô nhiễm vừa, C: môi trường bị tác động nặng - cực kỳ ô nhiễm)

Theo Warwick (1986) [5] và Clarke & Warwick (2001) [14], đối với môi trường không bị xáo trộn, quần xã ưu thế bởi một hoặc một số loài kích thước lớn, tuy nhiên những loài này chỉ hiện diện một vài cá thể nên không có ưu thế về số lượng; vì vậy đường sinh khối nằm phía trên đường số lượng trong suốt chiều dài của nó trong đường cong ABC (hình 2A). Khi xuất hiện dấu hiệu ô nhiễm, ưu thế cạnh tranh lớn được loại bỏ, sự chênh lệch giữa sinh khối và số lượng giảm, do đó đường sinh khối và đường số lượng có xu hướng dịch lại gần nhau và có thể dao động quanh nhau một vài lần (hình 2B). Nếu sự ô nhiễm ngày càng trầm trọng, quần xã sẽ ưu thế về số lượng bởi một vài loài có khả năng chống chịu nhưng có kích thước cơ thể rất nhỏ, dẫn đến đường sinh khối nằm dưới đường số lượng dọc theo

chiều dài của nó trong đường cong ABC (hình 2C).

Clarke & Warwick (2001) [15] cũng đã cung cấp công thức tính thống kê chỉ số W:

$$W = \sum_{i=1}^S (Bi - Ai) / [50(S - 1)]$$

Trong đó, Bi là sinh khối của loài thứ i (μg), Ai là mật độ của loài thứ i (cá thể), S là tổng số loài.

Giá trị chỉ số W dao động trong khoảng (-1, 1), khi W dao động từ 0 → +1, sinh khối của các loài ưu thế so với số lượng và chất lượng môi trường ít bị xáo trộn. Trái lại khi W có giá trị từ -1 → 0, mật độ các loài chiếm ưu thế so với sinh khối và môi trường bị tác động.

Kết quả

Quần xã tuyến trùng sông Sài Gòn

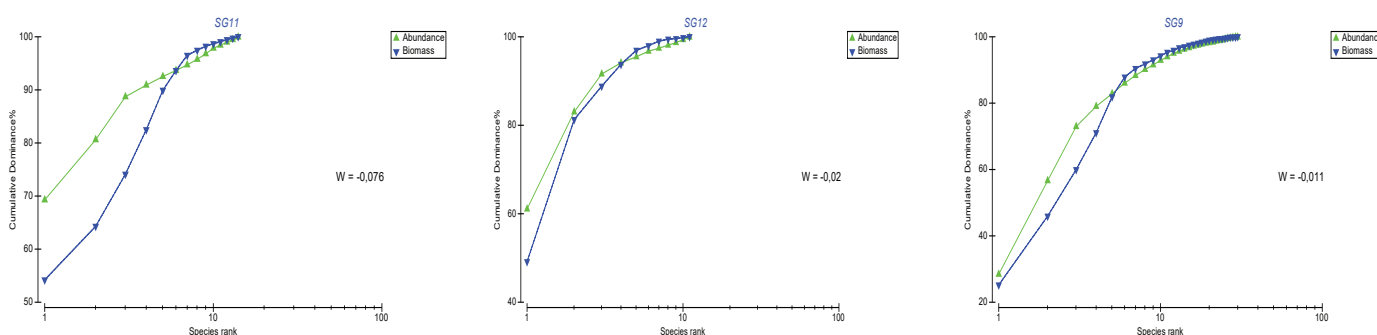
Qua 4 đợt khảo sát thành phần loài quần xã tuyến trùng khu vực khảo sát gồm 157 giống thuộc 59 họ, 11 bộ của 2 lớp Enoplea và Chromadorea. Trong đó có 87 giống được ghi nhận vào mùa khô 2014, con số này tăng lên 102 giống trong mùa mưa cùng năm, sau đó giảm xuống 94 và 91 giống vào mùa khô và mùa mưa của năm 2015. Mật độ quần xã tuyến trùng khu vực khảo sát khá cao, dao động từ $13,33 \pm 2,89$ đến $5863 \pm 2396,46$ cá thể/10 cm², cao nhất tại SG8 (Cảng Sài Gòn mới) vào mùa mưa 2015. Một số giống được tìm thấy trong mùa khô nhưng không hiện diện trong mùa mưa: *Chromadorina*, *Crocodyrilaimus*, *Neochromadora*, *Oionchus*, *Rogierus*, *Spilophorella*. Ngược lại, *Acrostichus*, *Aporcelaimellus*, *Crassogula*, *Diploscapter*, *Goffartia*, *Heterocephalobus*, *Ischiodorylaimus*, *Leptolaimus*, *Panagrellus*, *Paramphidelus* là những giống chỉ có mặt trong mùa mưa. Những giống ưu thế được tìm thấy trong khu vực khảo sát như: *Achromadora*, *Aphanonchus*, *Dorylaimus*, *Daptonema*, *Diplolaimelloides*, *Geomonhystera*, *Ironus*, *Mesodorylaimus*, *Mononchulus*, *Monhystera*, *Mylonchulus*, *Paraplectonema*, *Parodontophora*, *Punctodora*, *Rhabdolaimus*, *Sphaerolaimus*, *Sphaerotheristus*, *Terschellingia*, *Thalassomonhystera*, *Theristus*.

Phân tích đường cong ABC của quần xã tuyến trùng sông Sài Gòn

Kết hợp phân tích đường cong ABC và chỉ số W cho thấy sự xáo trộn môi trường trầm tích các cảng vào các mùa là khác nhau.

Mùa khô năm 2014:

Trong mùa khô 2014, môi trường trầm tích các khu vực SG11, SG12, SG9 bị ô nhiễm nặng với đường cong ABC có dạng đường sinh khối ở phía dưới đường số lượng và giá trị chỉ số W từ -0,076 đến -0,011. Tại điểm SG10 môi trường có dấu hiệu bị tác động, giá trị chỉ số W=0,003 và 2 đường sinh khối và số lượng dao động quanh nhau. Các điểm còn lại (SG6, SG8, SG1, SG7, SG5, SG2, SG3, SG4) chưa có dấu hiệu ô nhiễm, quần xã tuyển trùng cân bằng với môi trường trong toàn đợt khảo sát với đường sinh khối nằm trên đường số lượng trong đường cong ABC (W=0,05-0,307) (hình 3).



Hình 3: đường cong ABC tại các cảng cực kỳ ô nhiễm vào mùa khô 2014

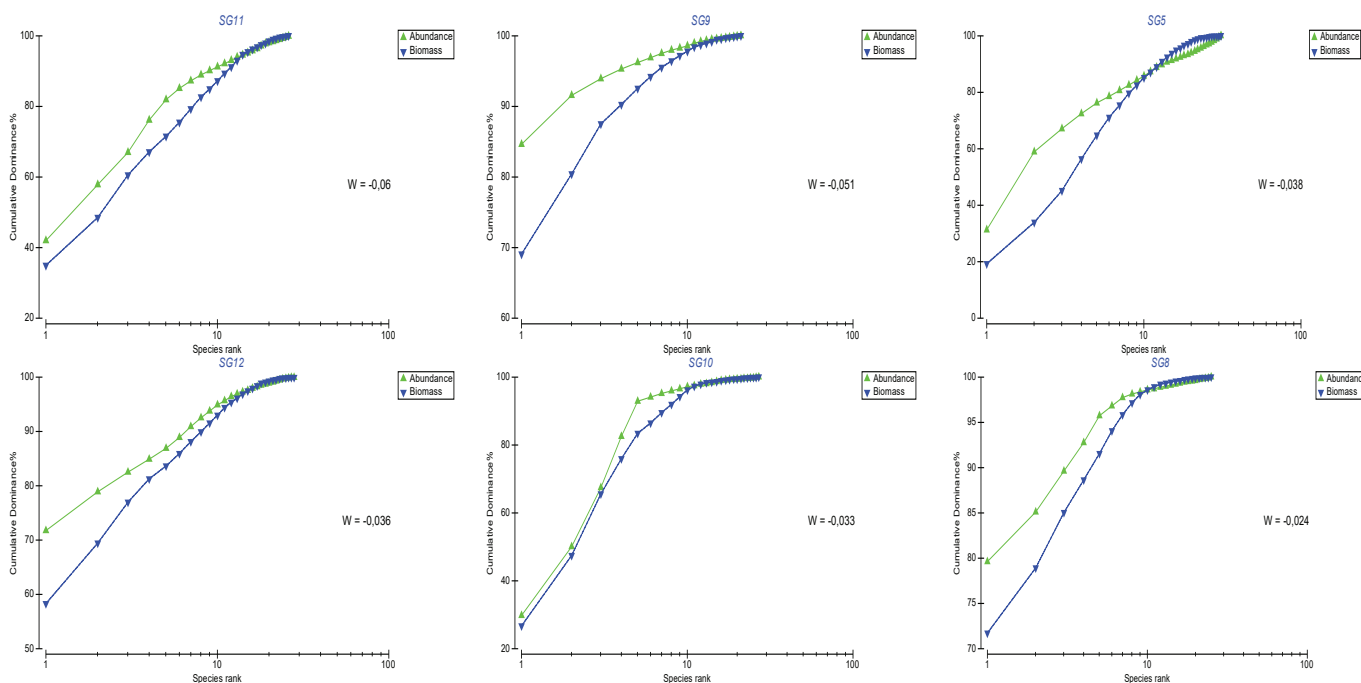
SG9, SG11, SG12 có tỷ lệ B/A rất thấp (lần lượt là 0,10, 0,05 và 0,05). Các cảng này ưu thế về số lượng bởi *Monhytera* (28,2-61,14% tổng số số cá thể của điểm), *Parodontophora* (16,24-21,87%) và

Terschellingia (28,5-69,24%) so với các giống còn lại, nhưng tỷ lệ B/A của các giống này thấp (0,38-0,126). Điều đó phù hợp với luận điểm của Warwick (1986), khi môi trường trở nên khắc nghiệt, quần xã tăng về số lượng bởi một hoặc một vài loài có kích thước nhỏ, từ đó làm cho tỷ lệ B/A ở các giống này thấp [5].

Mùa mưa năm 2014:

Đối với mùa mưa 2014, khu vực SG11, SG9, SG5, SG12, SG10 và SG8 bị tác động mạnh với giá trị chỉ số W từ -0,06 đến -0,024 và đường cong ABC có dạng đường sinh khối nằm dưới đường số lượng. Các điểm bị tác động nhẹ với 2 đường sinh khối và số lượng

dao động quanh nhau là SG1, SG6, SG7, SG3; chỉ số W=0,003-0,094. Trong khi điểm SG2 và SG4 chưa có dấu hiệu bị tác động, cùng có giá trị W=0,159, đường cong sinh khối cao hơn đường cong số lượng (hình 4).

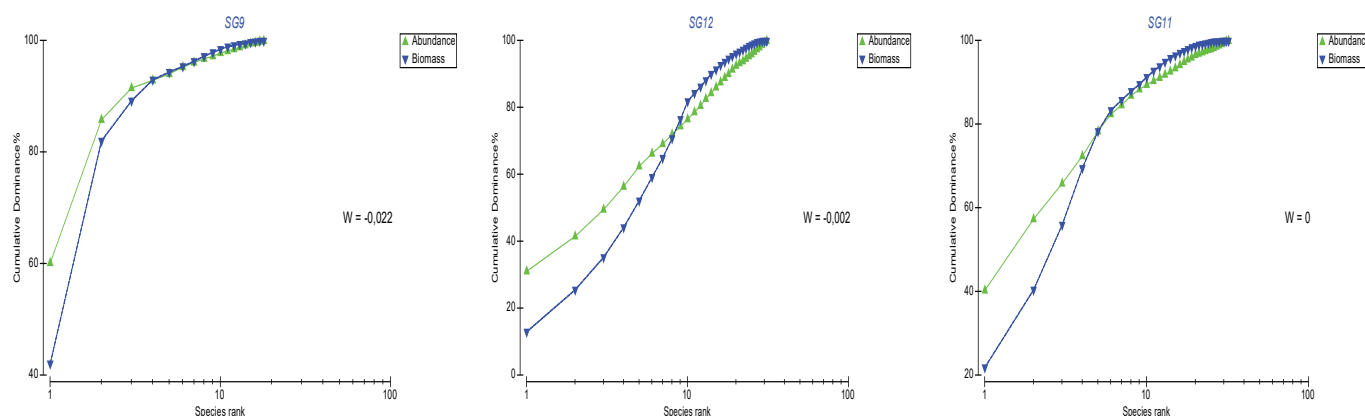


Hình 4: đường cong ABC tại các trạm bị ô nhiễm mạnh vào mùa mưa 2014

Các cảng có môi trường trầm tích ô nhiễm nặng (SG5, SG8, SG9, SG10, SG11 và SG12) với tỷ lệ B/A thấp (0,107, 0,037, 0,048, 0,042, 0,039, 0,028 theo tuần tự). *Monhystera*, *Parodontophora*, *Theristus* là những giống phong phú về số lượng tại các điểm này (17,35-84,67% tổng số cá thể của mỗi điểm) nhưng tỷ lệ B/A rất thấp (0,023-0,075), thấp hơn so với đợt khảo sát mùa khô 2014. Mật độ cao của các giống kích thước nhỏ này làm cho chỉ số W thấp cũng như hình dạng đường cong ABC nói lên môi trường nền đáy các cảng này đang bị tác động mạnh [5].

Mùa khô năm 2015:

Vào mùa khô 2015, môi trường SG9 và SG12, SG11 bị xáo trộn lớn, đường cong ABC cho thấy ưu thế về đường sinh khối thấp hơn so với đường số lượng và giá trị W từ -0,022 đến 0. Các khu vực SG8, SG6, SG7 ít bị tác động với W=0,005-0,08, các đường cong trong biểu đồ dao động quanh nhau một vài lần. Các điểm còn lại không bị tác động (W=0,114-0,191) (hình 5).



Hình 5: đường cong ABC tại các trạm bị xáo trộn lớn vào mùa khô 2015

Cũng tương tự như mùa khô 2014, tỷ lệ B/A thấp ở các khu vực SG9, SG11 và SG12 (tương ứng với 0,08, 0,08 và 0,11). Những điểm này tập trung số lượng lớn của các giống *Parodontophora* và *Theristus* (17,10-60,09% tổng số cá thể mỗi điểm), tuy nhiên tỷ lệ B/A của chúng thấp (0,042-0,124). Sự hiện diện đông đảo của các giống kích thước nhỏ dẫn đến đường cong ABC chỉ thị cho môi trường các cảng này bị xáo trộn [5].

Mùa mưa năm 2015:

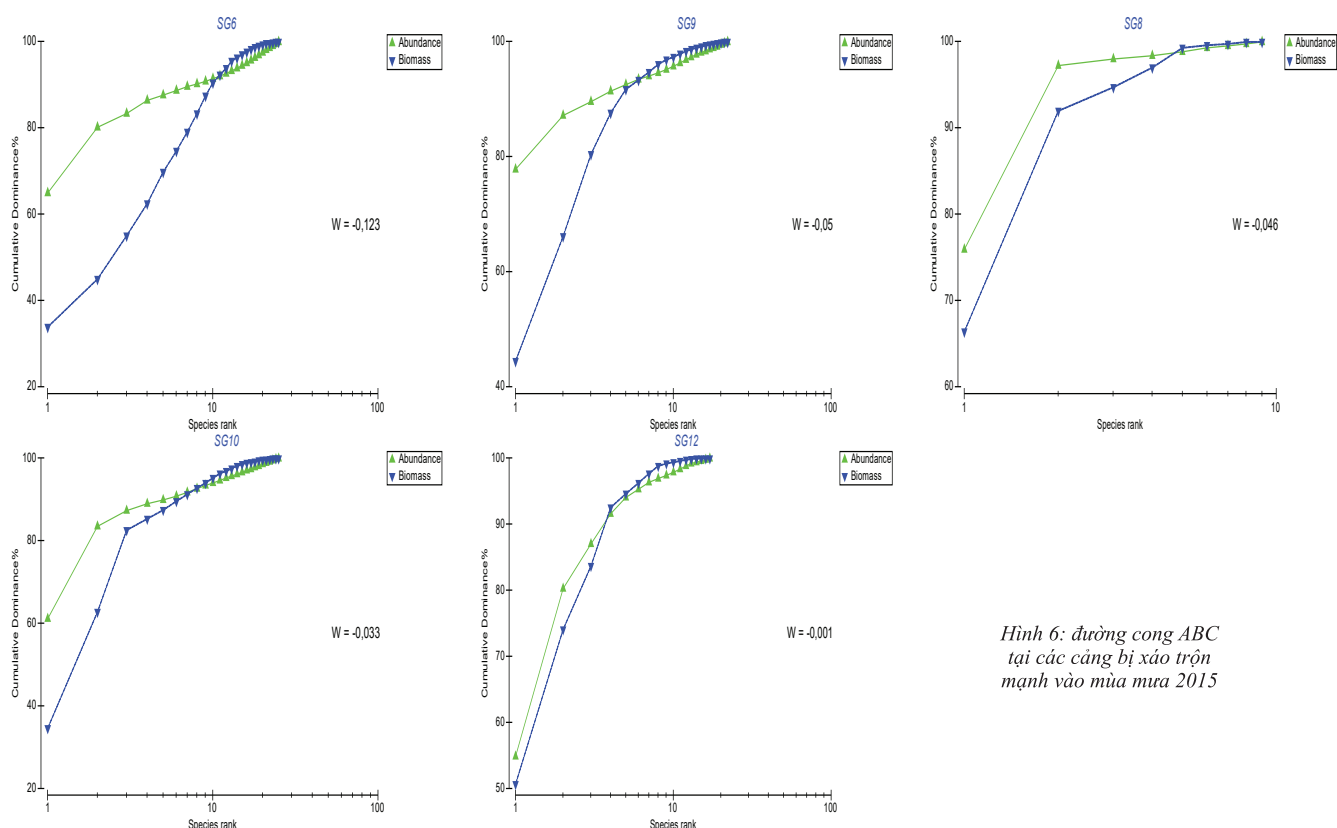
Ở đợt khảo sát cuối - mùa mưa 2015, môi trường nền đáy các khu vực SG6, SG9, SG8, SG10, SG12 bị tác động lớn, với chỉ số W từ -0,123 đến -0,001, dạng

đường cong ABC biểu hiện đường sinh khối thấp hơn nhiều so với đường số lượng. SG1, SG11, SG2, SG7 là những điểm bị tác động nhẹ với W= 0,013-0,091, hai đường cong giao nhau tại một vài vị trí. Các điểm còn lại SG3, SG4, SG5 không bị tác động (W= 0,145-0,256) (hình 6).

Các điểm bị ô nhiễm nặng (SG6, SG9, SG8, SG10, SG12) có tỷ lệ B/A thấp, từ 0,052 đến 0,136. Một số giống mật độ cao ở các cảng này như *Parodontophora*, *Terschellingia* và *Theristus* (21,35-77,78% tổng số cá thể ở mỗi điểm) nhưng lại thấp về tỷ lệ B/A (0,03-0,097). Trong khi đó có sự xuất hiện một vài cá thể của *Dorylaimus* và *Sabatieria* (0,76 và 6,80% tổng số cá thể của điểm) với tỷ lệ B/A khá cao (4,306 và 0,3). Việc ghi nhận một vài cá thể của các nhóm có kích thước lớn bên cạnh mật độ ưu thế của các giống kích thước nhỏ, cũng như chỉ số W có giá trị thấp dẫn đến đường cong ABC các khu vực này có dạng đường số lượng nằm trên đường sinh khối, chỉ thị cho môi trường các cảng này bị xáo trộn [5].

Bàn luận

Trên cơ sở phân tích đường cong ABC và chỉ số W trên quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng môi trường sông Sài Gòn, kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp áp dụng đã cho kết quả nhanh và chính xác về chất lượng môi trường nước và trầm tích của các thủy vực. So sánh với các nghiên cứu trên thế giới về sử dụng đường cong ABC cho thấy, phương pháp này hoàn toàn có thể vận dụng rộng rãi trong đánh giá chất lượng môi trường. Kết quả nghiên cứu của Warwick (1988) khi xem xét sử dụng quần xã động vật đáy cỡ lớn (macrofauna) ở Frierfjord Langesundfjord để đánh giá tác động môi trường ở 6 trạm A, B, C, D,



Hình 6: đường cong ABC tại các cảng bị xáo trộn mạnh vào mùa mưa 2015

E và G đã phát hiện bằng phân tích đơn biến thấy các trạm B, C và D bị tác động, A và G không bị xáo trộn, còn E không cho kết quả rõ ràng; hay kết hợp so sánh một loạt phân tích đơn biến giữa các trạm chỉ ra trạm B và C bị tác động mạnh nhất, giảm dần ở các trạm D, E, G, A; thì phân tích đường cong ABC cho kết quả rõ ràng hơn các phân tích so sánh đơn biến trên, về cấp độ tác động như sau: trạm A và G không bị tác động, trong khi B và E ô nhiễm vừa, còn C và D trung gian giữa ô nhiễm nặng và ô nhiễm vừa [7]. Tương tự, Patrick & Jacky (1990) nhận định phương pháp ABC là một chỉ số nhạy cảm với những xáo trộn vật lý và sinh học cũng như sự ô nhiễm theo không gian và thời gian. Nghiên cứu đường cong ABC trên động vật đáy không xương sống cỡ lớn ở một số vùng ở Oosterschelde cho thấy môi trường bị tác động xấu, liên quan đến thời gian triều thấp kéo dài hoặc tác động của con người. Phương pháp này cũng chỉ ra sự xáo trộn liên quan đến chế độ dòng triều thấp ngắn và sinh khối của nhóm động vật không xương sống ở mức thấp nhất [8].

