

# Cơ sở dữ liệu cho xây dựng mô hình hồi quy chẩn đoán kỹ thuật động cơ diesel tàu thủy bằng dao động xoắn

■ **THS. PHẠM VĂN NGỌC; THS. CAO ĐỨC HẠNH; PGS. TSKH. ĐỖ ĐỨC LƯU**  
 Trường Đại học Hàng hải Việt Nam  
 \*Email liên hệ: hanhcd@vimaru.edu.vn

**TÓM TẮT:** Bài báo xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL) cho mô hình chẩn đoán hồi quy (DRM) bằng dao động xoắn (TVs) dựa trên kế hoạch thử nghiệm (DoE) 2z-k. Bộ CSDL thiết kế theo (z-k) nhân tố chính với M=2(z-k) thí nghiệm cơ sở, z và k là tổng các nhân tố và số nhân tố phụ (liên kết). Từng thí nghiệm cơ sở được lặp m lần có tính đến nhiễu (sai số) từ vòng quay khai thác của MDE. Trong thực tế, vòng quay khai thác không ổn định, cũng như đo và hiển thị vòng quay có sai số, nên thường chọn sai số tương đối  $dn = \pm 5\%$  và dùng trong mô phỏng chẩn đoán, tại vòng quay khai thác cách xa vòng quay cộng hưởng. Dùng phần mềm tự động tính dao động xoắn (SACTV) đã được xây dựng tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam để mô phỏng CSDL chẩn đoán. Phần mềm xây dựng CSDL phát triển trên nền LabView, sử dụng SACTV cho hệ trục dùng MDE MAN-BW 6S46MCC, trên MV.HR34000 DWT đóng tại nhà máy Phà Rừng. Bộ CSDL gồm hai ma trận, mỗi ma trận có N = 72 hàng và z=6 cột. Bộ CSDL này tương ứng với DoE có 6 nhân tố chất lượng cháy  $x = [x_1...x_6]$  của 6 xy-lanh, tại chế độ vòng quay: xa cộng hưởng nE = 73 v/phút, được kiểm tra độ đồng nhất theo tiêu chuẩn t-student với 95% - độ tin cậy.

**TỪ KHÓA:** Dữ liệu chẩn đoán, dao động xoắn, chẩn đoán diesel tàu biển.

**ABSTRACT:** The paper aims to build database for diagnostic regression models (DRM) by torsional vibrations (TVs) based on Design of Experiment 2z-k (DoE). The database was designed with (z-k) main factors and M=2(z-k) basis experiments, where z and k - total and dependent factors, respectively. Each basis experiment was repeated m times (including noises) correspond to the revolution of main diesel engine (MDE). In practice, the repeats are considered on the base of the: Unstable working regime of MDE; unexactness of the measurement and monitoring revolution devices. The error rate (dnE) is chosen as  $dnE = \pm 5\%$  for the diagnostic revolution regime (nE). The nE (rpm) was chosen far from the torsional resonances. Using the SACTV that was built in Vietnam Maritime University to calculate automatically the TVs, the software was developed to build the database for diagnostic regressive models.

This software was designed by authors and coded in Labview platform. The method and software were verified for the MDE: MAN-BW 6S46MC-C of MV.HR34000DWT. This database is constructed in accordance with the DoE 26-3 that has 6 main firing factors  $z = [x_1...x_6]$  of each cylinder in diagnostic regime  $nE = 73$  rpm. The results database was tested using the t-student criterion with 95% confidence.

**KEYWORDS:** Diagnostic database, torsional vibration, marine diesel engine diagnostics.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

DRM được thiết lập nhằm giải quyết bài toán chẩn đoán ở giai đoạn đầu khi nghiên cứu đối tượng chẩn đoán và các dấu hiệu chẩn đoán  $V_k$ . Từ DRM:  $V_k = f(x_1, x_2, \dots, x_z)$ , với z - số xy-lanh, chúng ta phân tích hệ số trước các nhân tố  $x_i$  (i=1...z) để đánh giá độ nhạy (sự ảnh hưởng) khi thay đổi trạng thái kỹ thuật đến DHCEĐ (đặc tính của tín hiệu TV).

