

Chẩn đoán hư hại dầm composite nhiều lớp sử dụng phương pháp véc-tơ định vị DLV và giải thuật tiến hóa khác biệt DE

Damage Detection in Laminated Composite Beams Using Damage Locating Vector (DLV) and Improved Differential Evolution Algorithm (DE)

Ngày nhận bài: 10/8/2016

Ngày sửa bài: 10/9/2016

Ngày chấp nhận đăng: 5/10/2016

Nguyễn Thanh Tiên, Võ Duy Trung,
Đỗ Quý Toàn, Nguyễn Thời Trung

TÓM TẮT

Bài báo trình bày về chẩn đoán hư hại của dầm composite nhiều lớp bằng phương pháp kết hợp véc-tơ định vị DLV và giải thuật tiến hóa khác biệt DE. Quá trình chẩn đoán hư hại trải qua hai giai đoạn: (i) Xác định vị trí hư hại trong kết cấu dầm composite nhiều lớp bằng phương pháp DLV; (ii) Sử dụng phương pháp DE để xác định mức độ hư hại tại các vị trí đã xác định ở giai đoạn một, đồng thời qua đó lọc những vị trí xác định nhầm ở giai đoạn một.

Để chứng minh sự tin cậy và hiệu quả của phương pháp được đề xuất thì các ví dụ số cho kết cấu dầm công-xôn với góc hướng sợi $[75^{\circ}/-75^{\circ}/-75^{\circ}/75^{\circ}]$ với 2 vị trí hư hại đã được thực hiện. Trong các ví dụ đó, ảnh hưởng của nhiễu cũng đã được xét đến. Kết quả số cho thấy rằng, phương pháp sử dụng rất hiệu quả trong việc xác định vị trí hư hại và mức độ hư hại của dầm composite nhiều lớp.

ABSTRACT

This paper presents the damage diagnosis of laminated composite beams with combined the damaged locating vector method (DLV) and the differential evolution algorithm (DE). The damaged diagnostic process has two phases (i) Determine the damaged positions in the laminated composite beam's structure by DLV; (ii) Using DE to determine the extent of percentage damaged at the locations identified in phase one, and then filtered through misidentified positions in phase one.

To prove the reliability and effectiveness of this method, the example of the cantilever beam with four layers $[75^{\circ}/-75^{\circ}/-75^{\circ}/75^{\circ}]$ and 2 locations were damaged perform. In these examples, the effect of noise has also been considered. The results showed that the methods used are effective in identifying damage location and extent of damage to composite laminated beam.

Từ khóa: dầm composite nhiều lớp, chẩn đoán hư hại, phương pháp DLV, giải thuật DE.

Keywords: laminated composite beam, damaged diagnosis, DLV method, DE algorithm.

Nguyễn Thanh Tiên, Đỗ Quý Toàn

Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh

Võ Duy Trung, Nguyễn Thời Trung

Viện Khoa học Tính Toán Trường Đại học Tôn Đức Thắng

Danh mục từ viết tắt.

- DE : Differential Evolution (tiến hóa khác biệt)

- DLV : Damage Locating Vector (Véc-tơ định vị hư hại)

- MDLAC: Multiple Damage Location Assurance Criterion (Chỉ tiêu đảm bảo nhiều vị trí hư hại)

- SVD : The Singular Value Decomposition (Giá trị đơn)

1. Giới thiệu

Vật liệu composite là một loại vật liệu được sử dụng tương đối rộng rãi trên thế giới, đặc biệt trong lĩnh vực hàng không, điện tử và xây dựng (Kaw 2005). Vật liệu composite có khả năng chịu được nhiệt độ cao, độ mài mòn tốt, ngoài ra với những loại composite đặc biệt có khả năng chịu mài rất tốt (Hamey et al. 2004). Đối với dầm composite nhiều lớp có những đặc điểm nổi bật từ lợi thế của đặc trưng vật liệu. Trong tương lai, với trình độ khoa học công nghệ về vật liệu mới ngày càng phát triển, sản phẩm dầm composite nhiều lớp sẽ được phát triển và ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng. Do đó, việc đảm bảo tính an toàn của loại kết cấu này trong quá trình sử dụng là thực sự cần thiết. Mặt khác, việc đánh giá được hư hại trong kết cấu dầm composite nhiều lớp sẽ giúp giảm được chi phí bảo trì và sửa chữa, giảm những rủi ro gây mất an toàn không đáng có trong quá trình sử dụng.