Phương pháp này cũng được nghiên cứu và mô tả rõ hơn theo đường cong của số cá thể và sinh khối trong nghiên cứu của Vidakovic' & Bogut (2004). Công bố này cho thấy phương pháp ABC trên quần xã tuyến

trùng sống tự do đã chỉ ra sự xáo trộn nhẹ vùng trầm tích nền cát của phần biển sâu nhất [15]. Hơn nữa, Sabeel & Vanreusel (2015) chứng minh rằng sử dụng đồ thị ABC trên quần xã tuyến trùng có thể dò tìm ảnh hưởng của việc phá rừng ngập mặn gây xáo trộn vừa đến xáo trộn mạnh. Kết quả cũng đề xuất sự biến đổi các hạt trầm tích và chất lượng thức ăn ảnh hưởng mạnh mẽ đến tổng sinh khối. Việc phá hoại rừng ngập mặn là nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi kích thước sinh khối của sinh vật ở tất cả mực nước, dẫn đến tăng nhóm tuyến trùng ăn không chọn lọc, kích thước cơ thể nhỏ và dễ thay đổi [14].

Như vậy, phương pháp ABC trên quần xã tuyến trùng đã hoàn toàn đủ cơ sở và khẳng định hoạt động cảng gây xáo trộn môi trường trầm tích trên sông Sài Gòn [23].

Kết luận

Kết quả nghiên cứu áp dụng phương pháp đường cong ABC trên quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng môi trường sông Sài Gòn làm chỉ thị đã cho kết quả nhanh và chính xác. Thông qua sinh khối và mật độ phân bố của quần xã tuyến trùng vùng dưới triều đã chứng minh chất lượng môi trường nền đáy

sông Sài Gòn không đồng nhất theo thời gian tại tất cả các vị trí khảo sát. Một số khu vực bị ô nhiễm nặng hầu như trong cả 4 đợt là Cảng Biển Đông, Cảng Bông Sen và Cảng Dầu thực vật. Các điểm Tân Thuận Đông, Cảng Bến Nghé, Cảng Sài Gòn mới, Cảng Nhà máy đóng tàu biển Sài Gòn ô nhiễm nặng trong mùa mưa. Một số cảng khác có dấu hiệu ô nhiễm nhẹ như Bến Nghé, Cảng Công ty liên doanh phát triển tiếp vận số 1 - VICT, Cảng Sài Gòn mới, Cảng Nhà máy đóng tàu biển Sài Gòn trong mùa khô và khu vực Bến Dược của huyện Củ Chi, Tân Cảng, Nhà máy đóng tàu Ba Son, Cảng Công ty liên doanh phát triển tiếp vận số 1 - VICT trong mùa mưa.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong khuôn khổ đề tài mã số 106-NN.06-2013.66. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] V.T.N. Lam & N. Vilas (2015), "Assessment of vulnerabilities to climate change for urban water and wastewater infrastructure management: Case study in Dong Nai river basin, Vietnam", *Environmental Development*, **16**, pp.119-137.
- [2] D.M. Deeley, E.I. Paling (1999), "Assessing the ecological health of estuaries in Australia", *National River Health Program, Urban Sub Program, Report No.10, LWRDC Occasional Paper*, pp.17-99.
- [3] C. Heip, M. Vincx, G. Vranken (1985), "The ecology of marine nematodes". *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **23**, pp.399-489.
- [4] K. Ritz, H.I.J. Black, C.D. Campbell, J.A. Harris, C. Wood (2009), "Selecting biological indicators for monitoring soils: A framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development", *Ecological Indicators*, **9**, pp.1212-1221.
- [5] X.Q. Ngo, N.C. Nguyen, N. Smol, L. Prozorova and A. Vanreusel (2016), "The strong link of intertidal nematode communities with sediment features in the Mekong estuaries provides a useful tool for biomonitoring", *Environmental Monitoring and Assessment*, **188**(2), pp.1-16.
- [6] R.M. Warwick (1986), "A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities", *Mar. Biol.*, **92**, pp.557-562.
- [7] J.J. Beukema (1988), "An evaluation of the ABC-method (abundance/biomass comparison) as applied to macrozoobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea", *Mar. Biol.*, **99**, pp.425-433.
- [8] R.M. Warwick (1988), "Effects on community structure of a pollutant gradient - summary", *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **46**, pp.207-211.
- [9] M.M. Patrick & D. Jacky (1990), "Use of the abundance/biomass comparison method for detecting environmental stress: some considerations based on intertidal macrozoobenthos and bird communities", *Journal of Applied Ecology*, **27**, pp.210-223.
- [10] J.B.R. Agard, J. Gobin & R.M. Warwick (1993), "Analysis of marine macrobenthic community structure in relation to pollution, natural oil seepage and seasonal disturbance in a tropical environment (Trinidad, West Indies)", *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **92**, pp.233-243.
- [11] D.M. Simin, S.M.B. Nabavi, G.M. Jasem, J. Najmeh & K. Emad (2012), *Application of abundance biomass curve in ecological health assessment of Khure-Mussa (Northwest of the Persian Gulf)*.
- [12] K.R. Clarke, (1990), "Comparisons of dominance curves", *J expo mar. Biol. Ecol.*, **138**, pp.143-157.
- [13] R.M. Warwick & K.R. Clarke (1994), "Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities", *Mar. Biol.*, **118**, pp.739-744.
- [14] K.R. Clarke & R.M. Warwick (2001), "Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation", *PRIMER-E Ltd, 2nd edition. Plymouth. Marine Laboratory, UK.*, 175pp.
- [15] J. Vidakovic' & I. Bogut (2004), "Aquatic nematodes of Sakadaš lake (Kopački rit Nature Park, Croatia)", *Biologia, Bratislava*, **59**(5), pp.567-575.
- [16] R.A.O. Sabeel & A. Vanreusel (2015), "Potential impact of mangrove clearance on biomass and biomass size spectra of nematode along the Sudanese Red Sea coast", *Marine Environmental Research*, **103**, pp.46-55.
- [17] Nguyễn Vũ Thanh (2005), "Sử dụng phương pháp ABC và hệ điểm BMWP^{VIETNAM} đánh giá nhanh chất lượng nước sông Cầu", *Tạp chí Khoa học công nghệ*, **43**(1), tr.58-68.
- [18] M. Vincx (1996), "Meiofauna in marine and freshwater sediments. In G.S. Hall (Ed.), *Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediments*", *Wallinfort, UK: CAB International*, pp.187-195.
- [19] R.M. Warwick, H.M. Platt & P.J. Somerfield (1998), "Free living marine nematodes. Part III. Monhysterids", *The Linnean Society of London and the Estuarine and Coastal Sciences Association, London*, 296p.
- [20] A. Zullini (2005), "Identification manual for freshwater nematode genera", *Ghent University*, 210p.
- [21] Nguyễn Vũ Thanh (2007), *Động vật chỉ Việt Nam - Giun tròn sống tự do (các bộ: Monhysterida, Araeolaimida, Chromadorida, Rhabditida, Enoplida, Mononchida, Dorylaimida)*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 458 tr.
- [22] W. Wieser (1953), "Die Beziehung zwischen Mundhöhlengestalt, Ernährungsweise und Vorkommen bei freilebenden marinen Nematoden". *Ark. Zool.*, **2**, pp.439-484.
- [23] T.M.Y. Nguyen & X.Q. Ngo (2015), "Rapid assessment of sediment environmental quality in the SaiGon River harbors by applying MI index and cp triangle of free living nematodes", *The proceeding of International workshop on environment and climate change - challenge, response and*

Nhận diện hàm mật độ xác suất trong đáp ứng phi tuyến của kết cấu với tham số đầu vào ngẫu nhiên

Đăng Công Thuật*

Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp
Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

Ngày nhận bài 19/1/2017, ngày chuyển phản biện 23/1/2017, ngày nhận phản biện 21/2/2017, ngày chấp nhận đăng 26/2/2017

Bài báo trình bày một phương pháp nhận diện hàm mật độ xác suất trong đáp ứng phi tuyến của kết cấu chịu tải trọng động đất với tham số đầu vào ngẫu nhiên. Ở phương pháp này, các đáp ứng động lực học ngẫu nhiên được biểu diễn thông qua phương trình vi phân chuyển động và là hàm số của các tham số ngẫu nhiên. Phương trình tiến hóa hàm mật độ xác suất của các đáp ứng này sẽ được hình thành dựa vào nguyên lý bảo toàn xác suất. Giải phương trình vi phân sẽ cho phép chúng ta xác định được hàm mật độ xác suất của các đáp ứng theo thời gian. Sự chính xác và hiệu quả của phương pháp được chứng minh thông qua 2 ví dụ số, bao gồm hệ một bậc tự do và khung thép phi tuyến. Khi quan sát sự tiến hóa của hàm mật độ xác suất, chúng ta nhận thấy rằng, quy luật phân phối của nó phức tạp và không tuân theo bất kỳ một quy luật thông thường nào đã biết trước đây.

Từ khóa: động đất, động lực học ngẫu nhiên, hàm mật độ xác suất, phi tuyến, sự tiến hóa.

Chỉ số phân loại: 2.1

Identification of probability density function for the nonlinear response of structures with uncertain input

Summary

A method for the identification of the probability density function of nonlinear structures subjected to the earthquake with random input is presented in this paper. In the method, the dynamic response of stochastic nonlinear structures is firstly expressed in a formal solution which is a function of random parameters. The probability density evolution equation (PDEE) is then derived according to the principle of preservation of probability. The solution of this equation can put out the instantaneous probability density function. The accuracy and efficiency of the method are demonstrated by numerical examples, including a SDOF system and a steel frame. The evolution of probability density functions of the stochastic responses is observed, and it is shown that their distribution law is much irregular and far from well-known distribution types.

Keywords: earthquake, evolution, nonlinear, probability density function, stochastic dynamics.

Classification number: 2.1

Giới thiệu

Kết cấu công trình xây dựng (nhà xưởng, cầu cống, cảng biển...), trong quá trình sử dụng bình thường, sẽ chịu tác động của các tải trọng động ngẫu nhiên như tải trọng gió, tải trọng sóng hay tải trọng động đất... Hiện nay, mối quan tâm lớn của các nghiên cứu là làm sao nhận thức rõ về tình trạng chịu lực thực tế (đáp ứng) của kết cấu và tiên lượng được nguy cơ rủi ro của chúng trong điều kiện chịu tác động của thiên tai (gió bão, động đất...) [1, 2].

Do đặc điểm của các tải trọng này là ngẫu nhiên theo thời gian, nên các bài toán dao động được mô hình hóa dựa trên lý thuyết xác suất và quá trình ngẫu nhiên thông qua việc thiết lập và giải các phương trình vi phân ngẫu nhiên phi tuyến. Do kích động là các lực ngẫu nhiên nên các đáp ứng như dịch chuyển, vận tốc cũng có tính chất ngẫu nhiên. Bởi vậy, trong phân tích dao động ngẫu nhiên, kết quả của các đáp ứng được biểu diễn dưới dạng trung bình theo nghĩa xác suất. Hiện có 3 phương pháp chính để giải quyết vấn đề này. Thứ nhất là phương pháp mô phỏng Monte Carlo [3, 4]. Phương pháp này bền vững và mạnh mẽ ở khía cạnh phân tích kết cấu nhưng

*Email: dangcongthuat@dut.udn.vn

đòi hỏi thời gian tính toán rất dài. Phương pháp thứ 2 là phương pháp phần tử hữu hạn ngẫu nhiên [5]. Mặc dù những vấn đề về phân tích tĩnh và ổn định kết cấu có thể được giải quyết hiệu quả với phương pháp này, nhưng rất hạn chế trong việc phân tích đáp ứng động lực ngẫu nhiên của kết cấu. Phương pháp thứ 3 là khai triển chuỗi trực giao [6, 7] hiện đang được áp dụng nhiều, tuy nhiên trong trường hợp tăng số lượng biến ngẫu nhiên (BNN) thì chi phí tính toán trở nên quá lớn để đạt được sự xấp xỉ cần thiết trong không gian ngẫu nhiên. Bên cạnh đó, ở các phương pháp trên chỉ có thể tìm thấy giá trị trung bình (mean) và độ lệch chuẩn (standard deviation) các đáp ứng của kết cấu, còn hàm mật độ xác suất (probability density function - PDF) của các đáp ứng thì rất ít trường hợp tìm được nghiệm chính xác, mà điều này lại rất quan trọng để hiểu một cách toàn diện các thông tin xác suất của đáp ứng kết cấu.

Những năm gần đây, một họ các phương pháp tiến hóa hàm mật độ xác suất (Probability Density Evolution Method - PDEM) đã được đề xuất bởi các tác giả Li và Chen [8-10]. Ở phương pháp PDEM, phương trình tiến hóa theo thời gian của mật độ xác suất được hình thành dựa trên nguyên lý bảo toàn xác suất. Từ đó, sự tiến hóa của hàm mật độ xác suất sẽ được xác định chính xác trên toàn miền thời gian. Tuy nhiên, phương pháp này hầu như chưa được áp dụng trong các nghiên cứu ở nước ta hiện nay trong việc phân tích đáp ứng động lực học ngẫu nhiên của kết cấu. Chính vì vậy, trong bài báo này, tác giả trình bày kết quả áp dụng phương pháp PDEM vào việc nhận diện các hàm mật độ xác suất đáp ứng của kết cấu khung thép phi tuyến chịu tải trọng động đất với tham số đầu vào (tải trọng, vật liệu làm kết cấu...) ngẫu nhiên, giúp đưa ra cái nhìn chính xác hơn về tình trạng chịu lực thực tế (đáp ứng) của kết cấu và tiên lượng được nguy cơ rủi ro của chúng trong điều kiện chịu tác động của thiên tai (gió bão, động đất...).

Nội dung của phương pháp PDEM

Phương trình vi phân chuyển động và hàm mật độ xác suất của đáp ứng

Xét hệ kết cấu sau khi rời rạc hóa bằng phương pháp phần tử hữu hạn có n bậc tự do. Phương trình vi phân chuyển động của hệ kết cấu chịu tác động của kích động ngẫu nhiên được biểu diễn như sau:

$$\mathbf{M}(\mathbf{Z})\ddot{\mathbf{X}}(t) + \mathbf{C}(\mathbf{Z})\dot{\mathbf{X}}(t) + \mathbf{K}(\mathbf{Z})\mathbf{X}(t) = \mathbf{f}(\mathbf{Z}, t) \quad (1)$$

Với điều kiện ban đầu: $\mathbf{X}(t)|_{t=0} = \mathbf{X}_0$ và $\dot{\mathbf{X}}(t)|_{t=0} = \dot{\mathbf{X}}_0$. Trong đó, $\mathbf{X}(t)$, $\dot{\mathbf{X}}(t)$, $\ddot{\mathbf{X}}(t)$ lần lượt là các vectơ có kích thước $n \times 1$ thể hiện các đáp ứng chuyển vị, vận tốc, gia tốc theo thời gian (t); $\mathbf{M}$, $\mathbf{C}$, $\mathbf{K}$ là các ma trận có kích thước $n \times n$ của khối lượng, cản nhớt, độ cứng; $\mathbf{f}$ là vectơ $n \times 1$ của tải trọng kích động. Vectơ $\mathbf{z}$ gồm n_z tham số ngẫu nhiên đặc trưng cho tính ngẫu nhiên của tải trọng (động đất, gió...) hay tồn tại trong các đặc tính của kết cấu (kích thước, vật liệu...).

Trong trường hợp lực kích động ngẫu nhiên là gia tốc nền của động đất, công thức (1) sẽ trở thành:

$$\mathbf{M}(\mathbf{Z})\ddot{\mathbf{X}}(t) + \mathbf{C}(\mathbf{Z})\dot{\mathbf{X}}(t) + \mathbf{K}(\mathbf{Z})\mathbf{X}(t) = -\mathbf{M}\mathbf{i}\ddot{a}(\mathbf{Z}, t) \quad (2)$$

Với $\mathbf{i}$ là vectơ đơn vị, thay thế cho chuyển vị đơn vị tại móng so với hướng tác dụng của gia tốc nền; $\ddot{a}(\mathbf{Z}, t)$ là gia tốc nền.

Dựa vào công thức (1) hoặc (2) chúng ta thấy rằng, chuyển vị $\mathbf{X}(t)$ là một quá trình ngẫu nhiên phụ thuộc vào $\mathbf{z}$ và được xác định như sau:

$$\mathbf{X}(t) = -\mathbf{H}(\mathbf{Z}, t) \quad (3)$$

Ở đây, $\mathbf{H}$ là một toán tử xác định, luôn tồn tại và duy nhất. Ở công thức (3) nếu chỉ xét một thành phần $X(t)$ nào đó của vectơ $\mathbf{X}(t) = \{X_1(t), \dots, X_n(t)\}$, ta sẽ có:

$$X(t) = -H(\mathbf{Z}, t) \quad (4)$$

Theo nghiên cứu của các tác giả Li và Chen [8-10], hàm mật độ xác suất hợp $P_{xz}(x, z, t)$ của các BNN X và $\mathbf{Z}$ là nghiệm của phương trình vi phân sau:

$$\frac{\partial P_{xz}(x, z, t)}{\partial t} + x \left(\frac{\partial P_{xz}(x, z, t)}{\partial x} \right) = 0 \quad (5)$$

Ở đây, $\dot{X}(z, t)$ chính là vận tốc của đáp ứng $X(t)$ ứng với mỗi lần thực hiện của $\mathbf{Z}$.

Điều kiện ban đầu của phương trình (5) được cho bởi:

$$P_{xz}(x, z, t)|_{t=0} = \delta(x - x_0) p_z(z) \quad (6)$$

Trong đó, x_0 là giá trị ban đầu tất định của $X(t)$ và $\delta(\bullet)$ là hàm Dirac.

Như vậy, giải phương trình (5) kết hợp với điều kiện ban đầu (6) ta sẽ xác định được hàm mật độ xác suất hợp $P_{xz}(x, z, t)$ và dễ dàng tìm được phân bố xác suất của đáp ứng theo thời gian bởi tích phân sau:

$$P_X(x, t) = \int_{\Omega_Z} P_{xz}(x, z, t) dz \quad (7)$$

Với Ω_z là miền tích phân của các BNN Z .

Để giải phương trình (5) tìm xác suất hợp $P_{xz}(x, z, t)$, các tác giả Li và Chen [8-10] đã đề xuất thuật toán gồm 4 bước được mô tả cụ thể dưới đây.

Thuật toán thực hiện PDEM

Thuật toán để thực hiện phương pháp PDEM là sự kết hợp của (i) phương pháp số để tìm đáp ứng (vận tốc) của kết cấu theo thời gian và (ii) phương pháp sai phân hữu hạn để giải phương trình vi phân, gồm những bước như sau:

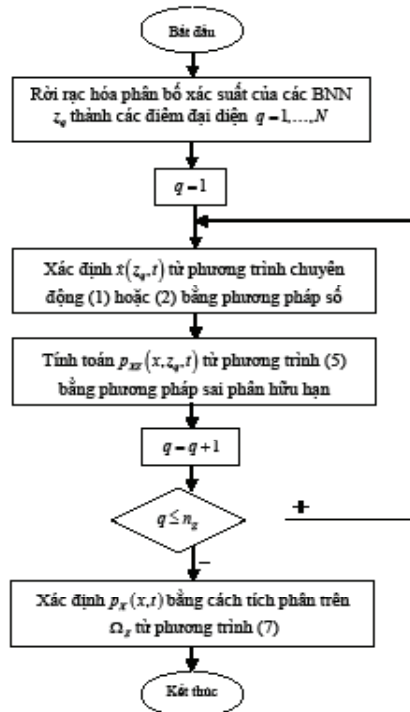
Bước 1: với mỗi BNN z_q của véc tơ BNN $Z = \{z_1, \dots, z_q, \dots, z_{n_z}\}$, chúng ta chọn một số điểm đại diện trên miền phân bố của nó.

Bước 2: với mỗi điểm đại diện của BNN z_q , tiến hành phân tích động lực học kết cấu để tìm vận tốc $X(z_q, t)$ bằng phương pháp số hoặc bằng các phần mềm phân tử hữu hạn.

Bước 3: giải phương trình vi phân (5) cho trường hợp $Z = z_q$ bằng phương pháp sai phân hữu hạn.

Bước 4: tiến hành tích phân số theo công thức (7) để xác định $P_x(x, t)$.

Các bước này được trình bày bằng sơ đồ thuật toán như hình 1.