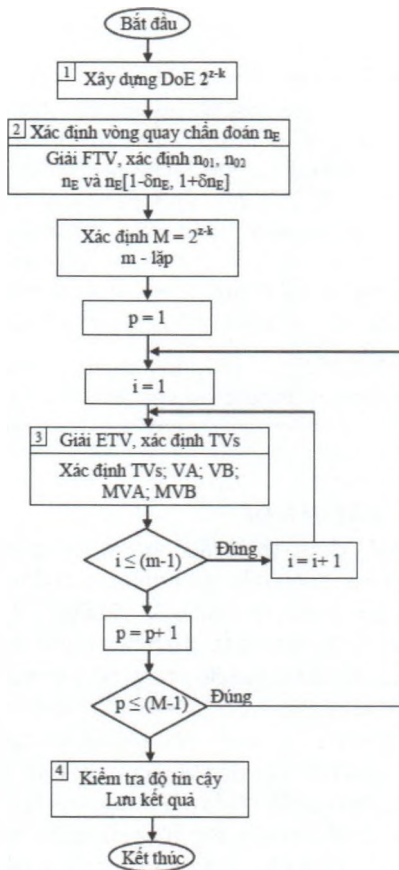
Tín hiệu TVs chứa các thông tin tốt cho chẩn đoán tổng thể [1] với các đặc tính cực đại (VA) hoặc cực tiểu (VB) của TVs trong miền thời gian thực (vector VA gồm z cực đại; VB - z cực tiểu tương ứng với z vùng làm việc của z xy-lanh), từ đó xây dựng hệ z phương trình (z DHCEĐ VA hoặc VB) theo z biến đầu vào là nhân tố (factors) đại diện cho thông số trạng thái kỹ thuật [1,2].

Các tác giả của [2] đã thiết lập tác nhân trạng thái cháy  $x(i) = 2Cf(i)-1$ ,  $i = 1...6$ . Hệ số cháy cho xy-lanh thứ i:  $Cf(i) = [0, 1]$ . Giá trị  $x(i) = -1$  khi xy-lanh không cháy  $Cf(i) = 0$ . Ngược lại,  $x(i) = +1$  khi xy-lanh cháy bình thường  $Cf(i) = 1$ . DRM tuyến tính nhận được:  $V = f(x)$  viết cho từng DHCEĐ (cực trị trong các vector VA hoặc VB), xây dựng kế hoạch thử nghiệm tối ưu, dạng DoE  $2^{n-k}$  [6].

Phương pháp xây dựng CSDL: mô phỏng dao động xoắn tương ứng với từng chế độ thử nghiệm. Tại một thí nghiệm cần đưa ra được TVs cần đo ở trục trung gian trên hệ trục, sau đó xác định các vector DHCEĐ VA hoặc VB. Công việc mô phỏng rất lớn nên cần thực hiện tự động qua SATVC được PGS. TSKH. Đỗ Đức Lưu cùng các cộng sự xây dựng ở Trường Đại học Hàng hải Việt Nam [3]. Mô-đun xây dựng CSDL chẩn đoán có thể được phát triển, lập trình code trên LabView, tương thích với dạng dữ liệu của TVs tính được và lưu lại (\*.lv, \*.tdms).

Một số vấn đề chưa được nghiên cứu đầy đủ: Tại sao lại chọn chế độ chẩn đoán  $n = 75$  vòng/phút, dải nhiễu có thể chọn  $\delta n\%$  như thế nào. Nếu thay đổi giá trị nhiễu (dùng hàm số rand trong toán học) bằng giá trị tính toán từ vòng quay được xét  $\delta nE = \pm 5\%$  thì các tập dữ liệu đặc trưng cho các thí nghiệm cơ sở có hội tụ hay không? Vấn đề trên sẽ được giải đáp trong nội dung của nghiên cứu này.