Hiện nay trên thế giới, đa số các phương pháp sử dụng để chẩn đoán hư hại trong kết cấu chỉ dừng lại ở cấp độ xác định vị trí hư hại chứ chưa thể xác định được mức độ hư hại của kết cấu (Vo-Duy et al 2016). Trong

ξ trong phương trình (9) được chọn là 0.15% để khảo sát ảnh hưởng do nhiễu tác động đến tần số riêng đo đạc được trong nghiên cứu này.

3. Xác định mức độ hư hại bằng giải thuật DE

3.1. Hàm mục tiêu

Hàm mục tiêu $\Gamma(x)$ trong bài báo này được định nghĩa tương tự theo nghiên cứu của (Vo-Duy et al. 2016). Hàm mục tiêu $\Gamma(x)$ được xác định như sau:

$$\Gamma(x) = 1 - \text{MDLAC}(x) + \sum_{i=1}^{nmode} \frac{\|\phi_{DM,i}(x) - \phi_{DA,i}(x)\|}{\|\phi_{DM,i}\|} \quad (10)$$

Trong đó, MDLAC là một chỉ tiêu được đưa ra bởi (Messina et al. 1998), chỉ tiêu này được xác định dựa vào tần số của kết cấu ở hai trạng thái hư hại (f_0) và hoàn hảo (f_{UD}).

$$\text{MDLAC}(x) = \frac{|\Delta f^T \delta f(x)|^2}{(\Delta f^T \Delta f)(\delta f^T(x) \delta f^T(x))} \quad (11)$$

Với,

$$\Delta f = \frac{f_{UD} - f_{DM}}{f_{UD}}, \quad \delta f(x) = \frac{f_{UD} - f_{DA}(x)}{f_{UD}} \quad (12)$$

x là véc-tơ biến thiết kế tương ứng với mức độ hư hại của phần tử i ; $nmode$ là số lượng mode shapes được khảo sát; $\phi_{DM,i}$ là mode shape thứ i đo được ở kết cấu trong trạng thái hư hại, đối với nghiên cứu này, nó chính là mode shape thứ i đo được từ mô phỏng của mô hình kết cấu hư hại; $\phi_{DA,i}$ là mode shape của kết cấu bị hư hại trong lần phân tích thứ i ; $\|\cdot\|$ là chuẩn Euclidean.

3.2. Giải thuật DE

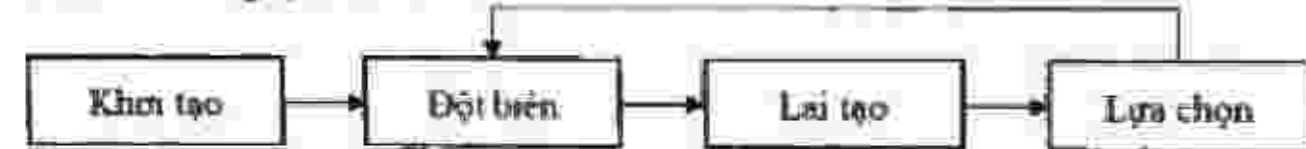
Thuật toán DE được giới thiệu lần đầu tiên bởi Storn và Price vào năm 1996 (Storn & Price 1995). DE được phát triển để tối ưu hóa các hệ số thực, các hàm giá trị thực.

Ngày nay có rất nhiều thuật toán tối ưu hóa và một trong số đó là Giải thuật tiến hóa khác biệt (DE). Trong luận văn, giải thuật DE sẽ được kết hợp với phương pháp DLV để xác định vị trí một cách chính xác hơn và mức độ phân trăm hư hại của kết cấu dầm composite.