Hình 1: thuật toán của phương pháp PDEM

Ví dụ áp dụng

Trong phần này, chúng tôi trình bày 2 ví dụ về việc áp dụng phương pháp PDEM để nhận diện hàm mật độ xác suất. Ở ví dụ thứ nhất, một dao động phi tuyến chịu kích động điều hòa với tần số ngẫu nhiên sẽ được thực hiện với mục đích xác nhận tính đúng đắn của phương pháp PDEM cũng như việc triển khai thuật toán trong phần mềm Matlab, các thông số của ví dụ này được sử dụng từ tài liệu [8]. Trong ví dụ thứ 2, hàm mật độ xác suất của chuyển vị một khung thép phi tuyến chịu tải trọng động đất ngẫu nhiên kết hợp với tham số không chắc chắn của vật liệu sẽ được khảo sát.

Hệ dao động một bậc tự do với tần số ngẫu nhiên

Xét dao động của hệ một bậc tự do không có cản nhớt như sau:

$$\ddot{X}(t) + \Theta^2 X(t) = 0 \quad (8)$$

Với điều kiện ban đầu $X(t)|_{t=0} = X_0$ và

$$\dot{X}(t)|_{t=0} = \dot{X}_0.$$

Đáp ứng của hệ sẽ là:

$$X(t) = X_0 \cos(\Theta t) \quad (9)$$

Với Θ là BNN và giả thiết phân bố đều trong khoảng $[\theta_1, \theta_2]$. Như vậy, ta có hàm mật độ xác suất của Θ như sau:

$$f_{\Theta}(\theta) = \begin{cases} \frac{1}{\theta_2 - \theta_1}, & \text{nếu } \theta_1 \leq \theta \leq \theta_2 \\ 0, & \text{hoặc ngược lại} \end{cases} \quad (10)$$

Nếu ta đặt $\psi = \Theta t$ thì PDF của BNN ψ sẽ được xác định bởi ánh xạ:

$$f_{\psi}(\psi) = \frac{1}{t} f_{\Theta}\left(\frac{\psi}{t}\right) \quad (11)$$

Như vậy, hàm mật độ xác suất của đáp ứng kết cấu theo thời gian như sau:

$$f_X(x, t) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{x_0^2 - x^2}} \sum_{k=0}^{\infty} \left[f_{\psi}\left(2k\pi + 2\pi - \cos^{-1}\left(\frac{x}{x_0}\right), t\right) + f_{\psi}\left(2k\pi + \cos^{-1}\left(\frac{x}{x_0}\right), t\right) \right], & \text{nếu } |x| \leq |x_0| \\ 0, & \text{hoặc ngược lại} \end{cases} \quad (12)$$

Bên cạnh đó, các đặc trưng xác suất như kỳ vọng, phương sai (độ lệch chuẩn) của hệ cũng được xác định.

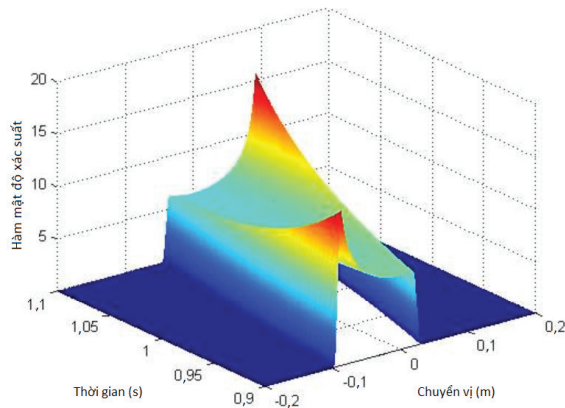
- Kỳ vọng $\mu(X)$:

$$\begin{aligned}\mu_X(t) = E(X) &= \int_{\theta_1}^{\theta_2} x_0 \cos(\theta t) f_{\Theta}(\theta) d\theta \\ &= \frac{x_0}{(\theta_2 - \theta_1)t} [\sin(\theta_2 t) - \sin(\theta_1 t)]\end{aligned}\quad (13)$$

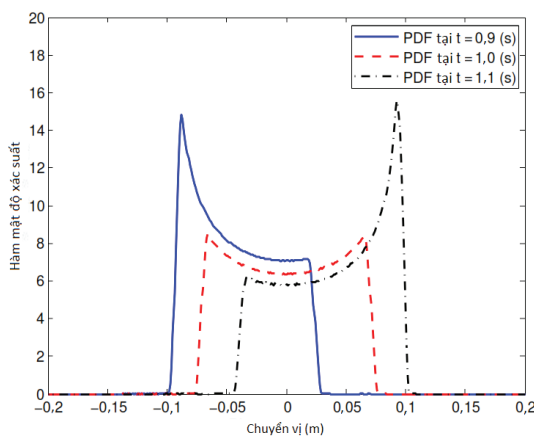
- Phương sai $\sigma^2(X)$:

$$\begin{aligned}\sigma_X^2(t) = E(X - E(X))^2 &= \frac{x_0^2}{(\theta_2 - \theta_1)t} \left[\frac{(\theta_2 - \theta_1)t}{2} + \frac{\sin(2\theta_2 t) - \sin(2\theta_1 t)}{4} \right] \\ &\quad - \left[\frac{x_0}{(\theta_2 - \theta_1)t} [\sin(\theta_2 t) - \sin(\theta_1 t)] \right]^2\end{aligned}\quad (14)$$

Mặt khác, áp dụng phương pháp PDEM đã mô tả ở trên, chúng ta có thể xác định được mật độ xác suất của chuyển vị theo thời gian và được biểu diễn ở các hình 2 và 3.



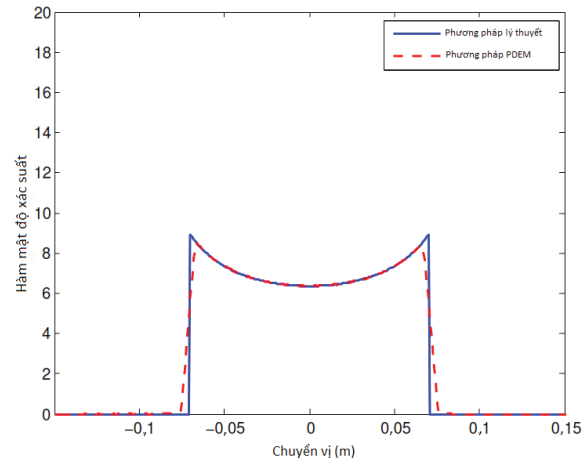
Hình 2: mật độ xác suất theo thời gian



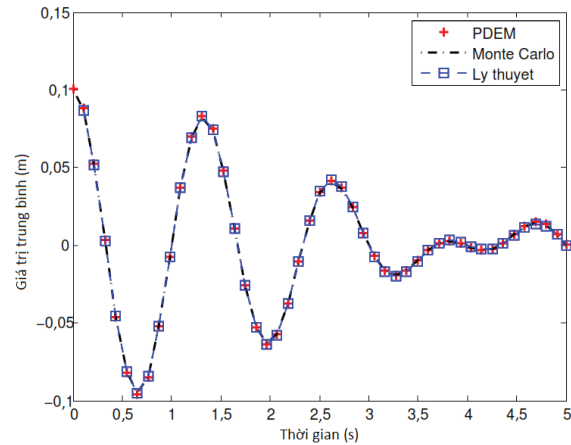
Hình 3: mật độ xác suất tại các thời điểm

Hình 4 và 5 mô tả kết quả so sánh các hàm mật độ xác suất, giá trị trung bình và độ lệch chuẩn tương ứng của 3 phương pháp: lý thuyết (giải tích), mô phỏng Monte Carlo và PDEM. Dễ dàng nhận thấy rằng, kết

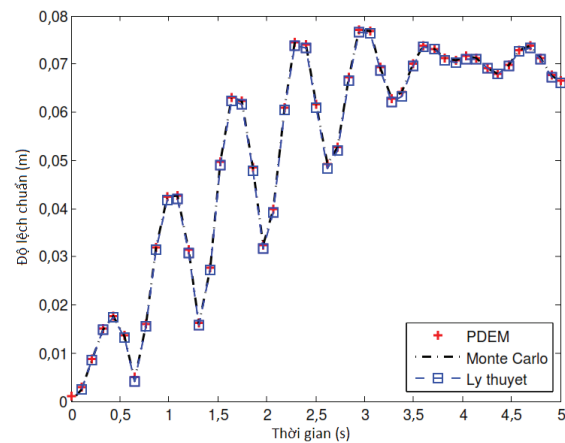
quả của phương pháp PDEM là chính xác và trùng khớp với phương pháp lý thuyết (xác định từ các công thức (12), (13) và (14)) và mô phỏng Monte Carlo.



Hình 4: so sánh kết quả lý thuyết và phương pháp PDEM tại thời điểm $t = 1$ s



a) Giá trị trung bình



b) Giá trị độ lệch chuẩn

Hình 5: kết quả chuyển vị trung bình và độ lệch chuẩn tương ứng

Khung thép phi tuyến chịu tác động của động đất

Tải trọng động đất:

Tải trọng động đất trong ví dụ này được sử dụng

từ nguồn dữ liệu động đất đã được phát triển cho dự án FEMA SAC (SEAOC-ATC-CUREe) [11] và đã được sử dụng trong nghiên cứu của Yi và cộng sự [12]. Những gia tốc lịch sử thời gian này đã được ghi lại từ các trận động đất thực tế ở Los Angeles (Hoa Kỳ) và từ mô phỏng vật lý, với một số điều chỉnh tuyến tính. Bộ gia tốc nền gồm có 60 gia tốc chia thành 3 nhóm (mỗi nhóm bao gồm 20 bản ghi gia tốc) với xác suất lặp lại 50 năm tương ứng là 50%, 10% và 2%. Trong ví dụ này chỉ sử dụng 20 gia tốc được liệt kê trong bảng 1.

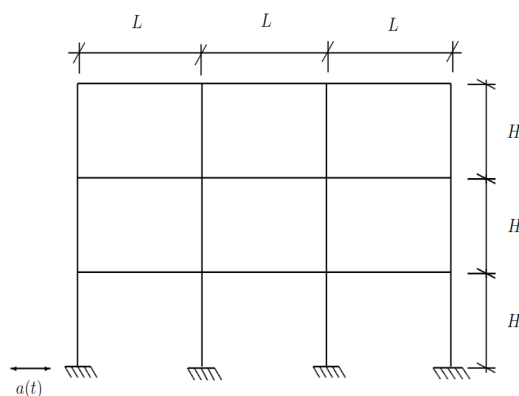
Bảng 1: thông tin các trận động đất

STT	Trận động đất	Độ lớn magnitude	PGA (cm/s ²)
1	Imperial Valley, 1940, El Centro	6,9	452,03
2	Imperial Valley, 1940, El Centro	6,9	662,88
3	Imperial Valley, 1979, Array #05	6,5	386,04
4	Imperial Valley, 1979, Array #05	6,5	478,65
5	Imperial Valley, 1979, Array #06	6,5	295,69
6	Imperial Valley, 1979, Array #06	6,5	230,08
7	Landers, 1992, Barstow	7,3	412,98
8	Landers, 1992, Barstow	7,3	417,49
9	Landers, 1992, Yermo	7,3	509,70
10	Landers, 1992, Yermo	7,3	353,35
11	Loma Prieta, 1989, Gilroy	7,0	652,49
12	Loma Prieta, 1989, Gilroy	7,0	950,93
13	Northridge, 1994, Newhall	6,7	664,93
14	Northridge, 1994, Newhall	6,7	644,49
15	Northridge, 1994, Rinaldi RS	6,7	523,30
16	Northridge, 1994, Rinaldi RS	6,7	568,58
17	Northridge, 1994, Sylmar	6,7	558,43
18	Northridge, 1994, Sylmar	6,7	801,44
19	North Palm Springs, 1986	6,0	999,43
20	North Palm Springs, 1986	6,0	967,61

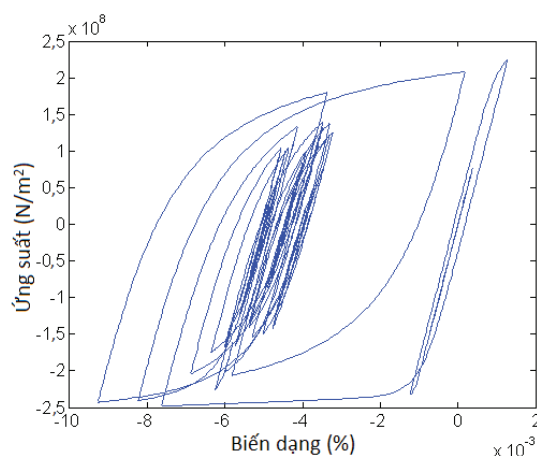
Để tăng tính ngẫu nhiên của tải trọng động đất, gia thiết gia tốc đỉnh (Peak of Ground Acceleration - PGA) của bộ 20 gia tốc này tuân theo quy luật phân phối xác suất log-normal.

Mô hình kết cấu:

Kết cấu khung phẳng bằng thép gồm có 3 tầng và 3 nhịp, với kích thước như sau: chiều cao tầng $H = 3$ m, nhịp $L = 5$ m. Vật liệu thép có tính chất phi tuyến tính theo mô hình Giuffre-Menegotto-Pinto [13]. Minh họa kết cấu được thể hiện trong hình 6.

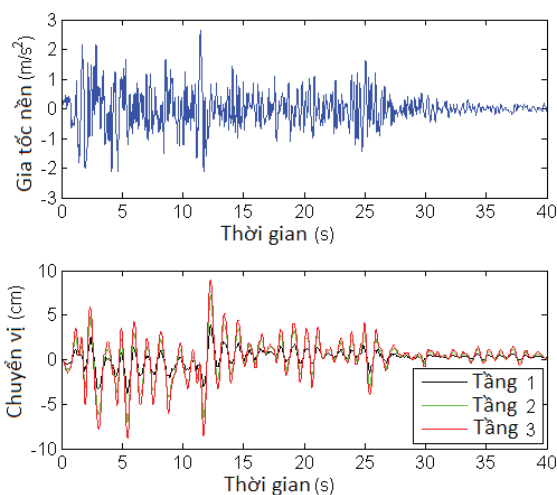


a) Khung thép 3 tầng, 3 nhịp



b) Quan hệ phi tuyến giữa ứng suất và biến dạng

Hình 6: mô hình kết cấu



Hình 7: minh họa gia tốc nền và chuyển vị các tầng của kết cấu

Giá trị tiếp tuyến mô đun đàn hồi ban đầu (*initial elastic tangent*) của thép $E_0 = 205.000$ MPa, cường độ đàn hồi $F_y = 235$ Mpa và tỷ lệ tăng bền biến dạng (*strain hardening ratio*) là 0,01. Đáp ứng của kết cấu được xác định từ mô phỏng số bằng phần mềm phân tử hữu hạn OpenSees [13] và được minh họa ở hình 7.

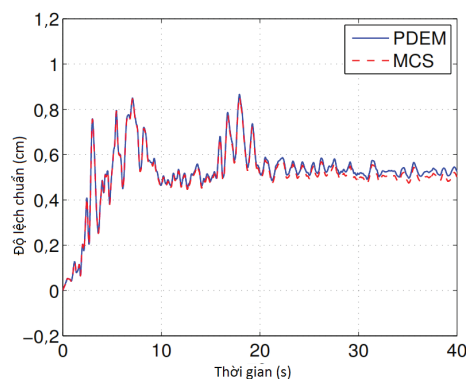
BNN và lựa chọn các điểm rời rạc:

Như đã giới thiệu ở trên, chúng ta sử dụng 20 gia tốc nền, nếu gọi S là sự kiện xuất hiện một gia tốc nền trong tập hợp 20 gia tốc nền ở trên thì S là một BNN phân bố đều và có hàm mật độ xác suất $p_s(s) = \frac{1}{20} = 0,05$; kết hợp với quy luật phân phối xác suất của gia tốc đỉnh (ký hiệu là A) được giả thiết tuân theo quy luật log-normal với giá trị trung bình (mean) $\mu_A = 2,4 \text{ m/s}^2$ và độ lệch chuẩn (standard deviation) $\sigma_A = 0,4 \text{ m/s}^2$. Mặt khác, tham số mô đun đàn hồi E_0 cũng được xem xét như là một BNN đầu vào khi kể đến tính ngẫu nhiên của vật liệu làm kết cấu và E_0 được giả thiết tuân theo quy luật phân bố chuẩn với giá trị trung bình $\mu_{E_0} = 205.000 \text{ Mpa}$ và độ lệch chuẩn $\sigma_{E_0} = 20.500 \text{ Mpa}$. Như vậy, vectơ BNN sẽ bao gồm 3 BNN $\mathbf{Z} = \{S, A, E_0\}$.

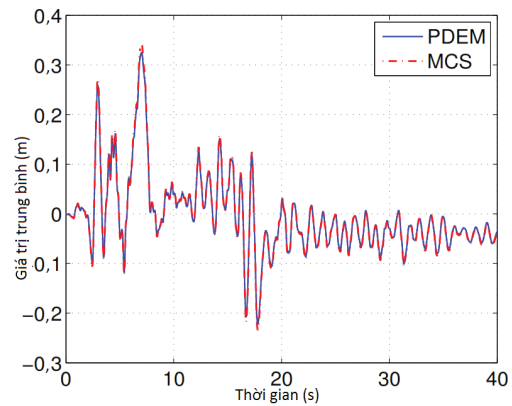
Trong phương pháp PDEM, các BNN này phải được rời rạc hóa thành các điểm đại diện với các mật độ xác suất tương ứng, theo kinh nghiệm của Li và Chen [8, 10], trong trường hợp có 3 BNN thì tích số của các điểm đại diện của 3 BNN này cần phải có ít nhất từ 250-600. Trong ví dụ này, với 20 điểm của BNN S chúng ta dự kiến rời rạc hóa mỗi BNN A và E_0 thành 7 điểm, vậy ta có $20 \times 7 \times 7 = 980 > 600$ nên thỏa mãn yêu cầu.

Kết quả phân tích động lực học:

Ở đây, chúng ta sẽ sử dụng phương pháp PDEM và phương pháp mô phỏng Monte Carlo (Monte Carlo Simulation - MCS) để phân tích đáp ứng động lực học của khung thép phi tuyến chịu tải trọng động đất. Trong đó, đối với phương pháp PDEM, sẽ thực hiện 980 lần phân tích đáp ứng động lực học của kết cấu tương ứng với 980 điểm mô tả ở trên; còn đối với Monte Carlo sẽ thực hiện với 1×10^5 lần mô phỏng.



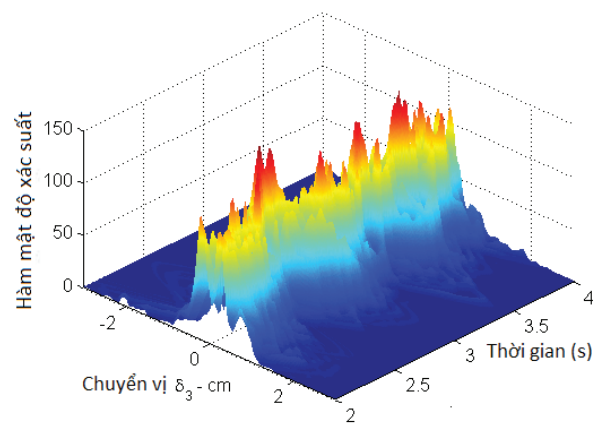
a) Giá trị trung bình



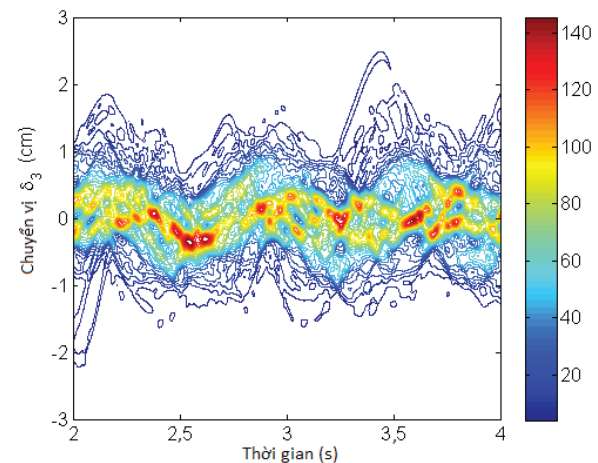
b) Giá trị độ lệch chuẩn

Hình 8: kết quả chuyển vị tương đối δ_3

Đáp ứng động lực học ngẫu nhiên của kết cấu được xem xét là chuyển vị tương đối giữa tầng 3 và tầng 2 (ký hiệu là $\delta_3(t)$). Hình 8 thể hiện kết quả đạt được của giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của chuyển vị tương đối $\delta_3(t)$ theo phương pháp PDEM và MCS cho thấy, kết quả của phương pháp PDEM rất phù hợp với phương pháp mô phỏng Monte Carlo. Điều này khẳng định tính chính xác của phương pháp PDEM.