**2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**



Hình 2.1: Sơ đồ thuật toán chung xây dựng CSDL cho xây dựng DRM

Thuật toán chung xây dựng CSDL cho xây dựng DRM gồm xây dựng DoE  $2^{z-k}$ ; xác định chế độ vòng quay trung bình ( $n_E$ , v/phút) cho chẩn đoán; tính TVs ở  $N=M.m$  thí nghiệm và xác định hai ma trận dấu hiệu chẩn đoán VA và VB (gồm  $N$  hàng,  $z$  cột) cho toàn thí nghiệm. Sơ đồ thuật toán được thể hiện trên Hình 2.1. Trên Hình 2.1, xây dựng DoE  $2^{z-k}$  và xác định tần số cộng hưởng  $n_{01}$  và  $n_{02}$ , từ đó xác định các vòng quay chẩn đoán trung bình  $n_E$  (v/p) và dải vòng quay chẩn đoán:  $n_E[1-\delta n_E, 1+\delta n_E]$ . Như vậy, xác định hai vòng lặp: vòng ngoài (biến  $p = 1 \dots M$ , với  $M$ -số lần thí nghiệm  $M = 2^{(z-k)}$ ); vòng trong (biến  $i, i = 1 \dots m$ , với  $m$ -số lần lặp vòng quay trong dải vòng quay chẩn đoán). Tại mỗi vòng quay mô phỏng (mạch trong),  $n_E(j)$  ta tính TVs, từ đó xác định vector giá trị cực đại (VA) và cực tiểu (VB). Như vậy, trong một thí nghiệm  $p$ , ta nhận được ma trận con DHCD  $MVA_p$  và  $MVB_p$  (gồm  $m$  hàng,  $z$  cột). Toàn bộ thí nghiệm cần thu thập  $M$  ma trận MVA và MVB tương ứng với từng thí nghiệm, chúng được lưu lại và sẽ được xử lý tiếp sau này.

**2.1. Tự động xây dựng CSDL cho chẩn đoán hồi quy bằng dao động xoắn**

TVs dùng cho xây dựng CSDL được thiết lập ở một chế độ xa cộng hưởng để loại trừ ảnh hưởng rất lớn từ hiện tượng cộng hưởng tới các đặc tính (thông số cơ bản) của nó: những DHCD (các cực đại VA, cực tiểu VB của TVs trong miền thời gian thực tương ứng với pha công tác của từng xy-lanh) [3]. Theo DoE đã nêu trên, tiến hành tính cho  $M$  thí nghiệm cơ sở (mỗi thí nghiệm có trạng thái cháy  $x$  cho tất cả  $z$  xy-lanh). Đối với một thí nghiệm cơ sở, tính TVs tại một vòng quay giả định có nhiều  $n = nE(1 \pm \delta n)$ . Như vậy, tổng số lần tính sẽ là  $N = Mm$ , ví dụ DoE  $2^{z-k}$ , với  $z = 6, k = 3$ , và  $m = 10 \div 20$ , khi đó  $M = 8, N = 80 \div 160$  thí nghiệm. Việc tính TVs chẩn đoán chỉ có thể lập trình tự động với mô-đun cốt lõi là SACTV.

**2.1.1. Tính dao động tự do**

Tính dao động tự do cơ hệ để xác định hai tần số riêng (tần số cộng hưởng) đầu tiên của cơ hệ:  $n_{01}, n_{02}$  (v/phút) hay  $w_{01}, w_{02}$  (rad/s) và tương ứng với các tần số đó là dạng của chúng  $\alpha_{kj}, k = 1 \dots n; j = 1, 2$  [1-3]. Dùng hai nghiệm riêng này để xác định vòng quay cộng hưởng hoặc gần cộng hưởng  $n_R$  với bậc  $h$  nào đó, khi:  $n_{0j} \approx h.n_R$ . Xác định vòng quay cộng hưởng (chính và phụ) trong dải vòng quay  $n = [n_{min}, n_{max}] = n_{MCR} [0.4, 1.15]$ , ở đó  $n_{MCR}$  là vòng quay định mức (vòng quay cực đại, khai thác liên tục), vòng/phút được xem xét theo điều kiện sau:

$$n_{Rj} = n_{0j} / h; \quad n_{Rj} \in n_{MCR} [0.4 \ 1.15]; j = 1, 2; h = 1, 2, \dots \quad (1)$$