Công thức tổng quát cho bài toán như sau:

Với một hàm mục tiêu $f: X \subseteq \mathbb{R}^D \rightarrow \mathbb{R}$ ở đó $X \neq \emptyset$, bài toán tối ưu hóa là để xác định: $x^* \in X | f(x^*) \leq f(x), \forall x \in X$ và $f(x^*) \neq -\infty$

DE là một thuật toán tiến hóa khác biệt. Với thủ tục của thuật toán tiến hóa tổng quát như sau:



Quá trình này bao gồm những thuật toán di truyền, những chiến lược tiến hóa và cả những chương trình tiến hóa.

Mục đích là để tối ưu hóa một hàm số với D các tham số thực. Việc đầu tiên là khởi tạo dân số với kích thước N (N phải lớn hơn hoặc bằng 4).

Véc-tơ tham số có dạng sau:

$$x_{i,G} = [x_{1,i,G}, x_{2,i,G}, \dots, x_{D,i,G}], i = \{1, 2, \dots, N\} \quad (13)$$

Trong phương trình (13), G là một số tổng quát.

Các bước chính của các thuật toán DE được đưa ra dưới đây:



3.2.1. Khởi tạo

Xác định những biên trên và biên dưới cho các tham số trong phương trình (13).

$$x_j^L \leq x_{i,j} \leq x_j^U$$

Chọn ngẫu nhiên những giá trị tham số ban đầu thống nhất trên cả khoản $[x_j^L, x_j^U]$

3.2.2. Đột biến

Mỗi một véc-tơ tham số trong bộ N đều trải qua đột biến, lai tạo và cuối cùng là lựa chọn. Sự đột biến mở rộng không gian tìm kiếm.

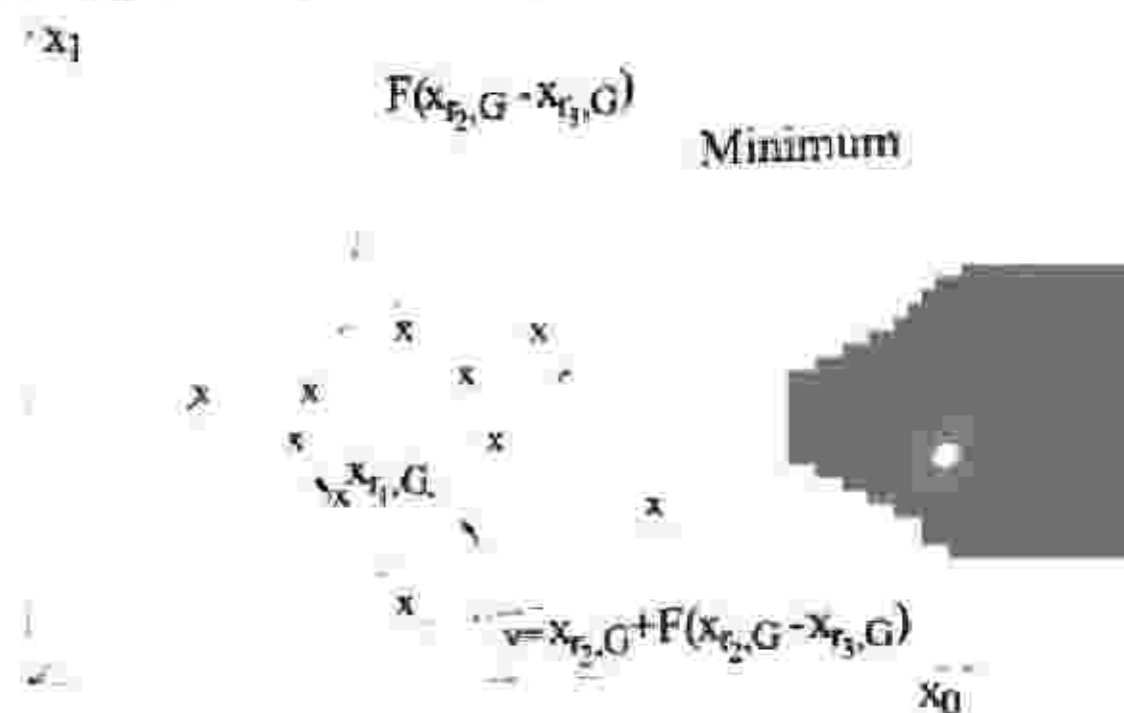
Với một véc-tơ tham số đã đưa ra $x_{i,G}$, lựa chọn ngẫu nhiên 3 véc-tơ

$x_{r1,G}, x_{r2,G}, x_{r3,G}$ sao cho các chỉ số $i, r1, r2$ và $r3$ là khác nhau.