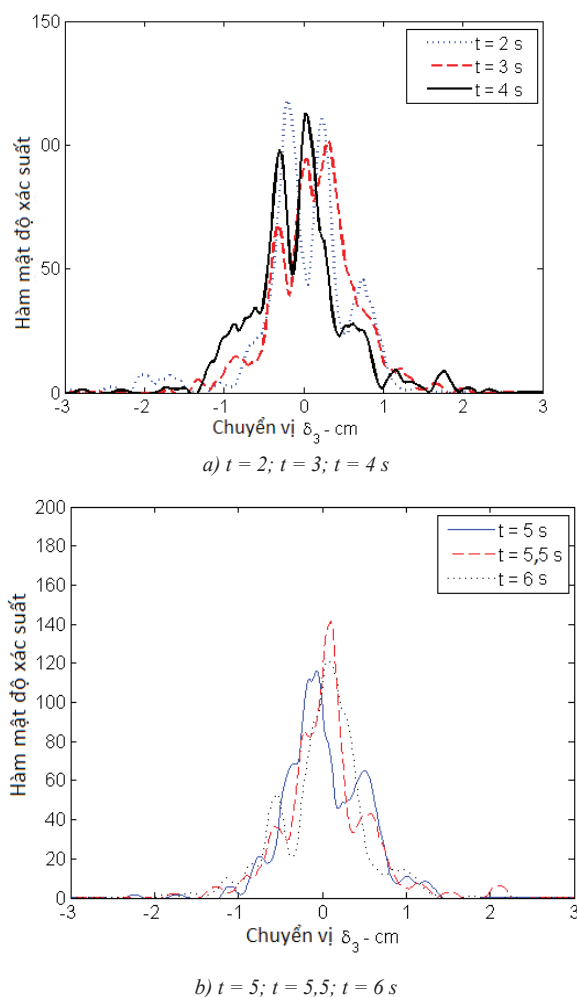


a) Mật độ xác suất theo không gian



b) Mật độ xác suất theo đường đồng mức

Hình 9: sự tiến hóa mật độ xác suất của δ_3



Hình 10: mật độ xác suất của δ_3 tại các thời điểm khác nhau

Bên cạnh đó, có thể dễ dàng xác định mật độ xác suất của đáp ứng kết cấu trên toàn miền thời gian hoặc bất kỳ thời điểm nào trên miền đó, kết quả thể hiện ở hình 9 và 10. Như vậy, tại một thời điểm nhất định ($t = 2; t = 3; t = 4 \dots$), phân bố mật độ xác suất của δ_3 rất phức tạp, không tuân theo bất kỳ quy luật phổ biến nào, nó có rất nhiều đỉnh (peak) ở trên hàm mật độ xác suất.

Kết luận

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu nhận diện hàm mật độ xác suất đáp ứng kết cấu chịu tải trọng động đất với các tham số đầu vào ngẫu nhiên dựa vào phương pháp tiến hóa hàm mật độ xác suất. Thuật toán để thực hiện phương pháp PDEM là sự kết hợp của phương pháp số và phương pháp sai phân hữu hạn. Sự

chính xác của phương pháp PDEM và chương trình Matlab được xác nhận thông qua việc xét một dao động không cân nhắc với tần số ngẫu nhiên và kết cấu khung thép phi tuyến. Với phương pháp PDEM có thể xác định được hàm mật độ xác suất các đáp ứng (chuyển vị đỉnh, chuyển vị tương đối...) trên toàn miền thời gian. Khi đó, nếu quan sát tại một thời điểm nhất định, hàm mật độ xác suất này không tuân theo một quy luật phân bố xác suất nào đã biết. Vì vậy, điều này có thể ảnh hưởng đến sai số trong các bài toán phân tích độ tin cậy nếu chúng ta giả thiết hàm mật độ này sẽ tuân theo một quy luật cho trước, ví dụ như normal, log-normal... Đây cũng chính là chủ đề được tác giả quan tâm trong các nghiên cứu tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

- [1] M. Lemaire, A. Chateaufeuf, and J.C. Mitteau (2005), *Fiabilité des structures: couplage mécano-fiabiliste statique*, Hermès Science Publications.
- [2] A. Preumont (1990), "Vibrations aléatoires et analyse spectrale", PPUR presses polytechniques.
- [3] C.J. Astill, S.B. Imosseir, and M. Shinozuka (1972), "Impact loading on structures with random properties", *J. Struct. Mech.*, **1**(1), pp.63-77.
- [4] F.J. Wall and C.G. Bucher (1987), "Sensitivity of expected exceedance rate of SDOF-system response to statistical uncertainties of loading and system parameters", *Probabilistic Eng. Mech.*, **2**(3), pp.138-146.
- [5] M. Kleiber and T.D. Hien (1992), *The stochastic finite element method: basic perturbation technique and computer implementation*, Wiley.
- [6] R. Ghanem and P.D. Spanos (1990), "Polynomial chaos in stochastic finite elements", *J. Appl. Mech.*, **57**(1), pp.197-202.
- [7] H. Jensen and W.D. Iwan (1992), "Response of systems with uncertain parameters to stochastic excitation", *J. Eng. Mech.*, **118**(5), pp.1012-1025.
- [8] J. Li and J.B. Chen (2004), "Probability density evolution method for dynamic response analysis of structures with uncertain parameters", *Comput. Mech.*, **34**(5), pp.400-409.
- [9] J.B. Chen and J. Li (2005), "Dynamic response and reliability analysis of non-linear stochastic structures", *Probabilistic Eng. Mech.*, **20**(1), pp.33-44.
- [10] J. Li and J.B. Chen (2006), "The probability density evolution method for dynamic response analysis of non-linear stochastic structures", *Int. J. Numer. Methods Eng.*, **65**(6), pp.882-903.
- [11] S.J. Venture (1997), "Develop suites of time histories", *Proj. Task: 5.4.1*, Draft Report, Sacramento, C.A.
- [12] J.H. Yi, S.H. Kim, and S. Koshiyama (2007), "PDF interpolation technique for seismic fragility analysis of bridges", *Eng. Struct.*, **29**(7), pp.1312-1322.
- [13] S. Mazzoni, F. McKenna, M.H. Scott, G.L. Fenves, and others (2006), "OpenSees command language manual", *Pac. Earthq. Eng. Res. PEER Cent.*

Chế tạo và đánh giá thiết bị thăm dò điện trở suất đa cực dùng các module DAQ công nghiệp cho ứng dụng thăm dò môi trường đất

Trần Vĩnh Thắng^{1*}, Đỗ Anh Chung², Đỗ Trung Kiên¹, Nguyễn Đức Vinh¹

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

²Viện Phòng trừ mối và Bảo vệ công trình, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Ngày nhận bài 17/11/2016, ngày chuyển phản biện 22/11/2016, ngày nhận phản biện 26/12/2016, ngày chấp nhận đăng 25/1/2017

Thiết bị thăm dò điện trở suất đa cực đã được nghiên cứu và triển khai chế tạo thử nghiệm với mục đích ứng dụng phương pháp thăm dò không phá hủy này trong lĩnh vực quan trắc môi trường đất đá. Thiết bị sử dụng module DAQ công nghiệp giá thành thấp nhưng có độ bền và khả năng hoạt động tốt trong các môi trường thực địa khắc nghiệt. Kết hợp với các phương pháp xử lý số liệu, phần mềm thu thập và điều khiển linh hoạt cho phép thiết bị hoạt động tự động và mặc dù với nguồn phát dòng thấp nhưng vẫn đảm bảo độ tin cậy của số liệu thu được. Kết quả thử nghiệm cho thấy, hướng phát triển này là khả thi và hoàn toàn có khả năng triển khai ứng dụng rộng rãi trong thăm dò hay quan trắc hình ảnh phân bố điện trở suất 2D của môi trường đất đá, phục vụ nghiên cứu quá trình xâm nhập mặn, trượt lở, ô nhiễm môi trường đất, hay thay đổi độ ẩm đất ứng dụng trong nông nghiệp.

Từ khóa: DAQ công nghiệp, đa cực, địa điện, điện trở suất, thu thập số liệu.

Chỉ số phân loại: 2.2

Development and assessment of an industrial DAQ based multielectrode geoelectrical resistivity instrument for exploring the soil environment

Summary

Multielectrode geoelectrical resistivity instrument have been researched and developed for nondestructive soil environmental surveying or monitoring applications. With a low cost, industrial DAQ modules, and a data processing method in the flexible control software, the instrument can work automatically and give a more reliable results despite the low input current. Field experiments showed that this approach was feasible to be applied in many fields such as 2D resistivity image exploration and monitoring of the soil environment, salinity intrusion or landslide investigation, contaminated environments, and soil moisture monitoring in agriculture.

Keywords: data acquisition, geoelectrical, industrial DAQ, multielectrode, resistivity.

Classification number: 2.2

Giới thiệu

Trên cơ sở các tham số vật lý như điện trở suất của môi trường đất đá phụ thuộc vào thành phần hóa học, phân bố, cấu trúc, độ ngậm nước của môi trường đó mà phương pháp thăm dò địa điện trở suất dùng dòng điện một chiều (gọi tắt là thăm dò điện trở) đã ra đời [1, 2]. Phương pháp này được áp dụng rộng rãi trên thế giới trong nhiều lĩnh vực như khảo sát môi trường, tìm kiếm tài nguyên (nước, khoáng sản), trong nông nghiệp, địa chất, phát hiện tai biến ngầm... [3-6]. Các nghiên cứu gần đây hướng tới phát triển các hệ thống quan trắc tự động điều khiển bằng máy tính dùng để phát hiện những hiện tượng quá độ như sự thấm nước, trượt lở đất và sự trao đổi chất hay ô nhiễm môi trường theo thời gian [7-9].

Về cơ bản, thiết bị dùng trong thăm dò điện trở bao gồm một nguồn phát và một máy thu. Nguồn phát cung cấp dòng điện một chiều hoặc xoay chiều có tần số cực thấp (dưới vài Hz) đặt vào các điện cực dòng, công suất của nguồn phát tùy thuộc vào phương pháp, cấu hình cực và độ sâu cần khảo sát. Bộ thu có thể là một von kế đơn giản hay phức tạp như một hệ đo có ghép nối với máy tính nhằm nâng cao hiệu quả của phép đo với khả năng lưu trữ và xử lý tín hiệu số. Các

*Tác giả liên hệ: Email: tranvinhthang@hus.edu.vn

điện cực thường dùng là kim loại dễ tiện cho việc chế tạo, khoảng cách giữa các điện cực đủ xa để các điện cực được coi là các điện cực điểm. Các điện cực thường được bố trí theo cấu hình cụ thể để tiện cho việc tính toán. Điện trở suất biểu kiến được tính theo công thức:

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I}$$

Trong đó, k là hệ số cấu hình cực; ΔV là hiệu điện thế giữa hai điện cực thu (V); I là cường độ dòng điện phát (A).

Để xác định được giá trị thực của điện trở suất cũng như sự phân bố của nó trong lòng đất, điện trở suất biểu kiến là một trong những tham số đầu vào cơ bản của việc giải bài toán ngược.

Trong thực tế, nếu với một hệ đo đơn giản, công việc thực địa sẽ trở nên mất nhiều thời gian, công sức tiến hành cho một tuyến khảo sát, độ tin cậy của kết quả đo không đảm bảo. Các hệ đa cực được phát triển dựa vào việc sử dụng các bộ chuyển mạch giữa các điện cực để khảo sát theo các cấu hình thiết lập sẵn. Tại một thời điểm đo, chỉ có 4 điện cực được sử dụng, phép đo tiếp theo được dịch chuyển tới các điện cực khác tuần tự tùy theo mục đích đo để thuận tiện cho các tính toán (phần mềm) giải bài toán ngược cho các khảo sát đo sâu 1D, hoặc 2-4D. Các hệ đa kênh phát triển dựa trên việc mở rộng thêm hơn một kênh đo hiệu điện thế tại cùng một thời điểm, điều này cho phép tăng tốc độ khảo sát lên nhiều lần tùy theo phương pháp đo.

Ngoài ra, do điều kiện thực địa không lý tưởng, có rất nhiều nguyên nhân ảnh hưởng đến độ tin cậy của số liệu đo được. Diễn hình như điều kiện địa hình không đồng nhất; dải phân bố điện trở suất của đất đá, sự phân cực của các lớp đất đá, phân cực của điện cực hay nhiễu điện trường tự nhiên do hoạt động của mặt trời và trái đất; nhiễu nhân tạo do con người tạo nên (hệ thống điện lưới, mạng viễn thông, phương tiện giao thông...) [10].

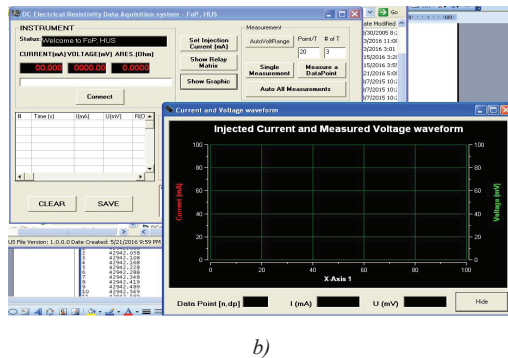
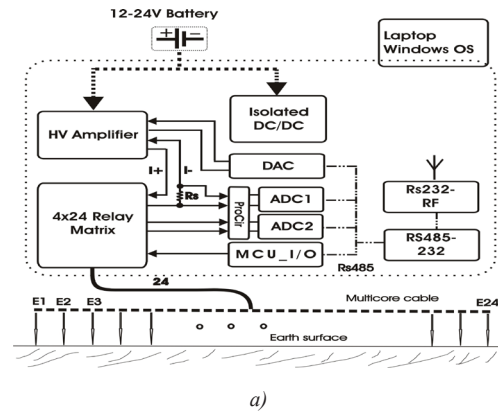
Nguồn năng lượng cần thiết cho hoạt động quan trắc dài ngày hay thăm dò sâu cần phải đủ cho thiết bị hoạt động... cũng là những vấn đề cần được quan tâm. Những thiết bị thương mại có mặt trên thị trường hiện nay như SAC ABEM của Thụy Điển, SuperSting của Mỹ, SYSCAL của Pháp... có phương pháp đo đặc và xử lý số liệu mà người dùng không tùy biến được. Mục đích sử dụng chủ yếu là khảo sát thăm dò (ứng dụng), khó tùy biến cho các mục đích nghiên cứu phương pháp hay quan trắc theo thời gian. Hơn nữa, các thiết bị này có giá cao

nên không phổ biến tại các nước đang phát triển.

Vì những lý do nêu trên, việc chủ động triển khai chế tạo các thiết bị thăm dò hay quan trắc môi trường đất ở điều kiện trong nước với chi phí thấp là nhu cầu cần thiết. Trong nghiên cứu này, để đảm bảo sự hoạt động ổn định trong khoảng thời gian dài, với điều kiện môi trường khắc nghiệt bởi khí hậu nhiệt đới nóng ẩm như Việt Nam, các thiết bị chế tạo cần tuân theo các tiêu chuẩn công nghiệp [11]. Với sự trợ giúp của máy tính và phần mềm điều khiển tự phát triển, sau khi cấu hình cực được thiết lập, tín hiệu phát được điều khiển với dạng xung OFF, +ON, OFF, -ON và ghi nhận toàn bộ dạng sóng phát, thu. Phương pháp này có nhiều ưu điểm, thuận lợi cho việc xử lý số liệu sau này như: ước lượng các giá trị điện trường tự nhiên - SP, độ phân cực - IP và điện trở suất... Số liệu sau xử lý được lưu trữ với cấu trúc file đọc được bằng các phần mềm vẽ ảnh phân bố điện trở suất thông dụng như RES2DINV, EarthImage [12].

Triển khai xây dựng thiết bị đo địa điện trở đa cực

Thiết bị đo điện trở đa cực được xây dựng dựa trên nguyên lý của phép đo 4 điện cực cơ bản kết hợp với bộ chuyển mạch 4x24 dùng rơ-le điện từ. Hệ thiết bị ở đây được cải tiến so với phiên bản trước để phù hợp mục đích sử dụng [13]. Thiết bị (hình 1a) bao gồm 4 khối chính: (1) nguồn tiêm (phát) dòng, (2) bộ chuyển mạch, (3) khối thu thập số liệu dòng và thế, (4) máy tính công nghiệp PC104 với phần mềm điều khiển và thu thập số liệu tự động. Nguồn tiêm dòng sử dụng mạch “step-up” đơn giản với điện áp điều chỉnh được từ 12 đến 200 V ở dòng phát 0,1 A qua module DAQ 4024 [11]. Mạch tạo xung ON-OFF và đảo chiều qua 3 rơ-le được điều khiển qua lối ra số của module đo dòng ADAM4012. Khoảng thời gian nhỏ nhất cho mỗi xung cho relay cỡ vài chục ms. Hai module DAQ ADAM4012 có bộ lọc thông thấp 10 Hz ở lối vào với trở kháng đến 20 MΩ, độ phân dải 16 bit (~10 μV) hoạt động độc lập cho việc đo dòng (qua trở shunt 0,82±0,2% Ω, 15 ppm/°C) và hiệu điện thế với dải đo chọn được bằng phần mềm từ ±150 mV đến ±10 V phù hợp với yêu cầu phép đo [14]. Ưu điểm chính của các module DAQ công nghiệp là: khả năng hoạt động ổn định trong điều kiện thực địa khắc nghiệt như dải nhiệt độ rộng, độ ẩm cao và nền nhiễu môi trường lớn.



Hình 1: sơ đồ khối thiết bị (a) và hình ảnh giao diện phần mềm (b)

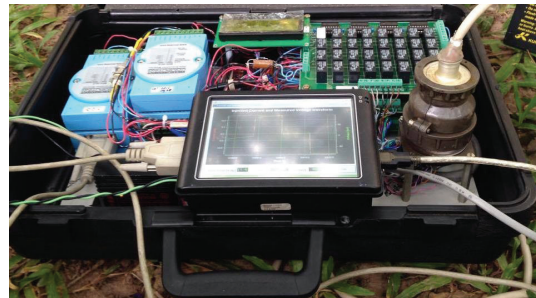
Việc kết nối đa cực được xây dựng qua bộ chuyển mạch tự chế tạo tại phòng thí nghiệm gồm 3 mạch ma trận role 4x8 (cho 24 điện cực) được điều khiển qua vi điều khiển PIC18F2585 với firmware điều khiển hoạt động theo chỉ dẫn từ máy tính. Các khối trên được kết nối với nhau và với máy tính qua mạng RS485 để có thể điều khiển thiết bị từ xa ở khoảng cách đến 1,2 km. Nguồn nuôi dài rộng 9-18 V được cung cấp từ ắc quy hoặc điện lưới qua adapter được phân tán đến các module qua bộ chuyển đổi DC/DC cách ly điện. Việc bảo vệ và chống nhiễu của hệ thiết bị thông qua các mạch TVS (Transient Voltage Suppression) và cách ly điện - quang giữa các phần đủ để đảm bảo sự hoạt động ổn định ở điều kiện thực địa. Cable viễn thông 28 sợi, điện áp max 300 V, rẻ tiền, dễ thay thế được dùng để kết nối ma trận chuyển mạch với các điện cực.

Phần mềm (hình 1b) đóng vai trò điều khiển mọi hoạt động của hệ thống được viết bằng ngôn ngữ Microsoft Visual C, chạy trên hệ điều hành Windows. Các chức năng chính của phần mềm bao gồm: chọn cấu hình cực, các chế độ phát dòng (OFF, ON+, OFF, ON-), đặt mức phát dòng I và thế U, số lần đo và thu thập toàn bộ dạng sóng U-I theo thời gian. Thuật toán xử lý số liệu hợp lý, đảm bảo độ tin cậy của kết quả đo điện trở khi tỷ số tín hiệu trên tạp S/N thấp. Kết quả được lưu trữ theo cấu trúc file phù

hợp với các phần mềm phân tích số liệu như RES2DIND, EarthImager [12] được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực địa điện ứng dụng ở Việt Nam. Hệ thiết bị đã được khảo sát và đánh giá độ tin cậy của số liệu thu được thông qua một mạng giả lập gồm các điện trở chuẩn hóa cho độ thẳng giáng cực đại nhỏ hơn 1,5% toàn thang [13].

Kết quả thực địa và thảo luận

Thí nghiệm ngoài thực địa được thực hiện tại vườn hoa Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội (khu vực Thượng Đình). Số điện cực là 20, được bố trí đều nhau theo cấu hình Wenner Alpha, khoảng cách giữa các điện cực $a = 2$ m (hình 2).

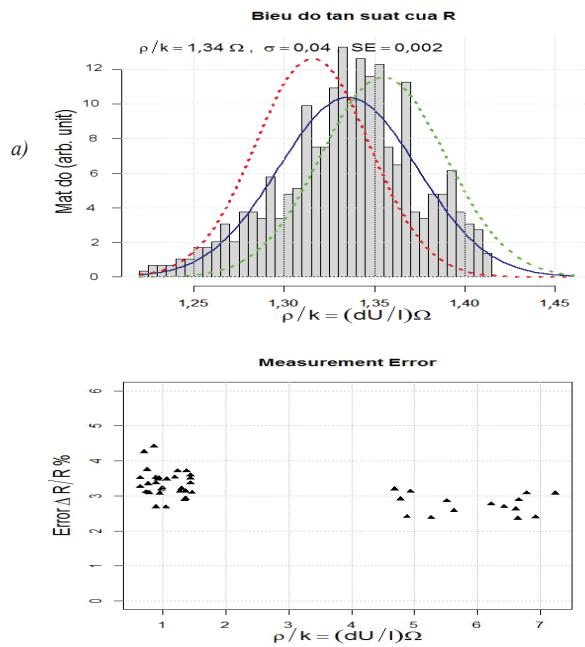


Hình 2: minh họa thiết bị thực địa tại hiện trường khảo sát

Do lỗi vào của module đo dòng và thế dùng ADAM4012 có bộ lọc tần thấp có tần số cắt khoảng 10 Hz, nên tín hiệu dòng, điện áp đo được bao gồm tín hiệu có ích chỉ phụ thuộc vào dòng phát I_{AB} và điện áp đo nguồn nhiễu tần số thấp (<10 Hz) từ môi trường như điện trường tự nhiên (thế SP - Self Potential), thế do hiện tượng phóng nạp điện “charge up” bởi tính phân cực của các điện cực [14].