**2.1.2. Dao động xoắn cưỡng bức xa cộng hưởng**

Tại chế độ chẩn đoán với vòng quay  $n_E$  xa vòng quay  $n_R$  không thể dùng các phương pháp gần đúng áp dụng cho chế độ cộng hưởng hay gần cộng hưởng, mà phải sử dụng phương pháp số tính trực tiếp trong miền thời gian thực, hoặc sử dụng phương pháp tổng quát chung: hệ tọa độ chính (MAM). Phương pháp giải trong miền thời gian thực phụ thuộc vào điều kiện ban đầu, chọn bước rời rạc sẽ có tính hội tụ khác nhau, sẽ mất nhiều thời gian cho tính toán cũng như dung lượng máy tính lớn. Phương pháp MAM triển khai trong miền tần số và thuận tiện cho giải các bài toán dao động tuyến tính, sử dụng nguyên lý xếp chồng, cân bằng điều hòa trong miền tần số phức. Phương pháp được áp dụng không giới hạn cho vòng quay cộng hưởng, gần hoặc xa cộng hưởng. PGS. TSKH. Đ.Đ.Lưu cùng các cộng sự nghiên cứu, phát triển và xây dựng phần mềm tính TVs trên MatLab và LabView [1-4].

**2.1.3. Lưu tự động kết quả tính TVs, ma trận MVA, MVB ở từng thí nghiệm cơ sở  $p = 1 \dots M$**

Để thuận tiện hơn cho xây dựng CSDL chẩn đoán sau này nhanh hơn, chúng ta tiến hành xử lý để tìm ra vector DHCD VA hoặc VB cho từng thí nghiệm lặp, sau đó tạo thành các ma trận dữ liệu: MP - ma trận gồm  $m$  hàng (lặp) và 512 cột (điểm rời rạc tương ứng một chu kỳ làm việc của động cơ); MVA và MVB (hai ma trận các cực trị, gồm  $m$  hàng và  $z$  cột). Sau đó, mỗi một thí nghiệm cơ sở được lưu lại tự động ở thư mục với nhãn (tên) tương ứng. Như vậy, toàn bộ thí nghiệm của DoE sẽ tự động ghi vào bộ nhớ với  $M$  thư mục.

2.1.4. Thuật toán tự động điều khiển thí nghiệm số theo DoE  $2^{(z-k)}$  và lập m lần

Thuật toán được thiết kế cho mục đích xây dựng giao diện ngoại vi và lập trình code để điều khiển quá trình tự động tính TVs theo DoE để xuất: M thí nghiệm cơ sở với mỗi thí nghiệm được điều khiển theo vector trạng thái cháy  $CF_m$ , với  $m = 1 \dots M$ . Ví dụ, đối với MDE trên MV.HR.34000 DWT,  $z = 6$ , thí nghiệm  $k = 3$  có  $M = 8$  được thể hiện tại **Bảng 2.1** [2, 3].

Theo thuật toán chỉ ra trong **Bảng 2.1**, có thể xây ra 8 trường hợp điều khiển trạng thái cháy CF:

$$m - CF = [Cf(1) Cf(2) \dots Cf(6)]_m$$

$$m = 1 \dots 8; Cf(j) = 0 \text{ hoặc } 1; j = 1 \dots 6$$

**Bảng 2.1. DoE  $2^{6-3}$  cho xây dựng CSDL chẩn đoán**

N <sup>o</sup>	A	B	C	D	E	F	Ghi chú
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	AB	AC	BC	
1	1	1	1	1	1	1	0-MF
2	-1	1	1	-1	-1	1	3-MF
3	1	-1	1	-1	1	-1	3-MF
4	1	1	-1	1	-1	-1	3-MF
5	-1	-1	1	1	-1	-1	4-MF
6	-1	1	-1	-1	1	-1	4-MF
7	1	-1	-1	-1	-1	1	4-MF
8	-1	-1	-1	1	1	1	3-MF

**Bảng 2.1** chỉ ra kế hoạch thực nghiệm số với các trường hợp đồng thời không cháy tại 0, 3 và 4 xy-lanh. Trong trường hợp đồng thời có số xy-lanh không cháy  $m$ , vòng quay chẩn đoán có thể duy trì không vượt quá giá trị khuyến cáo  $[n_{DM}]$  sau đây để động cơ không bị quá tải về nhiệt [1]:

$$[n_{DM}] \leq n_{MCR} \sqrt{0.9(1-m/z)} \quad (2)$$

Tuy nhiên, trong điều kiện thử nghiệm chẩn đoán (mô phỏng số), giả định các xy-lanh làm việc có thể chịu tải 110%, khi đó thử nghiệm tại vòng quay không lớn hơn giá trị khuyến cáo sau:

$$[n_{DM}] \leq n_{MCR} \sqrt{1.1(1-m/z)} \quad (3)$$

Ví dụ, đối với MDE có  $n_{MCR} = 130$  v/p, các chế độ thử nghiệm tuân thủ từ **Bảng 2.1**, vòng quay chẩn đoán cực đại (CT (3)), không quá 78,7 v/p.

Lập trình giao diện chính trên LabView rất tiện ích khi sử dụng "Enum Control", còn lập trình code có thể sử dụng cấu trúc "Case Structure" hoặc "Event Structure" (cấu trúc trường hợp/ sự kiện).

Việc lập trình điều khiển chế độ vòng quay có thể được thực hiện theo mạch lặp "for" trong LabView, với điều khiển bằng đoạn code trong MathScripts.

2.1.5. Kiểm tra độ tin cậy (đồng nhất của dữ liệu)

Dữ liệu chẩn đoán phải đồng nhất, đảm bảo độ tin cậy (ĐTC). Dữ liệu gồm hai ma trận VA và VB, là các ma trận gồm N hàng và z cột. Kiểm tra đồng nhất được tiến hành cho riêng từng cột của VA và VB, cho từng nhóm m hàng (ví dụ  $m = 9$  của từng thí nghiệm cơ sở, áp dụng cho hệ trục MV.HR34000 DWT được kiểm thử ở bài báo này).

Ma trận con  $V_k$  của CSDL đầu vào V (cho VA hoặc VB)

có m hàng, z cột, ứng với thí nghiệm cơ sở  $i = 1 \dots 2^{(z-k)}$ , xác định giá trị trung bình và phương sai của từng đại lượng tương ứng. Kiểm tra ĐTC của từng vector DHCT V (đại diện cho  $VA_k, VB_k, k = 1 \dots 6$ ) theo tiêu chuẩn phân bố t-student [7], được thể hiện dưới đây.

Bước 1. Tính giá trị trung bình và sai số (phân tán)  $S_v$  của vector dữ liệu V (công thức (1)):

$$\bar{V} = \sum_{i=1}^m V(i) / m; S_v = \sqrt{\sum_{i=1}^m [V(i) - \bar{V}]^2 / m} \quad (4)$$

Bước 2. Giả sử tập dữ liệu V đồng nhất (đạt ĐTC)  $\beta\% = (1-\alpha/2)\%$ , ở đó  $\alpha\%$  là sai số của tập dữ liệu phân bố chuẩn, khi đó tất cả các giá trị của V đều nằm trong phạm vi giới hạn sau:

$$[\bar{V} - t(\beta, v) \cdot S_v; \bar{V} + t(\beta, v) \cdot S_v] \quad (5)$$

Trong công thức (5), với  $v = m - 1$  - bậc tự do.