Điện trở suất biểu kiến $\rho = k \frac{U_{MNI}(t_n)}{I_{AB}(t_n)}$ có thể ước

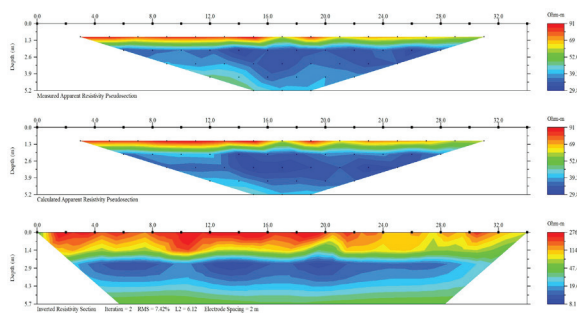
lượng được qua một chương trình con xử lý số liệu theo phương pháp hồi quy đa thức bậc 3-5 và loại bỏ thành phần biến thiên theo thời gian t_n . Phương pháp này đơn giản hơn phương pháp giải hệ phương trình tuyến tính với các biến là hệ số của phương trình [15].



Hình 3: minh họa kết quả của một điểm đo (a) và sai số ước lượng được của các điểm đo khác nhau (b)

Kết quả thu được của $\rho/k = U/I$ minh họa trên hình 3a với điểm đo điển hình (điểm 4.2, $a = 2 \text{ m}$, $k = 2 \cdot \pi \cdot a = 12,566$) cho sai số khá nhỏ. Sai số tỷ đối của các điểm đo nhỏ hơn 5% như hình 3b hoàn toàn phù hợp với tiêu chuẩn ASTM G57 (dưới 5%) của Mỹ và Việt Nam (dưới 10%) [16].

Hình 4 là ảnh 2D biểu diễn phân bố của điện trở suất tại sân Trường Đại học Khoa học Tự nhiên qua phần mềm EarthImager. Kết quả cho thấy, sự phân bố của các lớp đất đá khá phù hợp với địa chất tại khu vực này. Lớp trên bề mặt có điện trở suất cao tương ứng với nền đất khô do nắng nóng kéo dài.



Hình 4: hình ảnh 2D biểu diễn sự phân bố điện trở suất của đất đá khu vực sân Trường Đại học Khoa học Tự nhiên

Với thiết bị này, công suất tiêu thụ tối đa chỉ dưới 35 W khi công suất cực đại (chỉ tiêu tốn trong thời gian đo rất ngắn tùy vào lượng số liệu cần thu thập) và dưới 10 W ở chế độ xử lý số liệu cho phép nguồn ắc quy có thể hoạt động trong thời gian dài và phù hợp với nguồn nuôi tiếp bằng pin mặt trời kết hợp siêu tụ điện.

Kết luận

Nghiên cứu triển khai chế tạo thiết bị thăm dò điện trở suất của đất đá dùng các module DAQ công nghiệp cho thấy thiết bị được phát triển theo hướng này có chi phí thấp, khả năng hoạt động thực địa tốt, có thể triển khai phổ biến cho nhiều ứng dụng như thăm dò hoặc quan trắc môi trường đất đá để đánh giá mức độ ô nhiễm, xâm nhập mặn hay cung cấp số liệu cho hệ thống tưới tiêu tự động ứng dụng trong nông nghiệp. Kết quả thí nghiệm ngoài thực địa minh chứng cho kết luận trên với sai số phù hợp với tiêu chuẩn ASTM G97 của Mỹ, với điều kiện thử nghiệm. Các ảnh hưởng từ điều kiện thực của các điểm đo như điện trở tiếp xúc giữa điện cực và bề mặt quá lớn, ngưỡng phát dòng bảo đảm tỷ số tín hiệu trên tạp S/N đủ lớn... sẽ được xem xét và loại trừ trong nghiên cứu tiếp theo.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Hà Nội trong khuôn khổ đề tài mã số QG.16.02. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

- [1] D.L. Corwin, S.M. Lesch (2005), "Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture", *Computers and Electronics in Agriculture*, **46**, pp.11-43.
- [2] Shmulik P. Friedman (2005), "Soil properties influencing apparent electrical conductivity: a review", *Computers and Electronics in Agriculture*, **46**, pp.45-70.
- [3] J.E. Chambers, O. Kuras, P.L. Meldrum, R.D. Ogilvy, J. Hollands (2006), "Electrical resistivity tomography applied to geologic, hydrogeologic, and engineering investigations at a former waste-disposal site", *Geophysics*, **71**, B231.
- [4] Y. Jung, H. Ha and Y. Lee (2000), "Application of Electrical Resistivity Imaging Techniques to Civil and Environmental Problems", *Use of Geophysical Methods in Construction*, pp.52-64.
- [5] M.H. Loke, J.E. Chambers, D.F. Rucker, O. Kuras and P.B. Wilkinson (2013), "Recent developments in the direct-current geoelectrical imaging method", *Journal of Applied Geophysics*, **95**, pp.135-156.
- [6] A. Samouëlian, I. Cousin, A. Tabbagh, A. Bruand, G. Richard (2005), "Electrical resistivity survey in soil science: a review", *Soil and Tillage Research*, **83**, pp.173-193.
- [7] R.D. Ogilvy, P.L. Meldrum, O. Kuras, P.B. Wilkinson, J.E. Chambers, M. Sen, Pulido-Bosch, A. Gisbert, J. Jorreto, S. Frances and P. Tsourlos (2009), "Automated monitoring of coastal aquifers with electrical resistivity tomography", *Near Surface Geophysics*, **7**, pp.367-375.
- [8] O. Kuras, J.D. Pritchard, P.L. Meldrum, J.E. Chambers, P.B. Wilkinson, R.D. Ogilvy and G.P. Wealhall (2009), "Monitoring hydraulic processes with automated time-lapse electrical resistivity tomography (ALERT)", *Comptes Rendus Geoscience*, **341**, pp.868-885.
- [9] Paul Wilkinson, Jonathan Chambers, Oliver Kuras, Philip Meldrum and David Gunn (2011), "Long-term time-lapse geoelectrical monitoring", *First Break*, **29**, pp.77-84.
- [10] J.M. Reynolds (1997), *An introduction to Applied and Environmental Geophysics*, Wiley Publisher.
- [11] Advantech (2000), *ADAM4000 DAQ user's guide*.
- [12] EarthImager software (2012), <https://www.agiusa.com/> last accessed Apr. 2016.
- [13] Trần Vinh Thắng, Đỗ Trung Kiên, Nguyễn Đức Vinh (2016), "Phát triển hệ thu thập dữ liệu điện trở suất đa cực dùng điện một chiều cho thăm dò địa điện", *Kỷ yếu Hội nghị Những tiến bộ trong vật lý kỹ thuật và ứng dụng IV*, CAEP 2015, pp.432-437.
- [14] T. Dahlin (2000), "Short note on electrode charge-up effects in DC resistivity data acquisition using multi-electrode arrays", *Geophysical Prospecting*, **48**, pp.181-187.
- [15] M. Blome (2009), "Efficient measurement and data inversion strategies for large scale geoelectric surveys", *PhD Dissertation ETH*.
- [16] ASTM G57, (2006), *American Society for Testing and Materials*, Pennsylvania, USA.

Nghiên cứu chế tạo hệ thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ

Đặng Quang Thiệu*, Nguyễn Văn Sỹ, Phan Lương Tuấn, Nguyễn Thị Bảo Mỹ,

Nguyễn Thanh Hùng, Nguyễn Xuân Vịnh, Đặng Quang Bảo

Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội

Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam

Ngày nhận bài 19/12/2016, ngày chuyển phản biện 21/12/2016, ngày nhận phản biện 10/1/2017, ngày chấp nhận đăng 16/1/2017

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu chế tạo hệ thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường (ERMS), được kết nối mạng internet và truyền thông tin về trung tâm điều hành để hình thành mạng lưới quan trắc và cảnh báo phóng xạ. Thiết bị được thiết kế để đo phóng xạ môi trường bằng việc sử dụng đầu dò nhấp nháy NaI(Tl) và khi có sự cố hạt nhân, thiết bị sẽ tự động chuyển sang sử dụng các đầu dò GM và Photodiode để đo được các dải liều cao và phát các tín hiệu cảnh báo về trung tâm quản lý. Thiết bị sử dụng phương pháp JAERI của Nhật Bản để tính toán suất liều thông qua phổ ghi nhận được từ khối phân tích đa kênh, đảm bảo thiết bị hoạt động chính xác và có độ nhạy cao. Thiết bị có khả năng tự động ổn định phổ thông qua việc điều khiển hệ số khuếch đại tín hiệu xung từ đầu dò nhấp nháy dựa theo sự thay đổi nhiệt độ của đầu dò kết hợp với việc quan sát liên tục đỉnh ^{40}K , điều chỉnh hệ số khuếch đại để cố định đỉnh này. Thiết bị có thể nhận diện được một số đồng vị phóng xạ môi trường thông dụng như ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co ... Trong mỗi thiết bị, các số liệu đo được lưu trữ trong nhiều tháng và phần mềm tại trung tâm điều hành cho phép người quản lý có thể điều khiển, thu thập, xử lý và lưu trữ các số liệu đó.

Từ khóa: đầu dò nhấp nháy, phương pháp JAERI, thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ.

Chỉ số phân loại: 2.2

Đặt vấn đề

Thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường được dùng rất phổ biến ở các nước trên thế giới, đặc biệt là các nước đang vận hành các cơ sở hạt nhân như nhà máy điện hạt nhân (ĐHN), cơ sở sản xuất, tái chế nhiên liệu hạt nhân hoặc lò phản ứng nghiên cứu công suất cao. Các thiết bị này cho phép hình thành mạng lưới quan trắc phóng xạ môi trường quốc gia hoặc khu vực nhằm phát hiện các sự cố rò rỉ phóng xạ từ các cơ sở hạt nhân trong nội địa hoặc của các nước lân cận ra môi trường để kịp thời có phương án ứng phó. Tuy nước ta chưa có nhà máy ĐHN nhưng tính đến cuối năm 2016, đã có một số nhà máy ĐHN của Trung Quốc xây dựng gần biên giới nước ta đi vào hoạt động như: tổ máy có công suất 1.080 MWe ở Phòng Thành, Quảng Tây, tổ máy 650 MWe ở Xương Giang trên đảo Hải Nam, tổ máy 600 MWe ở Trường Giang, Quảng Đông... và một số tổ máy khác đang được xây dựng tại các địa điểm này. Ngoài ra, các nước lân cận khác như: Thái Lan, Indonesia, Campuchia... cũng đang có định hướng phát triển và xây dựng nhà máy ĐHN. Các thiết bị quan trắc phóng xạ môi trường có vai trò quan trọng

trong việc phát hiện, đo lường, đánh giá mức độ ảnh hưởng của những sự cố phát tán phóng xạ. Tuy nhiên, ở trong nước các thiết bị này qua thời gian hoạt động đã trở nên lạc hậu, khả năng thu thập, xử lý và phân tích thông tin không theo kịp nhu cầu phát triển. Trước thực trạng đó, trong khuôn khổ đề tài cấp nhà nước KC05.16/11-15 “Nghiên cứu chế tạo thiết bị quan trắc cảnh báo phóng xạ”, các hệ thiết bị cảnh báo phóng xạ đã được thiết kế và chế tạo hoàn chỉnh, góp phần hoàn thiện mạng lưới quan trắc và cảnh báo phóng xạ môi trường quốc gia. Các thiết bị này sẽ hướng tới sản phẩm thương mại và đạt được các mục tiêu như độ ổn định, độ nhạy cao để có thể cảnh báo sớm, tự động ổn định phổ và nhận diện được một số đồng vị phóng xạ môi trường, có thể kết nối mạng internet, mạng thông tin di động toàn cầu (GSM) để truyền số liệu về trung tâm điều hành, tạo điều kiện thuận lợi cho công tác quản lý, bảo trì, bảo dưỡng thiết bị.

Nội dung nghiên cứu

Sơ đồ khối của hệ thiết bị được mô tả trên hình 1 với các khối chức năng được trình bày trong phần dưới đây.

*Tác giả liên hệ: dqthieu@yahoo.com

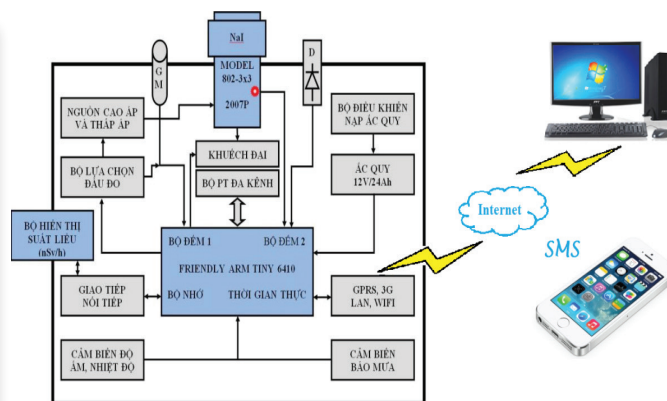
Study and construction of an environmental radiation warning and monitoring system

Summary

In this paper, the design and construction of an environmental radiation warning and monitoring system (ERMS) have been reported. The system is connected to the Internet and transmits information to a control center to perform an environmental radiation warning and monitoring network. The system is designed to measure the environmental radiation by the use of NaI scintillation detectors. When a nuclear accident occurs, it can automatically switch to the GM and Photodiode detectors to measure ranges of high doses and send warning signals to the control center. We used the Japanese JAERI method to calculate the dose rate from the spectrum of a multi-channel analysis board, thus making the system stable and highly sensitive. The spectrum is stabilized by changing the amplification coefficient of the pulse signal based on the change in temperature of the detectors and the consecutive observation at ^{40}K peak; therefore, it can identify some common environmental radioisotopes, such as ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{60}Co ... In each system, the measurement data are stored for several months, and the software in the control center enables users to control, collect, access, and store those data.

Keywords: environmental radiation warning and monitoring system, Japanese JAERI method, scintillation detector.

Classification number: 2.2



Hình 1: sơ đồ khối của hệ thiết bị

Có 3 loại đầu đo được sử dụng: 1) Đầu đo nhấp nháy NaI(Tl), model 802, kích thước 3 inch x 3 inch của hãng Canberra, với độ phân giải đối với đỉnh ^{137}Cs vào khoảng 7% [1]. Đầu đo này để đo suất liều trong vùng từ 0,01 đến 25 $\mu\text{Sv/h}$ thông qua phổ năng lượng ghi nhận được; 2) Đầu đo GM loại LND7121 để đo suất liều trong vùng từ 25 đến 250 $\mu\text{Sv/h}$ [2]; 3) Đầu đo Photodiode loại BPW34 cho phép đo ở dải suất liều cao từ 250 $\mu\text{Sv/h}$ đến 100 mSv/h [3].

Bộ lựa chọn đầu đo có nhiệm vụ điều khiển đóng mở nguồn một chiều cung cấp cho các bộ tạo cao áp và bộ tạo dạng xung cho các đầu đo tương ứng với các dải suất liều khác nhau. Tại một thời điểm chỉ có một đầu đo được lựa chọn làm việc.

Khối khuếch đại và phân tích đa kênh MCA có nhiệm vụ ghi nhận phổ biên độ đa kênh từ đầu đo nhấp nháy NaI(Tl).

Bộ vi xử lý Friendly ARM Tiny 6410 làm nhiệm vụ tạo chu trình làm việc cho hệ thống, điều khiển hệ thống, tính toán suất liều, lưu trữ và truyền số liệu về trung tâm điều hành.

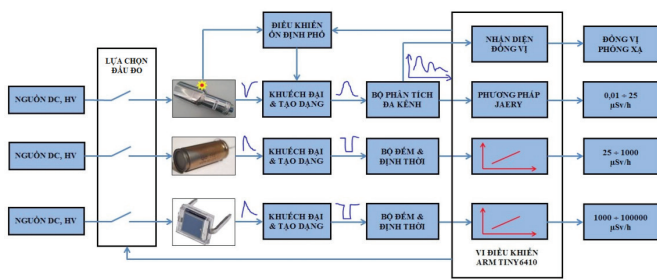
Mạch các cảm biến môi trường để đo các thông số môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, mưa.

Bộ hiển thị suất liều là một màn hình LED dùng để chỉ thị giá trị tức thời của suất liều, nhiệt độ và độ ẩm môi trường.

Nguồn nuôi cao áp, thấp áp cung cấp nguồn nuôi cho các đầu dò và hệ mạch điện tử xử lý tín hiệu.

Nguồn ắc quy dự phòng sử dụng ắc quy 12V/24Ah để cung cấp nguồn dự phòng cho hệ thiết bị khi có sự cố mất điện trong khoảng thời gian 2 ngày.

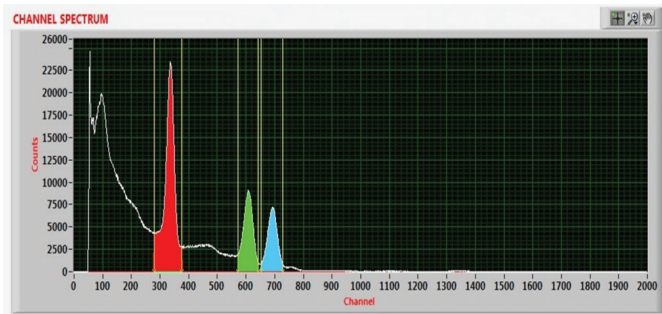
Sơ đồ hệ đầu đo và hệ thống xử lý tín hiệu được mô tả trên hình 2.



Hình 2: sơ đồ hệ thống xử lý tín hiệu trên thiết bị

Tại một thời điểm tùy vào suất liệu môi trường, bộ lựa chọn đầu đo sẽ cho phép một trong ba đầu đo NaI, GM, Photodiode làm việc. Các đầu đo này ghi nhận tín hiệu và chuyển tới khối phân tích đa kênh hoặc bộ đếm để xử lý tín hiệu.

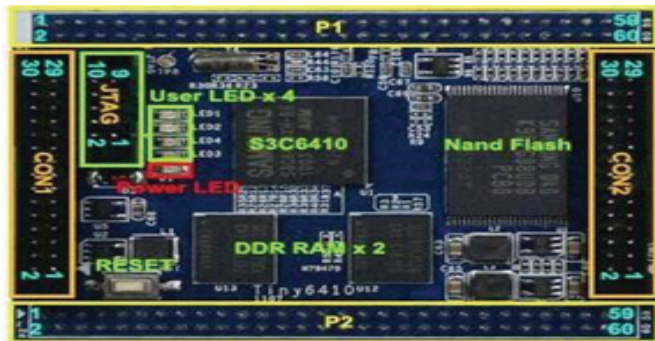
Tín hiệu sau khi xử lý biến đổi thành số được đưa tới bộ vi xử lý ARM để ghi nhận phổ năng lượng, tính toán ra giá trị suất liệu và nhận diện đồng vị phóng xạ.



Hình 3: phổ năng lượng của hệ phân tích đa kênh

Khối điều khiển trung tâm sử dụng vi điều khiển ARM Tiny 6410 32 bit với các thông số: CPU Samsung S3C6410 tốc độ 533MHz; bộ nhớ chương trình NAND 2GB; bộ nhớ dữ liệu RAM 256MB; giao thức kết nối: RS232, USB, LAN, 3G, WIFI; các ngoại vi kết nối GPIO [4].

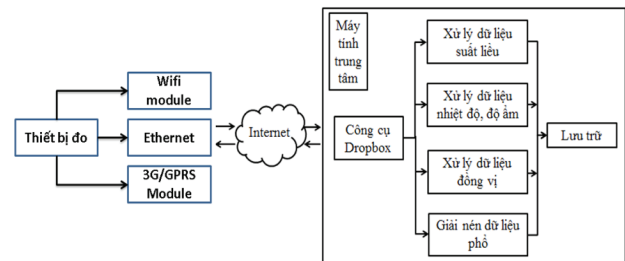
Phần mềm trên Tiny 6410 được phát triển trên hệ điều hành mã nguồn mở Linux Embedded.