Giá trị sai số  $\alpha = 5\%$  được tiếp nhận trong hầu hết các bài toán kỹ thuật và  $\beta = 0,975$  là ĐTC được kiểm tra cho các tập dữ liệu. Chúng ta xác định giá trị lý thuyết  $t(\beta, v)$  và so sánh với giá trị  $t_{tt}$  (giá trị tính toán) được xác định từ điều kiện biên của (5). Gọi  $pp = V_{max} - V_{min}$ . Giá trị lý tính toán xác định:

$$t_{-a} = \frac{pp}{2 \cdot S_v} \quad (6)$$

Bước 3. Kiểm tra tất cả các giá trị tính xem chúng có nhỏ hơn giá trị lý thuyết hay không. Nếu đạt yêu cầu này, có nghĩa là tất cả dữ liệu đều tập trung trong miền cho phép, với độ tin cậy được xét. Ngược lại, tập dữ liệu được xét không đảm bảo, có sai số thô, và sẽ có biện pháp xử lý [1]. Trong Excel dùng hàm số T.INV( $\beta, v$ ), cho ta giá trị lý thuyết.

2.2. Mô phỏng xây dựng CSDL cho chẩn đoán hồi quy đối với MDE tàu HR 34000 DWT

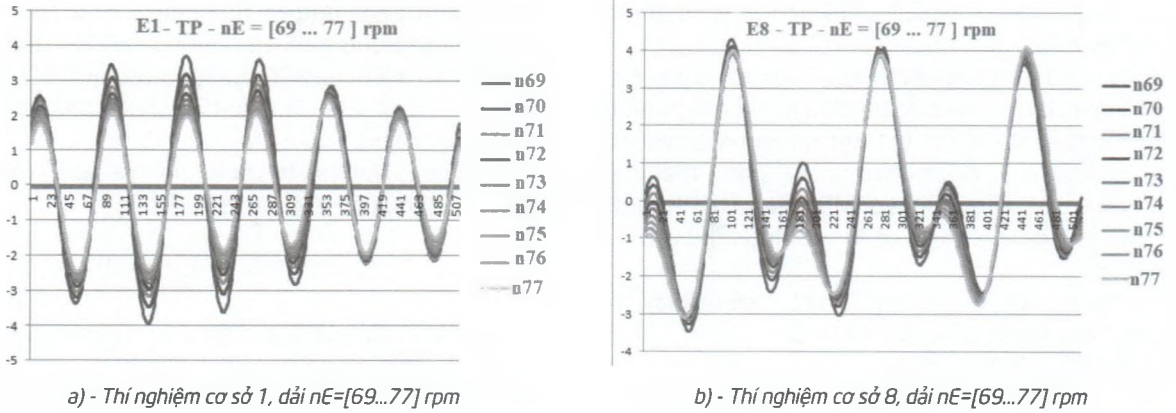
**Bảng 2.2. Xác định vòng quay cộng hưởng**

$n_{01} = 337,2$ v/p		$n_{01} = 1436$ v/p	
k	$n_E(v/p)$	k	$n_E(v/p)$
7	48,2	15	95,7
6	56,2	14	102,6
5	67,4	13	110,5
4	84,3	12	119,7
3	112,4	11	130,5
2	168,6	10	143,6

Xác định hai tần số riêng đầu tiên có hai vòng quay cộng hưởng thấp nhất:  $n_{01} = 337,16$  (v/p) và  $n_{02} = 1436,02$  (v/p); cộng hưởng chính:  $n_{r1} = 56,2$  và phụ  $n_{r2} = 67,4$ ;  $n_{r2} = 84,5$ , chỉ ra trên **Bảng 2.2** [4].

Lựa chọn vòng quay chẩn đoán tại giá trị trung bình khoảng 73 v/p vì: xa vòng quay cộng hưởng chính và phụ  $n_{r2}$  và  $n_{r3}$ . Dải sai số  $\delta nE = \pm 5\%$ , hay  $\Delta nE = \pm 3,65$  v/p, cho miền [69, 77] xa hai vòng quay cộng hưởng phụ trên và đảm bảo yêu cầu (3).

Trên **Hình 2.2** vẽ đồ thị TVs trong một chu kỳ ứng với 9 lần lặp (chế độ vòng quay) ở hai chế độ thí nghiệm E1 và E8. Tại E1: CF = [1 1 1 1 1], còn tại E8: CF = [0 0 0 1 1 1].



Hình 2.2: Trích mẫu TVs (MPa) trong từng chu kỳ của MDE tàu HE34000 DWT ở hai chế độ thử nghiệm E1: CF = [1 1 1 1 1] (trái) và E8: CF=[0 0 1 1 1]

Lập trình trên LabView để tính TVs với dải vòng quay [69, 77], tìm các vector VA và VB, dữ liệu được lưu trữ dưới định dạng \*.tdms.

Kết quả được thể hiện trên Hình 2.2 và Bảng 3.1 và 3.2.

**3. KẾT QUẢ THU ĐƯỢC VÀ BÀN LUẬN**

Hình 2.2(a,b) cho thấy: Ở chế độ bình thường (E1), TVs chứa z=6 cực đại và 6 cực tiểu, còn khi 3 xy-lanh đồng thời không cháy (E8), số cực trị thay đổi. Sự phân tán của các cực trị E8 và E1 cần nghiên cứu.

Trên Bảng 3.1 và 3.2, từng DHCEĐ VA<sub>k</sub> và VB<sub>k</sub> (k=1...6) được kiểm tra độ tin cậy bằng tiêu chuẩn t-student. Kết quả cho thấy: tại tất cả các thí nghiệm cơ sở, lập m=9 lần, các vector DHCEĐ VA cũng như VB đều đạt độ tin cậy 95%, vì các giá trị thống kê tính được đều nhỏ hơn giá trị thống kê t-student.

Bảng 3.1. Xây dựng vector VA và VB cho chẩn đoán MDE 6S46MCC trên HR34000 DWT tại E8

n	VA1	VA2	VA3	VA4	VA5	VA6	VB1	VB2	VB3	VB4	VB5	VB6
69	0.633	4.293	1.003	4.206	0.501	3.643	-3.467	-2.431	-3.049	-1.702	-2.456	-1.527
70	0.403	4.098	0.598	4.033	0.424	3.763	-3.283	-2.116	-2.812	-1.492	-2.555	-1.529
71	0.181	3.991	0.314	3.948	0.303	3.804	-3.169	-1.911	-2.686	-1.338	-2.578	-1.460
72	-0.026	3.930	0.084	3.898	0.171	3.833	-3.097	-1.761	-2.603	-1.208	-2.586	-1.382
73	-0.219	3.901	-0.119	3.870	0.039	3.864	-3.056	-1.646	-2.548	-1.094	-2.597	-1.308
74	-0.403	3.899	-0.303	3.858	-0.087	3.903	-3.039	-1.558	-2.512	-0.991	-2.619	-1.246
75	-0.579	3.917	-0.475	3.858	-0.204	3.953	-3.043	-1.494	-2.491	-0.901	-2.652	-1.195
76	-0.748	3.953	-0.638	3.868	-0.311	4.018	-3.066	-1.454	-2.479	-0.819	-2.699	-1.162
77	-0.913	4.009	-0.794	3.883	-0.403	4.096	-3.109	-1.435	-2.474	-0.744	-2.762	-1.147
73.0	-0.186	3.999	-0.037	3.936	0.048	3.875	-3.148	-1.756	-2.628	-1.143	-2.611	-1.329
σ	0.527	0.127	0.594	0.116	0.324	0.137	0.143	0.340	0.193	0.321	0.088	0.152
p-p/2=	0.773	0.197	0.899	0.174	0.452	0.227	0.214	0.498	0.287	0.479	0.153	0.191
T-tt	1.466	1.550	1.512	1.500	1.395	1.658	1.501	1.465	1.484	1.491	1.749	1.254
β <sub>1</sub> =1-α/2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.975	0.980	0.985	0.990	0.995		
T.INV(β <sub>1</sub> ,8)	1.638	1.740	1.860	2.004	2.189	2.306	2.449	2.634	2.896	3.355		