Hình 4: khối điều khiển trung tâm ARM Tiny 6410

Dựa trên sự phát triển mạnh mẽ của cơ sở hạ tầng mạng internet cũng như mạng viễn thông, thiết bị được thiết kế để có thể tận dụng một cách tốt nhất các cơ sở hạ tầng này. Thiết bị được tích hợp cả hai phương án kết nối là sử dụng đường truyền internet tốc độ cao (ADSL, cáp quang...) và sử dụng kết nối với mạng viễn thông 2,5G/3G. Mặc định sẽ sử dụng mạng LAN hoặc WIFI có sẵn tại nơi lắp đặt thiết bị, nếu có sự cố về đường truyền ngay lập tức hệ thống sẽ khởi động 2,5G/3G để đảm bảo kết nối được liên tục.

Ethernet module được thiết kế trên dòng linh kiện điều khiển chuyên dụng cho các giao tiếp chuẩn TCP/IP là chip DM9000A của Davicom [5]. WIFI Module được lựa chọn sử dụng là SDWIFI-YS09 với chip Marvell 8686 tương thích với chuẩn IEEE 802.11 b/g thông dụng nhất hiện nay. 3G/GPRS Module được lựa chọn sử dụng là: HUAWEI EM770 HSPA PC Embedded Module của hãng HUAWEI. Module này hỗ trợ đầy đủ các chuẩn kết nối 3G/GPRS thông dụng nhất và tương thích với tất cả các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông tại Việt Nam [6].

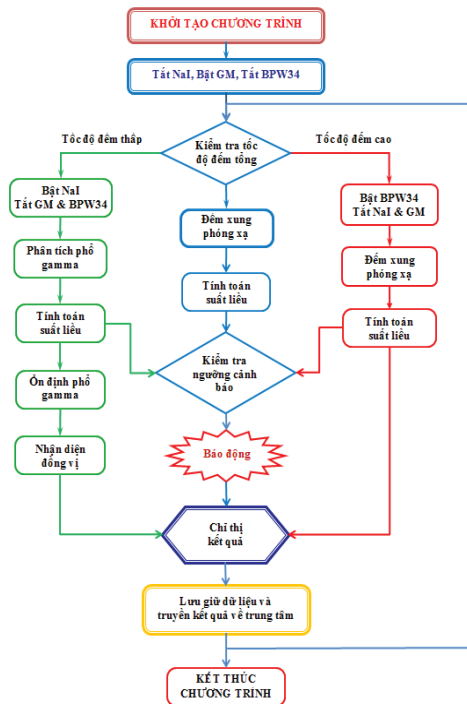


Hình 5: mô hình truyền số liệu qua mạng của thiết bị

Phần mềm cho vi điều khiển trên thiết bị có thể thực hiện các chức năng dưới đây (xem lưu đồ hình 6).

Mặc định lúc khởi tạo chương trình sẽ bật đầu đo GM để xác định suất liệu môi trường tại vị trí đặt thiết bị vào thời điểm đó. Nếu số đếm xung môi trường có giá trị cao hơn ngưỡng của đầu đo GM thì hệ sẽ tự động chuyển sang đầu đo Photodiode, tính toán ra suất liệu môi trường tại thời điểm đó và gửi các thông tin về trung tâm điều hành, đồng thời thực hiện các chức năng báo động cần thiết và hiển thị ra bằng LED chỉ thị của thiết bị.

Nếu số đếm xung môi trường có giá trị thấp hơn ngưỡng của đầu đo GM thì hệ sẽ chuyển sang trạng thái tắt đầu đo GM và bật đầu đo có độ nhạy cao NaI(Tl). Khi đầu đo NaI(Tl) được bật thì chương trình sẽ liên tục thu nhận số liệu, tính toán ra suất liệu tại thời điểm đó và hiển thị ra bằng LED chỉ thị của thiết bị. Sau một khoảng thời gian đo nhất định, chương trình sẽ tiến hành phân tích và ổn định phổ thu nhận được từ đầu đo NaI(Tl). Quá trình phân tích này sẽ giúp nhận diện các loại đồng vị phóng xạ (nếu có) trong môi trường.



Hình 6: lưu đồ thuật toán chương trình của thiết bị

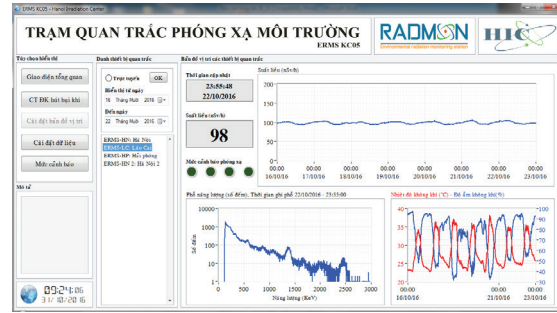
Phần mềm máy tính tại trung tâm điều hành cho phép thực hiện các chức năng dưới đây:

Khi thiết bị quan trắc gửi dữ liệu về trung tâm điều hành, công cụ Dropbox sẽ tự động đồng bộ dữ liệu vào một thư mục đã cài đặt trước đó. Do vậy, việc điều khiển thu nhận tại trung tâm là hoàn toàn tự động khi có kết nối internet, các dữ liệu về suất liều, phổ phóng xạ, nhiệt độ, độ ẩm... sẽ được thu nhận, xử lý và lưu trữ.

Để thu thập và lưu trữ số liệu, phần mềm ERMS KC05 tại máy tính của trung tâm điều hành thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ đã được xây dựng. Phần mềm được viết trên ngôn ngữ lập trình Labview trong môi trường Windows với nhiệm vụ điều khiển thu nhận dữ liệu, biểu diễn phổ phóng xạ, suất liều phóng xạ và cảnh báo phóng xạ... thông qua mạng internet.



Hình 7: giao diện phần mềm trung tâm điều hành

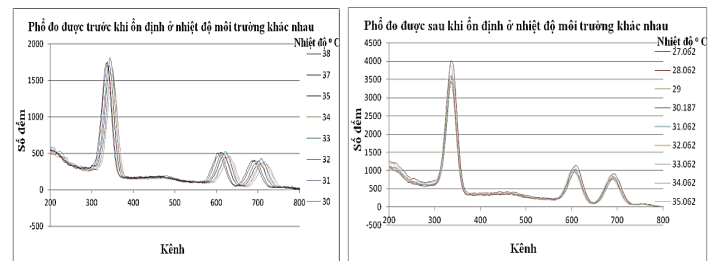


Hình 8: số liệu ghi nhận được từ thiết bị

Kết quả và thảo luận

Ổn định phổ cho thiết bị

Tiến hành khảo sát sự trôi theo nhiệt độ của đầu đo NaI, kết quả cho thấy kênh đỉnh phổ thay đổi theo nhiệt độ, độ trôi trung bình của đỉnh phổ ^{137}Cs theo nhiệt độ là 2 kênh/ 1°C . Dựa vào kết quả này để hiệu chỉnh lại hệ số khuếch đại để ổn định phổ năng lượng. Kết quả phổ năng lượng đo được gần như ổn định, độ dao động của đỉnh ^{137}Cs là 2 kênh/ 10°C (xem hình 9).



Hình 9: phổ đo trước và sau khi ổn định ở nhiệt độ môi trường khác nhau

Ngoài việc ổn định phổ theo nhiệt độ, để góp phần nâng cao độ chính xác, có thể kết hợp quan sát đỉnh 1461 keV của đồng vị ^{40}K có trong tự nhiên để theo dõi độ trôi của phổ, thông qua mức độ trôi này để thay đổi hệ số khuếch đại của hệ phổ kế đưa đỉnh phổ này về đúng giá trị danh định của nó nhằm ổn định phổ cho thiết bị.

Chuẩn liều cho đầu đo NaI(Tl)

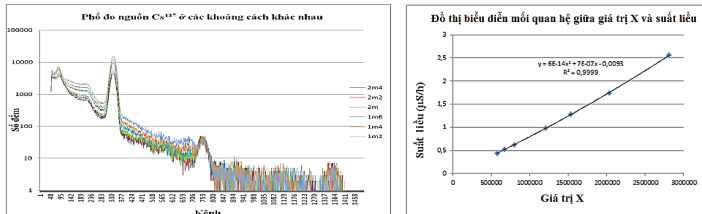
Suất liều đo bằng đầu đo NaI(Tl) được tính theo phương pháp JAERI từ phổ năng lượng ghi nhận được từ đầu đo như sau [7]:

$$X = \int_{E_{\min}}^{E_{\max}} N(E)G(E)dE = \sum_{I_{\min}}^{I_{\max}} N(I)G(I)$$

Trong đó: X là suất liều; N(E), N(I) là số đếm tương ứng với các năng lượng, kênh trên phổ; E là năng lượng (keV); Emin là mức năng lượng phân biệt được (keV); Emax là năng lượng tối đa để đánh giá suất liều (keV); I, Imin, Imax là số kênh tương ứng với E, Emin, Emax;

G(E), G(I) là toán tử biến đổi phổ - liều cho năng lượng E hoặc kênh I.

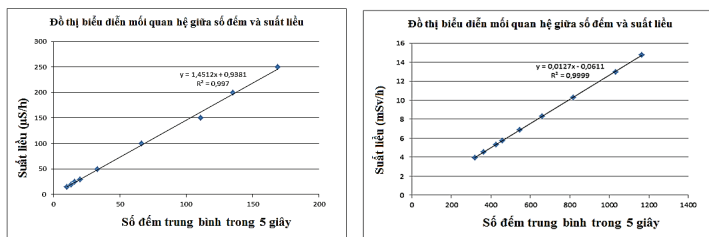
Phương pháp JAERI cho sẵn bảng thông số G(I) tại các năng lượng khác nhau, như vậy chỉ cần lấy số đếm tại các năng lượng N(I) và lấy tổng các tích $N(I).G(I)$ sẽ có được suất liều X. Tiến hành chuẩn liều tại phòng chuẩn liều để có được kết quả suất liều (xem hình 10).



Hình 10: đường chuẩn liều cho đầu đo NaI(Tl)

Chuẩn liều cho đầu đo GM và Photodiode

Suất liều đo bằng đầu đo GM và Photodiode được xác định thông qua số đếm xung trong một đơn vị thời gian và được chuẩn tại phòng chuẩn liều (hình 11).

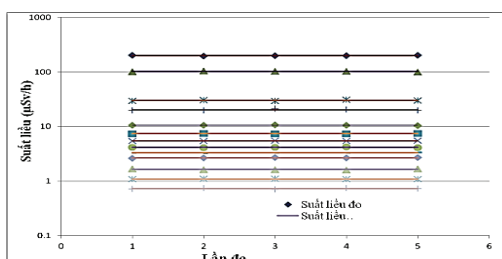


Hình 11: đường chuẩn liều cho đầu đo GM và Photodiode

Đánh giá độ tập trung và chính xác của thiết bị

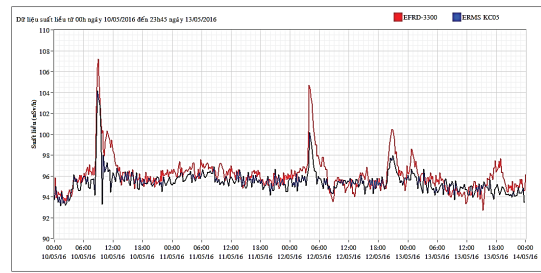
Đặt thiết bị trong trường chiếu xạ của nguồn chuẩn, ghi lại giá trị suất liều mà thiết bị đo được ứng với mỗi suất liều chuẩn khác nhau và tính độ sai lệch giữa giá trị đo được và giá trị chuẩn.

Kết quả tính được độ lệch trung bình của giá trị thiết bị đo được so với giá trị thực nhỏ hơn 13%, trong khi tiêu chuẩn quốc tế cho phép đối với thiết bị này là 20%.



Hình 12: đồ thị biểu diễn độ lệch trung bình của giá trị đo ở các suất liều khác nhau

Kết quả suất liều của thiết bị được so sánh với một thiết bị quan trắc phóng xạ EFRD-3300 do Hàn Quốc sản xuất [8]. Giá trị suất liều trên hai thiết bị này khá tương đồng, có các vị trí suất liều cùng tăng hoặc cùng giảm theo đáng điệu giống nhau (hình 13).



Hình 13: đồ thị biểu diễn giá trị suất liều theo thời gian của hai thiết bị

Kết luận

Hệ thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ kết nối mạng để truyền số liệu về trung tâm và chỉ thị lên màn hình LCD suất liều hiện tại đã được thiết kế chế tạo thành công. Thiết bị có thể ghép thành mạng quan trắc thông qua các kết nối LAN, 3G, WIFI; số liệu quan trắc ghi nhận được được truyền về trung tâm điều hành dưới dạng số liệu hoặc biểu đồ.

Tại trung tâm, người vận hành có thể điều khiển và can thiệp vào hệ thống của các trạm (nếu được phép) như lấy các số liệu lưu trữ, cài đặt lại các thông số cho thiết bị, xem trạng thái của thiết bị trạm cũng như download, upload phần mềm cho thiết bị trạm. Với mỗi thiết bị trạm, số liệu có thể được lưu trữ nhiều tháng để đảm bảo rằng số liệu sẽ không bị mất. Tại các trạm đo, người vận hành trạm có thể xem số liệu của trạm nhưng không có quyền thâm nhập và thay đổi hệ thống.

Hiện tại, 3 hệ thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ đã được lắp đặt tại 3 địa điểm là Sở Khoa học và Công nghệ Lào Cai, Trạm Quan trắc khí tượng Hải Phòng và tại Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội. Các thiết bị này được kết nối mạng và truyền số liệu về trung tâm điều hành đặt tại Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân (179 Hoàng Quốc Việt, Hà Nội). Các thiết bị này hiện đang hoạt động tốt và cho kết quả tương đương như mẫu thiết bị của Hàn Quốc.

Lời cảm ơn

Tập thể tác giả xin trân trọng cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ, Chương trình KC05/11-15 đã hỗ trợ thực hiện nghiên cứu và hoàn thiện các hệ thiết bị này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Datasheet. Scintillation Detectors Model 802, <http://www.canberra.com/products/detectors/scintillation-detectors.asp>.
- [2] Datasheet. LND 7121, <http://www.lndinc.com/products/349/>.
- [3] Datasheet. Photodiode BPW34, <http://www.vishay.com/docs/81521/bpw34.pdf>.
- [4] <http://www.friendlyarm.net/products/tiny6410>.
- [5] www.davicom.com.tw/userfile/24247/DM9000A-DS-F01-101906.pdf.
- [6] ec-mobile.ru/user_files/File/Huawei/Huawei_EM770.pdf.
- [7] T. Nagaoka, Shirakata (1987), "Intercomparison between EML method and JAERY method for the measurement of environmental gamma ray exposure rates", *Radiation Protection Dosimetry*, **18**(1), pp.81-88.
- [8] User Manual, Model EFRD 3300, <http://www.sidetection.com>, http://www.sidetection.com/eng/ds3_1_1.html

Tuyển chọn vi khuẩn lactic chịu nhiệt và ứng dụng trong sản xuất acid lactic

Ngô Thị Phương Dung*, Bùi Hoàng Đăng Long, Hoàng Nguyễn Phương Trinh,
Nguyễn Ngọc Thanh, Huỳnh Xuân Phong

Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ sinh học, Trường Đại học Cần Thơ

Ngày nhận bài 14/11/2016, ngày chuyển phản biện 16/11/2016, ngày nhận phản biện 13/12/2016, ngày chấp nhận đăng 19/12/2016

Nghiên cứu được thực hiện nhằm tuyển chọn các chủng vi khuẩn lactic chịu nhiệt có hoạt tính tốt để ứng dụng trong sản xuất acid lactic. Kết quả cho thấy, trong 54 chủng vi khuẩn thử nghiệm lên men acid lactic ở 37°C, 16 chủng đã được tuyển chọn do có khả năng lên men acid lactic mạnh. Các chủng được giải trình tự định danh thuộc các loài: *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus casei* và *Lactobacillus plantarum*. Trong đó, *Lactobacillus casei* L9 thể hiện hoạt tính sinh acid lactic tốt ở 37°C (12,9 g/l), 39°C (18,9 g/l) và 41°C (18 g/l). Khi lên men 1 l với chủng *L. casei* L9 trong điều kiện thích hợp (pH 6,53, 6% (w/v) glucose, nồng độ chủng dịch tăng sinh gốc ở 10^7 tế bào/ml là 2,33% (v/v) theo thể tích dịch lên men), hiệu suất lên men đạt 80,84%.

Từ khoá: acid lactic, chịu nhiệt, *Lactobacillus*, vi khuẩn acid lactic.

Chỉ số phân loại: 2.8

The selection of thermotolerant lactic acid bacteria and applications for lactic acid production

Summary

This study aimed to select thermotolerant lactic acid bacteria for the production of lactic acid. As a result, among 54 bacterial strains screened for lactic acid fermentation at 37°C, 16 strains were selected due to their significantly higher fermentation ability. The molecular sequencing and NCBI aligning evidences proved that the selected strains belonged to *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus casei*, and *Lactobacillus plantarum*. Of which, *Lactobacillus casei* L9 showed the good acid production at 37°C (12.9 g/l), 39°C (18.9 g/l), and 41°C (18 g/l). In the fermentation test at one-liter scale by using *L. casei* L9 with the favourable conditions (pH 6.53, 6% (w/v) of glucose, 2.33% (v/v) of 10^7 cells/ml starter), the fermentation yield could reach the 80.84% efficiency.

Keywords: lactic acid, lactic acid bacteria, *Lactobacillus*, thermotolerant.

Classification number: 2.8

Đặt vấn đề

Trong tự nhiên, lên men acid lactic là một trong các quá trình tái tạo năng lượng kỵ khí thông dụng nhất được thực hiện bởi vi khuẩn lactic [1]. Từ quá trình lên men acid lactic, nhiều nhóm vi khuẩn lactic quan trọng đã được phân lập từ nhiều nguồn khác nhau với các đặc tính ưu việt nhất định phục vụ các ứng dụng thực tiễn như chịu lạnh, chịu acid, tạo mùi hương...[2].

Trong thời kỳ cách mạng công nghiệp, quá trình lên men acid lactic diễn ra không chỉ ở quy mô thủ công mà ngày càng mở rộng theo xu hướng gắn với công nghiệp, trong các hệ thống lên men quy mô lớn. Để duy trì nhiệt độ lên men tối ưu, ngành công nghiệp lên men đã tốn kém nhiều chi phí xây dựng các hệ thống làm mát tốn kém nhiều năng lượng. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện nhằm tối ưu hóa nguồn nguyên liệu để giảm chi phí lên men acid lactic như lên men từ tinh bột [3], lõi bắp [4] hay sản xuất sinh khối vi khuẩn lactic từ nước chua tàu hũ [5]. Tuy nhiên, khả năng thích ứng của vi khuẩn với nhiệt độ cao hầu như chưa được đề cập đến. Từ thực tế cho thấy, việc tuyển chọn các chủng vi khuẩn lactic

*Tác giả liên hệ: ntpdung@ctu.edu.vn

chịu nhiệt độ cao có tiềm năng rất lớn trong việc đáp ứng với nhiệt lượng sinh ra trong lên men công nghiệp. Từ đó, có thể làm giảm chi phí sản xuất và năng lượng tiêu tốn, phục vụ phát triển bền vững. Thông qua xây dựng mối quan hệ di truyền phân loại của các nhóm vi khuẩn lactic thiết yếu cho quá trình lên men acid lactic chịu nhiệt, con người có thể mở rộng tầm ứng dụng vi khuẩn lactic chịu nhiệt phục vụ cuộc sống. Từ các vấn đề trên, nghiên cứu được tiến hành với mục đích tuyển chọn các chủng vi khuẩn lactic chịu nhiệt có hoạt tính tốt, thử nghiệm khả năng lên men acid lactic và khảo sát mối liên quan di truyền các nhóm vi khuẩn chịu nhiệt; đồng thời khảo sát khả năng ứng dụng các vi khuẩn chịu nhiệt để sản xuất acid lactic.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Nguyên vật liệu và hoá chất

54 chủng vi khuẩn lactic được chọn lọc từ các nguồn phân lập: sản phẩm lên men sữa, chế phẩm sinh học và phụ phẩm nông nghiệp, lưu trữ tại Phòng thí nghiệm Công nghệ sinh học thực phẩm, Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ sinh học, Trường Đại học Cần Thơ. Chủng *Lactobacillus thermotolerans* của Phòng thí nghiệm Công nghệ vi sinh vật, Bộ môn Khoa học sinh học và Công nghệ sinh học, Khoa Nông nghiệp, Đại học Kyushu (Nhật Bản) được sử dụng làm chủng đối chứng.

Môi trường MRS (De Man, Rogosa and Sharpe) gồm: peptone (10,0 g/l), meat extract (8,0 g/l), yeast extract (4,0 g/l), D(+) glucose (20,0 g/l), di-potassium hydrogen phosphate (2,0 g/l), Tween 80 (1,0 g/l), di-ammonium hydrogen citrate (2,0 g/l), sodium acetate (5,0 g/l), magnesium sulfate (0,2 g/l) và manganese sulfate (0,04 g/l) [6].

Phương pháp nghiên cứu

Khả năng lên men của vi khuẩn lactic chịu nhiệt ở 37°C: các chủng vi khuẩn được tăng sinh và ủ lactic ở 120 vòng/phút trong môi trường MRS sau 36 giờ và tiến hành lên men acid lactic trong ống Falcon chứa 30 ml dịch đường sucrose 4% (w/v) trong 7 ngày ở 37°C. Kiểm tra hàm lượng acid tổng và pH dung dịch sau khi lên men.