Bảng 3.2. Kiểm tra ĐTC cho vector VA và VB khi chẩn đoán MDE 6S46MCC trên HR34000 DWT tại E1-E8

N <sup>o</sup> TN/ T-tt	VA1	VA2	VA3	VA4	VA5	VA6	VB1	VB2	VB3	VB4	VB5	VB6
T-tt/ E1	1.466	1.550	1.512	1.500	1.395	1.658	1.501	1.465	1.484	1.491	1.749	1.254
T-tt/ E2	1.482	1.513	1.493	1.567	1.514	1.538	1.544	1.510	1.560	1.393	1.552	1.303
T-tt/ E3	1.569	1.578	1.437	1.543	1.514	1.557	1.532	1.570	1.579	1.538	1.523	1.548
T-tt/ E4	1.424	1.431	1.561	1.539	1.503	1.551	1.525	1.505	1.571	1.499	1.546	1.753
T-tt/ E5	1.523	1.500	1.517	1.579	1.499	1.574	1.501	1.519	1.620	1.539	1.520	1.573
T-tt/ E6	1.552	1.417	1.494	1.484	1.496	1.679	1.561	1.352	1.470	1.446	1.602	1.593
T-tt/ E7	1.424	1.431	1.561	1.539	1.503	1.551	1.525	1.505	1.571	1.499	1.546	1.753
T-tt/ E8	1.466	1.550	1.512	1.500	1.395	1.658	1.501	1.465	1.484	1.491	1.749	1.254
β <sub>1</sub> =1-α/2						0.975			0.990			
T.INV(β <sub>1</sub> ,8)						2.306			2.896			

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã đưa ra phương pháp luận, hoàn thiện thuật toán, phát triển phần mềm để nâng cao khả năng tự động thu thập dữ liệu cho mô hình hồi quy đa chiều chẩn đoán MDE bằng TVs. Kết quả kiểm chứng lý thuyết được triển khai trên hệ trục chính tàu HR34000 DWT đã chỉ ra rằng vector DHCF VA cũng như VB có đủ độ tin cậy (95%) cho chẩn đoán.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam, Đề tài mã số: DT20-21.58

#### Tài liệu tham khảo

[1]. Đỗ Đức Lưu (2009), *Động lực học và chẩn đoán diesel tàu thủy bằng dao động*, Chương 5: Các mô hình toán học cho chẩn đoán, NXB. GTVT, tr.100-128.

[2]. D. Luu, et al.(2020), *Regressive models for condition diagnosing MDE by torsional vibrations on propulsion shaft-line*, In IJMPB ISSN 0217-9849, vol.34, Iss. 22n24, 5p, [www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217979220401268](http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217979220401268).

[3]. Luu D. D, Hanh C.D (2020), *Automatic calculation of torsional vibrations on marine propulsion plant using marine two-stroke diesel engine: Algorithms and Software*, In IEC (India), vol 102, Issue 1, pp.51-58, <https://doi.org/10.1007/s40032-020-00626-y>.

[4]. D. Luu, et al. (2021), *New Method for Building Vector of Diagnostic Signs to Classify Technical States of Marine Diesel Engine by Torsional Vibrations on Shaft-Line*, Sustainable Marine Structures, ISSN: 2661-3158. vol.2, №2, pp.35-28 [dx.doi.org/10.36956/sms.v2i2.330](https://doi.org/10.36956/sms.v2i2.330).

[5]. D. C. Montgomery (2017), *Two levels fractional factorial designs*, in *Design and Analysis of Experiments*, Chap. 8, 9th edn. (Wiley, John Wiley & Sons, 2017), pp.343-419.

[6]. Jay L. Devore (1987), *Probability and Statistics for Engineering and the Sciences*, p.672. Second Edition, ISBN 0-534-06828-6.

**Ngày nhận bài: 27/4/2021**

**Ngày chấp nhận đăng: 05/5/2021**

**Người phản biện: TS. Nguyễn Trọng Đức**

**TS. Phạm Văn Triệu**