Mối liên quan di truyền các chủng vi khuẩn lactic: 16 chủng vi khuẩn tuyển chọn được ly trích DNA và khuếch đại trình tự 16S ribosomal RNA bằng trình tự mồi 27F (5'-TACGGTTACCTTGTACGACT-3') và

1492R (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTC-3') [7, 8], định danh và xác định mối liên quan di truyền. Kết quả giải trình tự được so sánh với trình tự 16 vi khuẩn trên ngân hàng dữ liệu của NCBI [9] bằng công cụ Nucleotide BLAST. Xây dựng cây phả hệ gene 16S rRNA dựa trên công cụ so sánh nhiều trình tự (multiple alignment) của chương trình MEGA6 theo thông số Neighbor-Joining với chỉ số Bootstrap 1.000 lần lặp lại [10, 11].

Thử nghiệm điều kiện lên men acid lactic sử dụng vi khuẩn lactic chịu nhiệt:

Khả năng lên men của vi khuẩn lactic ở 37°C: 16 chủng tuyển chọn và 1 chủng đối chứng được tăng sinh và ủ lactic ở 120 vòng/phút trong môi trường MRS sau 36 giờ và sau đó được lên men ở 37°C trong ống Falcon chứa 50 ml môi trường MRS broth trong 7 ngày. Xác định các chỉ tiêu: hàm lượng acid tổng được đo bằng phương pháp chuẩn độ NaOH 0,1N [12], lượng đường còn lại sau lên men được xác định bằng phương pháp DNS [13], pH dịch lên men được đo bằng pH kế, hiệu suất lên men theo khối lượng nguyên liệu (g/g) và hiệu suất lên men được tính theo số mol (tỷ lệ 1 mol glucose tạo 2 mol acid lactic).

Khả năng lên men của vi khuẩn lactic ở 39°C và 41°C: các chủng vi khuẩn tuyển chọn được lên men tiếp ở 39°C và 41°C trong ống Falcon chứa 50 ml môi trường MRS broth trong 7 ngày. Xác định các chỉ tiêu: hàm lượng acid tổng, lượng đường còn lại sau lên men, pH dịch lên men và hiệu suất lên men theo số mol.

Khảo sát điều kiện tối ưu sản xuất acid lactic: chủng vi khuẩn tuyển chọn được lên men trong ống Falcon ở 39°C với môi trường MRS lỏng hiệu chỉnh các thông số: nồng độ glucose (4%, 5% và 6% w/v), nồng độ giống chủng (10^4 , 10^5 và 10^6 tế bào/ml) và pH ban đầu (5,0; 6,0 và 7,0). Kết quả được thống kê hồi quy mặt đáp ứng bằng phần mềm STATGRAPHIC centurion Version 16.

Khả năng sản xuất acid lactic ở quy mô 1 l: ứng dụng điều kiện tối ưu được xác định, tiến hành lên men 1 l với môi trường MRS lỏng hiệu chuẩn hàm lượng glucose 16% (w/v). Kiểm tra khả năng sinh acid lactic thông qua: chỉ số pH, hàm lượng acid, hàm lượng đường sau lên men và hiệu suất lên men.

Phương pháp phân tích thống kê

Các thí nghiệm được tiến hành với bố trí hoàn toàn

ngẫu nhiên, các nghiệm thức được lặp lại 3 lần. Kết quả các thí nghiệm được phân tích thống kê bằng phần mềm STATGRAPHICS Centurion XV ở độ tin cậy 95%.

Kết quả

Khả năng lên men của vi khuẩn lactic chịu nhiệt ở 37°C

Bảng 1: hàm lượng acid tổng sinh ra sau 6 và 7 ngày lên men của 55 chủng vi khuẩn lactic ở nhiệt độ 37°C

Chủng	Hàm lượng acid lactic (g/l)		Chủng	Hàm lượng acid lactic (g/l)	
	Ngày 6	Ngày 7		Ngày 6	Ngày 7
L1	0,38 ^{ghjkl}	0,53 ^{defghj}	L29	0,15 ^{jk}	0,30 ^{hj}
L2	1,5 ^a	1,58 ^{abc}	L30	0,83 ^{abdefghjk}	1,65 ^a
L3	0,53 ^{abdefghjk}	0,53 ^{efghj}	L31	0,75 ^{abdefghjk}	1,2 ^{abdefghjk}
L4	0,75 ^{abdefghjk}	0,75 ^{abdefghjk}	L32	0,90 ^{abdefghjk}	0,83 ^{abdefghjk}
L5	0,45 ^{defghjk}	0,68 ^{abdefghjk}	L33	0,75 ^{abdefghjk}	0,75 ^{abdefghjk}
L6	1,28 ^{abc}	1,65 ^{ab}	L34	0,68 ^{abdefghjk}	0,90 ^{abdefghjk}
L7	1,05 ^{abdefgh}	1,5 ^{abcde}	L35	0 ^k	0,23 ⁱ
L8	0,90 ^{abdefghjk}	1,13 ^{abdefghjk}	L36	0,83 ^{abdefghjk}	1,05 ^{abdefghjk}
L9	0,98 ^{abdefghjk}	1,35 ^{abdefghj}	L37	0,9 ^{abdefghjk}	1,13 ^{abdefghjk}
L10	0,45 ^{defghjk}	0,75 ^{abdefghjk}	L38	0,75 ^{abdefghjk}	0,90 ^{abdefghjk}
L11	0,75 ^{abdefghjk}	1,13 ^{abdefghjk}	L39	0,45 ^{efghjk}	0,6 ^{bcdefghj}
L12	1,05 ^{abdef}	1,13 ^{abdefghjk}	L40	0,98 ^{abdefghjk}	0,90 ^{abdefghjk}
L13	0,53 ^{abdefghjk}	0,6 ^{abdefghjk}	L41	0,98 ^{abdefghjk}	0,75 ^{abdefghjk}
L14	0,68 ^{abdefghjk}	0,75 ^{abdefghjk}	L42	0,68 ^{abdefghjk}	0,75 ^{abdefghjk}
L15	0,75 ^{abdefghjk}	1,28 ^{abdefghjk}	L43	0,98 ^{abdefghjk}	1,50 ^{abcd}
L16	1,20 ^{abcd}	0,90 ^{abdefghjk}	L44	0,68 ^{abdefghjk}	0,68 ^{abdefghjk}
L17	0,83 ^{abdefghjk}	0,90 ^{abdefghjk}	L45	0,38 ^{hjk}	0,45 ^{ghj}
L18	0,6 ^{abdefghjk}	0,75 ^{abdefghjk}	L46	0,60 ^{abdefghjk}	0,53 ^{fghj}
L19	0,90 ^{abdefghjk}	0,90 ^{abdefghjk}	L47	1,28 ^{ab}	1,13 ^{abdefghjk}
L20	0,90 ^{abdefghjk}	1,13 ^{abdefghjk}	L48	0,60 ^{abdefghjk}	0,68 ^{abdefghjk}
L21	1,05 ^{abdefghj}	1,13 ^{abdefghjk}	L49	0,90 ^{abdefghjk}	1,20 ^{abdefghjk}
L22	0,90 ^{abdefghjk}	1,13 ^{abdefghjk}	L50	0,75 ^{abdefghjk}	0,83 ^{abdefghjk}
L23	0,75 ^{abdefghjk}	0,90 ^{abdefghjk}	L51	0,53 ^{abdefghjk}	0,60 ^{bcdefghj}
L24	0,45 ^{fghjk}	0,60 ^{defghj}	L52	0,98 ^{abdefghjk}	1,35 ^{abdefgh}
L25	0,68 ^{abdefghjk}	0,83 ^{abdefghjk}	L53	0,60 ^{abdefghjk}	0,75 ^{abdefghjk}
L26	0,90 ^{abdefghjk}	1,13 ^{abdefghjk}	L54	0,90 ^{abdefghjk}	1,43 ^{abdef}
L27	1,2 ^{abcde}	1,35 ^{abdefg}	ĐC	0,53 ^{bcdefghjk}	0,60 ^{abdefghjk}
L28	1,05 ^{abdefg}	1,13 ^{abdefghjk}			

Giá trị trong bảng là trung bình của 3 lần lặp lại. Trong cùng một cột, số mũ giống nhau thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê ở mức 5% ($p > 0,05$)

Bảng 1 trình bày khả năng lên men acid lactic của các chủng vi khuẩn sau 7 ngày trong môi trường dịch sucrose 4% (w/v). Hàm lượng acid tổng sinh ra ngày 6 đạt từ 0 đến 1,5 g/l, ngày 7 từ 0,23 đến 1,65 g/l. Trong đó, 16 chủng gồm L2, L6, L7, L9, L10, L11, L20, L21, L26, L27, L30, L36, L37, L38, L52 và L54 sinh ra acid hàm lượng cao hơn các chủng còn lại với khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 5% với nồng độ từ 0,75-1,5 g/l (ngày 6) và từ 0,9-1,65 g/l (ngày 7), và 16 chủng này được chọn cho các thử nghiệm tiếp theo.

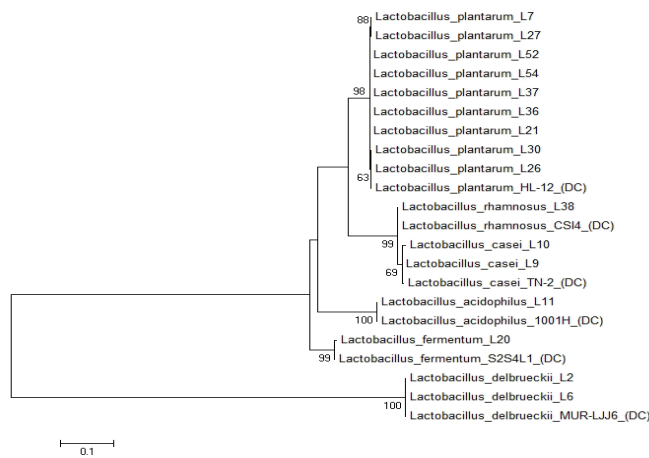
Mối liên quan di truyền các chủng vi khuẩn lactic chịu nhiệt

Định danh các chủng vi khuẩn lactic có khả năng lên men tốt:

Sau khi tra cứu trình tự bằng công cụ nucleotide BLAST của cơ sở dữ liệu NCBI, kết quả giải trình tự và đối chiếu với cơ sở dữ liệu dựa trên nguyên tắc ưu tiên truy vấn tương đồng (Identity) và độ bao phủ của trình tự (Query coverage) cho thấy, các chủng vi khuẩn lactic tương đồng với *Lactobacillus delbrueckii* (L2, L6); *L. plantarum* (L7, L21, L26, L27, L30, L36, L37, L52, L54); *L. casei* (L9, L10); *L. acidophilus* (L11); *L. fermentum* (L20) và *L. rhamnosus* (L38).

Mối liên quan di truyền của các chủng vi khuẩn lactic chịu nhiệt:

Hình 1 trình bày cây phân loại dựa trên trình tự di truyền các chủng vi khuẩn lactic. Cây phân loại di truyền chia thành nhiều nhánh cho thấy mức độ đa dạng di truyền của 16 chủng vi khuẩn cao. Chủng L6 và L2 có mối quan hệ trình tự di truyền tương đối dị biệt so với nhóm các mẫu còn lại, tương đồng với *L. delbrueckii* với bootstrap 100%. Mẫu L9 và L10 cùng tương đồng với *L. casei* và nhóm các mẫu L26, L27, L30, L36, L37, L52 và L54 có khoảng cách di truyền thấp, cùng tương đồng với loài *L. plantarum* với bootstrap 98%. Chủng L11 (*L. acidophilus*), L20 (*L. fermentum*) và L38 (*L. rhamnosus*) không cùng nhóm với các chủng còn lại. Các trình tự đối chứng được truy vấn từ NCBI và phân tích cùng phần mềm MEGA 6 (gồm *L. plantarum* HL-12, *L. casei* TN-2, *L. rhamnosus* CSI4, *L. acidophilus* 1001H, *L. fermentum* S2S4L1 và *L. delbrueckii* MUR-LJJ6) cho thấy, các trình tự của các chủng vi khuẩn đối chứng đều được xếp cùng nhánh với các trình tự của 16 chủng vi khuẩn lactic chịu nhiệt tương ứng theo từng nhóm với hệ số tương đồng tra cứu bằng công cụ BLAST trình bày ở bảng 2.



Hình 1: cây phân loại di truyền xây dựng bằng phần mềm MEGA 6

Bảng 2: kết quả định danh và tra cứu bằng công cụ BLAST của NCBI

Tên mẫu	Loài	Chủng tương đồng	% Tương đồng
L2	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	MUR-LJJ6	100
L6	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	MUR-LJJ6	100
L7	<i>Lactobacillus plantarum</i>	HL-12	87
L9	<i>Lactobacillus casei</i>	TN-2	97
L10	<i>Lactobacillus casei</i>	TN-2	99
L11	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	1001H	100
L20	<i>Lactobacillus fermentum</i>	S2S4L1	97
L21	<i>Lactobacillus plantarum</i>	HL-12	96
L26	<i>Lactobacillus plantarum</i>	HL-12	90
L27	<i>Lactobacillus plantarum</i>	HL-12	99
L30	<i>Lactobacillus plantarum</i>	HL-12	97
L36	<i>Lactobacillus plantarum</i>	HL-12	98
L37	<i>Lactobacillus plantarum</i>	HL-12	97
L38	<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	CSI-4	99
L52	<i>Lactobacillus plantarum</i>	HL-12	89
L54	<i>Lactobacillus plantarum</i>	HL-12	94

Điều kiện lên men sản xuất acid lactic

Khả năng lên men của vi khuẩn lactic ở 37°C:

Kết quả trong bảng 3 cho thấy, hàm lượng acid tổng sinh ra sau lên men của 16 chủng tuyển chọn và chủng đối chứng đạt từ 6,0 đến 14,1 g/l với hiệu suất lên men theo khối lượng nguyên liệu từ 0,31 đến 0,73 g acid/g glucose. Hiệu suất theo số mol chuyển hoá đạt từ 30,30 đến 71,21%. Trong đó, 7 chủng (L7, L9, L11, L21, L26, L30 và L37) sinh acid lactic cao hơn các chủng còn lại, trong khoảng 9,9-14,1 g/l.

Bảng 3: kết quả lên men acid lactic của 17 chủng vi khuẩn ở 37°C

Chủng LAB	Hàm lượng acid (g/l)	pH sau lên men	Glucose còn lại (g/l)	Hiệu suất (g acid/g glucose)	Hiệu suất (%)
L2	9,3 ^{cd}	4,14	0,48	0,48	46,97
L6	6,0 ^h	4,23	0,92	0,31	30,30
L7	12,3 ^{abc}	3,86	0,75	0,64	62,12
L9	12,9 ^{ab}	3,84	1,14	0,68	65,15
L10	7,2 ^{gh}	4,17	1,28	0,38	36,36
L11	14,1 ^a	3,75	0,68	0,73	71,21
L20	7,2 ^{gh}	4,19	0,68	0,37	36,36
L21	11,4 ^{abcde}	3,88	0,54	0,59	57,58
L26	9,9 ^{bdef}	4,01	0,81	0,52	50,00
L27	8,4 ^{efgh}	5,40	0,62	0,43	42,42
L30	12,6 ^{ab}	3,83	0,51	0,65	63,64
L36	9,0 ^{defgh}	4,11	0,90	0,47	45,45
L37	10,8 ^{bode}	4,03	0,39	0,55	54,55
L38	6,3 ^{gh}	4,29	0,82	0,33	31,82
L52	8,7 ^{efgh}	4,14	0,95	0,46	43,94
L54	7,2 ^{gh}	4,19	1,03	0,38	36,36
ĐC (+)	12,0 ^{abcd}	5,28	0,81	0,63	60,61

CV = 18,9%

Khả năng lên men của vi khuẩn lactic ở 39°C và 41°C:

Theo bảng 4, khả năng chuyển hoá sinh acid lactic ở 39°C của 7 chủng đạt từ 9,00 đến 18,90 g/l với hiệu suất theo khối lượng cơ chất từ 0,49 đến 1,01 g acid/g glucose, hiệu suất theo số mol từ 45,45 đến 95,45%. Khả năng chuyển hoá sinh acid lactic ở 41°C đạt từ 9,00 đến 18,00 g/l với hiệu suất theo khối lượng cơ chất từ 0,46 đến 0,95 g acid/g glucose, hiệu suất theo số mol từ 45,45 đến 90,91%.

Bảng 4: kết quả lên men acid lactic của 7 chủng vi khuẩn ở 39 và 41°C

Chủng LAB	Nhiệt độ lên men (°C)	Hàm lượng acid (g/l)	pH sau lên men	Glucose còn lại (g/l)	Hiệu suất (g acid/g glucose)	Hiệu suất (%)
L7	39	17,70 ^{ab}	3,89	0,61	0,91	89,93
L7	41	18,00 ^{ab}	3,90	1,09	0,95	90,91
L9	39	18,90 ^a	3,88	1,30	1,01	95,45
L9	41	18,00 ^{ab}	3,87	0,69	0,93	90,91
L11	39	18,30 ^{ab}	3,89	1,52	0,98	92,42
L11	41	17,40 ^{ab}	3,90	0,39	0,88	87,88
L21	39	13,50 ^c	4,04	1,55	0,73	68,18
L21	41	16,80 ^b	3,92	0,73	0,87	84,85
L26	39	13,20 ^c	3,92	0,74	0,68	66,67
L26	41	17,10 ^{ab}	3,93	0,40	0,68	66,67
L30	39	16,80 ^b	3,91	0,17	0,84	84,85
L30	41	17,10 ^{ab}	3,93	0,76	0,88	86,36
L37	39	9,00 ^d	4,42	1,63	0,49	45,45
L37	41	9,00 ^d	4,40	0,68	0,46	45,45
ĐC (+)	39	9,90 ^d	4,39	0,94	0,52	50,00
ĐC (+)	41	9,60 ^d	4,39	0,92	0,51	48,48

CV = 8,25%

Điều kiện lên men thích hợp để sản xuất acid lactic:

Chủng *L. casei* L9 được tuyển chọn dựa trên hàm lượng acid lactic sinh ra ở 39°C và 41°C, hiệu suất

chuyển hoá theo cơ chất và số mol là cao nhất, khảo sát điều kiện lên men thích hợp ở 39°C với 3 nhân tố, 3 nồng độ: glucose (4, 5 và 6% w/v), pH môi trường ban đầu (5,0; 6,0 và 7,0) và nồng độ giống chủng (1, 2 và 3% v/v). Kết quả được ghi nhận ở bảng 5.

Điều kiện thích hợp cho lên men sinh acid lactic được xác định là ở pH 6,53; nồng độ giống chủng là 2,33% (v/v) và nồng độ glucose bổ sung là 6% (w/v).

Bảng 5: kết quả lên men acid lactic ở 39°C trong thử nghiệm điều kiện lên men thích hợp

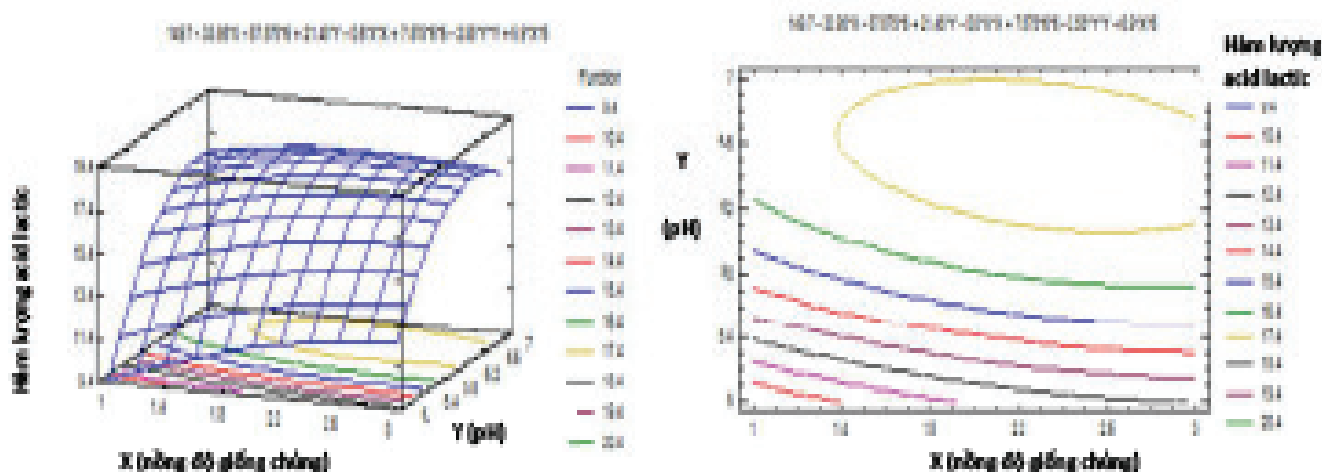
%Glucose - pH - %Giống chủng	Hàm lượng acid lactic (g/l)	Hiệu suất (g acid/g cơ chất)	Hiệu suất (%)	%Glucose - pH - %Giống chủng	Hàm lượng acid lactic (g/l)	Hiệu suất (g acid/g cơ chất)	Hiệu suất (%)
4 - 5 - 1	10,80 ^h	0,549	39,96	5 - 6 - 3	13,50 ^f	0,330	43,09
4 - 5 - 2	12,60 ^{fg}	0,648	43,20	5 - 7 - 1	6,30 ^k	0,190	22,17
4 - 5 - 3	16,20 ^{de}	0,669	52,37	5 - 7 - 2	10,80 ^h	0,330	39,62
4 - 6 - 1	18,90 ^b	0,943	80,83	5 - 7 - 3	15,30 ^e	0,380	44,56
4 - 6 - 2	23,85 ^a	0,830	79,93	6 - 5 - 1	8,10 ⁱ	0,230	20,74
4 - 6 - 3	23,40 ^a	0,865	78,87	6 - 5 - 2	11,70 ^{gh}	0,289	27,80
4 - 7 - 1	16,20 ^{de}	0,479	57,49	6 - 5 - 3	10,80 ^h	0,248	25,92
4 - 7 - 2	24,30 ^a	0,470	72,57	6 - 6 - 1	17,10 ^{cd}	0,411	45,93
4 - 7 - 3	23,60 ^a	0,474	63,79	6 - 6 - 2	16,20 ^{de}	0,423	46,19
5 - 5 - 1	4,50 ^l	0,136	16,96	6 - 6 - 3	16,20 ^{de}	0,362	40,75
5 - 5 - 2	7,20 ^{jk}	0,227	22,68	6 - 7 - 1	18,00 ^{bc}	0,495	47,17
5 - 5 - 3	10,80 ^h	0,243	29,14	6 - 7 - 2	18,00 ^{bc}	0,409	46,72
5 - 6 - 1	7,20 ^{jk}	0,267	30,53	6 - 7 - 3	18,00 ^{bc}	0,503	47,88
5 - 6 - 2	11,70 ^{gh}	0,372	40,31				

CV = 4,85%

Đồ thị mặt đáp ứng (surface plotting) và đồ thị đường mức (contour) (hình 2) cố định hàm lượng glucose bằng 6%, nồng độ giống chủng là X (1-3% v/v) và pH là Y (5-7). Phương trình hồi quy nhiều biến: Hàm lượng acid lactic = $149,7 - 33,95 \cdot X - 87,875 \cdot 6 + 21,45 \cdot Y - 0,6 \cdot X \cdot X + 7,575 \cdot 6 \cdot 6 - 2,55 \cdot Y \cdot Y + 6,9 \cdot X \cdot 6 + 8,0625 \cdot X \cdot Y + 2,25 \cdot 6 \cdot Y - 1,4625 \cdot X \cdot 6 \cdot Y$.

Lên men acid lactic trong bình lên men 1 l:

Áp dụng điều kiện lên men thích hợp đã được xác định, tiến hành thử nghiệm lên men acid lactic ở quy mô 1 l trong môi trường MRS hiệu chỉnh pH 6,53, nồng độ glucose là 6% (w/v), nồng độ giống chủng ở 10^7 tế bào/ml là 2,33% (v/v).



Hình 2: đồ thị mặt đáp ứng và đường mức của hàm lượng acid lactic với hàm lượng glucose = 6% (w/v), nồng độ giống chủng (X = 1-3% v/v) và pH (Y = 5,0-7,0)

Bảng 6: kết quả lên men acid lactic trong quy mô 1 l

Mẫu	Nồng độ glucose ban đầu (g/l)	Nồng độ glucose sau lên men (g/l)	Hàm lượng acid (g/l)	Hiệu suất % (số mol)
L9	60	7,66	20,70	79,09
L9-2	60	7,69	21,60	82,58
Trung bình	60	7,68	21,15	80,84

Kết quả lên men cho thấy hiệu suất lên men acid đạt 80,84%, được tính bằng đối chiếu phần trăm số mol acid sinh ra từ 1 mol glucose theo lý thuyết so với số mol acid sinh ra từ glucose thực tế.

Thảo luận

Trong quá trình lên men ở 37°C đa số các chủng vi khuẩn lactic đều có hàm lượng acid tổng cao nhất ở ngày lên men thứ 7. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Hernandez và cộng sự (2005) [14], hàm lượng acid trong thí nghiệm lên men đường sucrose của vi khuẩn lactic đạt tốt nhất ở ngày thứ 7. Bảng 1 cho thấy, chủng L6 và L30 cho hàm lượng acid tổng cao nhất (1,65 g/l), khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ở mức 5% so với các chủng còn lại. Bên cạnh đó, 16 chủng được chọn đều có khả năng sinh acid tốt hơn chủng đối chứng *L. thermotolerans* (0,53 g/l và 0,60 g/l ở ngày 6 và ngày 7).

Kết quả giải trình tự và xây dựng cây phân loại di truyền cho thấy, tất cả các chủng vi khuẩn đều thuộc chi *Lactobacillus* cho hình thái dạng hình que, catalase âm tính và oxidase âm tính. Kết quả này phù hợp với kết quả khảo sát đặc tính sinh hoá tế bào. L2 và L11 có sự tương đồng với *L. delbrueckii* và *L. acidophilus* [15], hai chủng vi khuẩn có nhiều ứng dụng trong lên men thực phẩm như sữa chua với khả năng tạo acid lactic ổn định và an toàn với hiệu suất cao, phù hợp với hàm lượng acid sinh ra khi lên men ở 37°C (bảng 1). Có 9/16 chủng vi khuẩn (L7, L21, L26, L27, L30, L36, L37, L52 và L54) tương đồng với *L. plantarum*. Trình tự chủng L9 tương đồng với *L. casei* và L54 tương đồng với *L. plantarum* là hai loài vi khuẩn có phẩm chất lên men acid lactic tốt được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp [16]. Ngoài ra, cây phân loại di truyền cho thấy, các loài vi khuẩn có trình tự tương đồng cùng loài nằm cùng nhánh với nhau và với chủng vi khuẩn đối chứng với chỉ số Bootstrap từ 69-100%.

Khi thử nghiệm lên men acid lactic với 16 chủng vi khuẩn trong môi trường MRS ở 37°C, 7 chủng L7, L9, L11, L21, L26, L30 và L37 sinh acid lactic cao hơn các

chủng còn lại, trong khoảng 9,9-14,1 (g/l) và cao hơn chủng vi khuẩn đối chứng *L. thermotolerans* (12,0 g/l). Khi so sánh kết quả lên men sử dụng môi trường chỉ bổ sung sucrose thì hiệu quả lên men acid lactic ở môi trường MRS tốt hơn, điều này có thể giải thích là bởi phần lớn các loài vi khuẩn lactic đều có nhu cầu dinh dưỡng phức tạp, môi trường dinh dưỡng cần bổ sung các loại amino acid cũng như các khoáng vi lượng để hoạt động chuyển hóa đạt tối ưu [17]. Thử nghiệm lên men ở 39°C và 41°C, kết quả cho thấy chủng *L. casei* L9 khi lên men ở 39°C sinh ra acid lactic cao nhất (18,9 g/l) với hiệu suất chuyển hóa đường glucose thành acid lactic là 95,45% theo số mol. Đáng chú ý, bảng 4 cho thấy hầu hết các chủng lactic (ngoại trừ L9 và L11) đều sinh acid lactic cao hơn ở 41°C, cho thấy ảnh hưởng của nhiệt độ lên men đến khả năng phát triển của vi khuẩn và lượng acid lactic sinh ra.

Ở nhiệt độ cao hơn, vi khuẩn lactic sinh trưởng nhanh hơn (thời gian để vi khuẩn bắt đầu và kết thúc pha lũy thừa trong đường cong sinh trưởng được rút ngắn) cũng như tốc độ chuyển hóa của tế bào vi khuẩn diễn ra mạnh hơn so với ở nhiệt độ thấp nên thời gian để lượng acid lactic sinh ra đạt tối đa được rút ngắn. Kết quả khảo sát điều kiện lên men thích hợp để sản xuất acid lactic từ chủng *L. casei* L9 cho thấy điều kiện thích hợp cho lên men sinh acid lactic được xác định là ở pH 6,53; nồng độ giống chủng là 2,33% (v/v) và nồng độ glucose bổ sung là 6% (w/v). Giá trị pH ban đầu tối ưu cho chủng L9 (*L. casei*) được xác định là 6,53, tương ứng với kết luận trong nghiên cứu của Yoo và cộng sự (1996) [18] về pH thích hợp cho khả năng phát triển tế bào và sinh acid lactic của *L. casei* là trong khoảng 6,0-6,5. Tương tự, Panesar và cộng sự (2010) [19] cũng kết luận, pH 6,5 là tốt nhất cho chuyển hóa lactose và sinh acid lactic ở *L. casei*. Ứng dụng kết quả điều kiện thích hợp, quá trình lên men ở quy mô 1 l cho kết quả hiệu suất lên men đạt 80,84% (w/v) ở mức tương đương so với nghiệm thức cho hiệu suất cao nhất 4-6-1 (80,83%) lên men trong thí nghiệm lên men thích hợp hoá 3 nhân tố ở điều kiện lên men sản xuất acid lactic. Theo Ramesh (2011) [20], quá trình lên men acid lactic quy mô càng lớn càng gặp nhiều khó khăn do hệ thống lên men càng lớn càng đòi hỏi các thiết bị kiểm soát nghiêm ngặt và ổn định các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lên men như nhiệt độ, áp suất... Quá trình lên men acid lactic trong thí nghiệm này đạt hiệu suất lên men gần tương đương so với nghiệm thức lên men tốt nhất ở quy mô 100 ml

(80,84%) cho thấy chủng vi khuẩn được tuyển chọn vẫn duy trì khả năng lên men khi tăng quy mô lên 1 l.

Kết luận

Mười sáu chủng vi khuẩn lactic được tuyển chọn do thể hiện hoạt tính lên men tốt nhất trong 7 ngày và sinh hàm lượng acid cao nhất đạt 1,65 g/l. Các chủng này thuộc các loài *L. delbrueckii* (L2 và L6), *L. casei* (L9 và L10), *L. acidophilus* (L11), *L. fermentum* (L20), *L. rhamnosus* (L38) và *L. plantarum* (L7, L21, L26, L27, L30, L36, L37, L52 và L54). Chủng L9 (*L. casei*) cho thấy khả năng lên men acid lactic tốt ở 37°C (12,9 g/l), 39°C (18,9 g/l) và 41°C (18,0 g/l) và lên men quy mô 1 l cao nhất đạt hiệu suất 80,84% ở pH 6,53; nồng độ giống chủng là 2,33% (v/v) và nồng độ glucose bổ sung là 6% (w/v).

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí từ nhiệm vụ Nghị định thư của Bộ Khoa học và Công nghệ (09/2014/HĐ-NĐT) và một phần hỗ trợ từ đề tài nghiên cứu khoa học trong Chương trình Công nghệ sinh học tiên tiến của Trường Đại học Cần Thơ. Chân thành cảm ơn Đại học Kyushu (Nhật Bản) trong hướng dẫn và hỗ trợ định danh vi khuẩn lactic thông qua Chương trình CCP (New Core to Core Program).

Tài liệu tham khảo

- [1] A. Lars and A. Siv (2000), "Lactic acid bacteria", *Applied Microbial Systematics*, pp.367-388.
- [2] M.E. Stiles and W.H. Holzapfel (1997), "Lactic acid bacteria of foods and their current taxonomy", *Int J Food Microbiol*, **36**, pp.1-29.
- [3] R. Biswas (2005), *Lactic acid production from food processing wastes*, Thapar University, BY3030118, India.
- [4] Nguyễn Thị Thanh Hà (2012), *Nghiên cứu quá trình lên men acid lactic từ lõi ngô*, Luận văn thạc sỹ ngành công nghệ thực phẩm và đồ uống, Đại học Đà Nẵng, trang 23-24.
- [5] Phan Thanh Phong (2006), *Sản xuất bột vi khuẩn lactic*, Luận văn thạc sỹ ngành công nghệ sinh học, Viện Nghiên cứu và Phát triển công nghệ sinh học, Trường Đại học Cần Thơ.
- [6] J.D. De Man, M. Rogosa and M.E. Sharpe (1960), "A Medium for the Cultivation of *Lactobacilli*", *Journal of Applied Bacteriology*, **23**, pp.130-135.
- [7] W.G. William, M.B. Susan, A.P. Dale and J.L. David (1991), "16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study", *Journal of Bacteriology*, **173**, pp.697-703.
- [8] S.F. Altschul, W. Gish, W. Miller, E.W. Meyers and D.J. Lipman (1990), "Basic local alignment search tool", *Journal of Molecular Biology*, **215**, pp.403-410.
- [9] K. Tamura, G. Stecher, D. Peterson, A. Filipski and S. Kumar (2013), "MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis version 6.0", *Molecular Biology and Evolution*, **30**(12), pp.2725-2729.
- [10] N. Saitou and M. Nei (1987), "The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees", *Molecular Biology and Evolution*, **4**(4), pp.406-425.
- [11] B. Efron, E. Halloran and S. Holmes (1996), "Bootstrap confidence levels for phylogenetic trees", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **93**(23), pp.13429.
- [12] D.C. Harris (2007), "Quantitative Chemical Analysis", *Freeman and Company*, **7**, pp. 180-199.
- [13] C. Bennett (1971), "Spectrophotometric acid dichromate method for the determination of ethyl alcohol", *The American Journal of Medical Technology*, **37**(6), pp.217.
- [14] D. Hernandez, E. Cardell and V. Zarate (2005), "Antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from Tenerife cheese: initial characterization of plantaricin TF711, a bacteriocin-like substance produced by *Lactobacillus plantarum* TF711", *Journal Applied Microbiology*, **99**, pp.77-84.
- [15] M.S. Robert and W.C. Frazier (1941), *Physiological characteristics of lactic acid bacteria near the maximum growth temperature*, Department of Agricultural Bacteriology, University of Wisconsin, pp.479-450.
- [16] K.J. Heller (2001), "Probiotic bacteria in fermented foods: product characteristics and starter organisms", *The American Journal of Clinical Nutrition*, **73**, pp. 374S-379S.
- [17] Nguyễn Lâm Dũng, Nguyễn Đình Quyến và Phạm Văn Ty (1997), *Vi sinh vật học*, Nhà xuất bản Giáo dục, trang 83.
- [18] I.K. Yoo, H.N. Chang, L.E. Gyo, C.Y. Keun and M.S. Hyeon (1996), "Effect of pH on the Production of Lactic Acid and Secondary Products in Batch Cultures of *Lactobacillus casei*", *Journal of Microbiology and Biotechnology*, **6**(6), pp.482-486.
- [19] P.S. Panesar, F.K. Johb, J.K. Charles and K. Maria (2010), "Production of L(+)lactic acid using *Lactobacillus casei* from Whey", *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **53**(1), pp.219-226.
- [20] C.C. Ramesh and A. Kilara (2011), *Dairy Ingredients for Food Processing*, Wiley-Blackwell.

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 59 - Number 3 - March 2017

Giả thuyết Hayman trong trường số phức và p -adic.

Vũ Hoài An

Nghiên cứu phương pháp thiết lập thang độ nhạy độ rọi dùng để thiết lập chuẩn đo lường quốc gia về cường độ sáng.

Cao Xuân Quân, Hoàng Ngọc Dũng, Lê Ngọc Hiếu, Lê Thị Thu Thủy, Nguyễn Thị Huyền

Nghiên cứu chế tạo TiO_2 từ quặng ilmenit bằng phương pháp hydrosunfat.

Trần Văn Chinh, Nguyễn Thị Hoài Phương

Ảnh hưởng của sự pha tạp ion Co^{2+} đến cấu trúc và khả năng đan cài ion natri của vật liệu birnessite MnO_2 .

Nguyễn Văn Hoàng, Huỳnh Lê Thanh Nguyên, Trần Văn Mẫn, Lê Mỹ Loan Phụng

Ứng dụng phần mềm AMDIS để xây dựng thư viện phổ cho xác định hóa chất bảo vệ thực vật từ dữ liệu sắc ký khí khối phổ.

Phạm Tuấn Linh, Vũ Đức Lợi, Nguyễn Thị Thảo, Nguyễn Mai Dương, Nguyễn Hồng Khánh, Nguyễn Việt Hoàng, Nguyễn Thành Đồng

Nghiên cứu ứng dụng tin sinh học xác định biến dị di truyền trên bệnh nhân bệnh bạch cầu dòng tủy mạn tính.

Hoàng Quốc Huy, Trịnh Thị Xuân, Phạm Quang Huy, Nguyễn Văn Lâm, Trần Công Hoàng, Vũ Thị Bích Hương, Lê Quang Tường, Hoàng Thị Hồng, Bạch Quốc Khánh, Nguyễn Anh Trí, Dương Quốc Chính, Nguyễn Cường

Đánh giá kỹ năng mô phỏng một số đặc trưng gió mùa mùa hè ở khu vực Việt Nam bằng mô hình CFS/RSM.

Nguyễn Đăng Mậu, Nguyễn Văn Thắng, Mai Văn Khiêm, Hà Trường Minh, Lưu Nhật Linh

Áp dụng phương pháp đường cong ABC của quần xã tuyến trùng sống tự do để đánh giá chất lượng môi trường thủy vực tại các cảng trên sông Sài Gòn.

Nguyễn Thị Mỹ Yên, Trần Thành Thái, Ngô Xuân Quảng

Nhận diện hàm mật độ xác suất trong đáp ứng phi tuyến của kết cấu với tham số đầu vào ngẫu nhiên.

Đặng Công Thuật

Chế tạo và đánh giá thiết bị thăm dò điện trở suất đa cực dùng các module DAQ công nghiệp cho ứng dụng thăm dò môi trường đất.

Trần Vĩnh Thắng, Đỗ Anh Chung, Đỗ Trung Kiên, Nguyễn Đức Vinh

Nghiên cứu chế tạo hệ thiết bị quan trắc và cảnh báo phóng xạ.

Đặng Quang Thiệu, Nguyễn Văn Sỹ, Phan Lương Tuấn, Nguyễn Thị Bảo Mỹ, Nguyễn Thanh Hùng, Nguyễn Xuân Vinh, Đặng Quang Bảo

Tuyển chọn vi khuẩn lactic chịu nhiệt và ứng dụng trong sản xuất acid lactic.

Ngô Thị Phương Dung, Bùi Hoàng Đăng Long, Hoàng Nguyễn Phương Trinh, Nguyễn Ngọc Thanh, Huỳnh Xuân Phong

1 Hayman conjecture in the complex and p -adic fields.

Vu Hoai An

5 Study on the illuminance responsivity scale realization for the national measurement standard realization of luminous intensity.

Cao Xuan Quan, Hoang Ngoc Dung, Le Ngoc Hieu, Le Thi Thu Thuy, Nguyen Thi Huyen

9 Study on manufacturing TiO_2 from ilmenite ore by hydrogen sulfate method.

Tran Van Chinh, Nguyen Thi Hoai Phuong

14 Effect of cobalt doping on the structure and sodium ion intercalation behaviour of birnessite MnO_2 .

Nguyen Van Hoang, Huynh Le Thanh Nguyen, Tran Van Man, Le My Loan Phung

19 Application of AMDIS program for the construction of mass spectral library for pesticide identification from GC/MS scan data.

Pham Tuan Linh, Vu Duc Loi, Nguyen Thi Thao, Nguyen Mai Duong, Nguyen Hong Khanh, Nguyen Viet Hoang, Nguyen Thanh Dong

22 Application of bioinformatics for identification of genetical variants in chronic myeloid leukemia patients.

Hoang Quoc Huy, Trinh Thi Xuan, Pham Quang Huy, Nguyen Van Lam, Tran Cong Hoang, Vu Thi Bich Huong, Le Quang Tuong, Hoang Thi Hong, Bach Quoc Khanh, Nguyen Anh Tri, Duong Quoc Chinh, Nguyen Cuong

27 Assessment on CFS/RSM's simulation in Vietnam summer monsoon characteristics.

Nguyen Dang Mau, Nguyen Van Thang, Mai Van Khiem, Ha Truong Minh, Luu Nhat Linh

35 Applying the ABC curve method of free-living nematode communities to assess the environmental quality of water in Sai Gon River harbors.

Nguyen Thi My Yen, Tran Thanh Thai, Ngo Xuan Quang

42 Identification of probability density functions for the nonlinear response of structures with uncertain input.

Dang Cong Thuat

49 Development and assessment of an industrial DAQ based multielectrode geoelectrical resistivity instrument for exploring the soil environment.

Tran Vinh Thang, Do Anh Chung, Do Trung Kien, Nguyen Duc Vinh

53 Study and contruction of an environmental radiation warning and monitoring system.

Dang Quang Thieu, Nguyen Van Sy, Phan Luong Tuan, Nguyen Thi Bao My, Nguyen Thanh Hung, Nguyen Xuan Vinh, Dang Quang Bao

58 The selection of thermotolerant lactic acid bacteria and applications for lactic acid production.

Ngô Thi Phương Dung, Bùi Hoàng Đăng Long, Hoàng Nguyễn Phương Trinh, Nguyễn Ngọc Thanh, Huỳnh Xuân Phong