Quá trình đột biến làm phát sinh thêm một véc-tơ mới:

$$v_{i,G+1} = x_{i,G} + F(x_{r2,G} - x_{r3,G}) \quad (14)$$

Trong phương trình (14), F là một hằng số đột biến có giá trị trong khoản $[0, 2]$. $v_{i,G+1}$ được gọi là véc-tơ phân tử cho (the donor vector).



Hình 1 - Quá trình đột biến để tạo ra dân số mới (Storn & Price 1995)

3.2.3. Lai tạo

Quá trình này kết hợp thành công giữa các phần tử của véc-tơ mục tiêu với véc-tơ đột biến ở trên để cho ra một véc-tơ thử mới, $u_{i,G+1}$.

Những phần tử của véc-tơ đột biến đưa vào véc-tơ thử với xác suất là C

$$u_{j,i,G+1} = \begin{cases} v_{j,i,G+1} & \text{if } \text{rand}_{j,i} \leq CR \text{ or } j = I_{\text{rand}} \\ x_{j,i,G} & \text{if } \text{rand}_{j,i} > CR \text{ or } j \neq I_{\text{rand}} \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, D \quad (15)$$

Ở đó,

$\text{Rand}_{j,i} \sim U[0, 1]$, I_{rand} là một số nguyên ngẫu nhiên từ $\{1, 2, \dots, D\}$. I_{rand} đảm bảo rằng $v_{i,G+1} \neq x_{i,G}$

3.2.4. Lựa chọn

So sánh véc-tơ mục tiêu $x_{i,G}$ với véc-tơ thử $v_{i,G+1}$, và giá trị độ lớn của véc-tơ nào nhỏ nhất sẽ được chọn vào thế hệ đột biến tiếp theo.

$$x_{i,G+1} = \begin{cases} u_{i,G+1} & \text{if } f(u_{i,G+1}) \leq f(x_{i,G}) \\ x_{i,G} & \text{otherwise} \end{cases} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (16)$$

Quá trình đột biến-lai tạo-lựa chọn cứ tiếp diễn cho đến khi một điều kiện dừng thỏa mãn.

4. Ví dụ số

4.1. Tóm tắt phương pháp và các số liệu đầu vào

Để chứng minh sự tin cậy và tính hiệu quả của phương pháp được đề xuất thì các ví dụ số cho kết cấu dầm công-xôn với góc hướng sợi $[75^\circ/75^\circ/75^\circ/75^\circ]$, với 2 vị trí hư hại đã được thực hiện. Thông số về hình học và vật liệu của dầm thí được cho như sau: Dầm composite nhiều lớp có kết cấu công-xôn, chiều dài L chiều cao h ($L/h = 15$); chiều rộng b , được làm từ graphite/epoxy; chiều dày mỗi lớp là như nhau. Các thông số đã được cho trong bảng 1. Dầm này cũng đã được nghiên cứu cho việc phá tích dao động tự do bởi (Chandrashekhara et al. 1990).



Hình 2 - Dầm công-xôn

Bảng 1 - Các đặc trưng vật liệu

Hệ số	Giá trị	Đơn vị	Giá trị	Đơn vị
Mô đun của Young theo phương số 1 - E_1	21×10^6	psi	144789,90	MPa
Mô đun của Young theo phương số 2 - E_2	$1,4 \times 10^6$	psi	9652,66	MPa
Mật độ khối lượng - ρ	$0,13 \times 10^{-3}$	lbs/in ³	3,6	kg/m ³
Hệ số poisson - ν_{12}	0,3		0,3	
Mô đun cắt - G_{12}	$0,6 \times 10^6$	psi	4136,85	MPa
Mô đun cắt - G_{21}	$0,5 \times 10^6$	psi	3447,38	Mpa
Mô đun cắt - G_{31}	$0,6 \times 10^6$	psi	4136,85	MPa

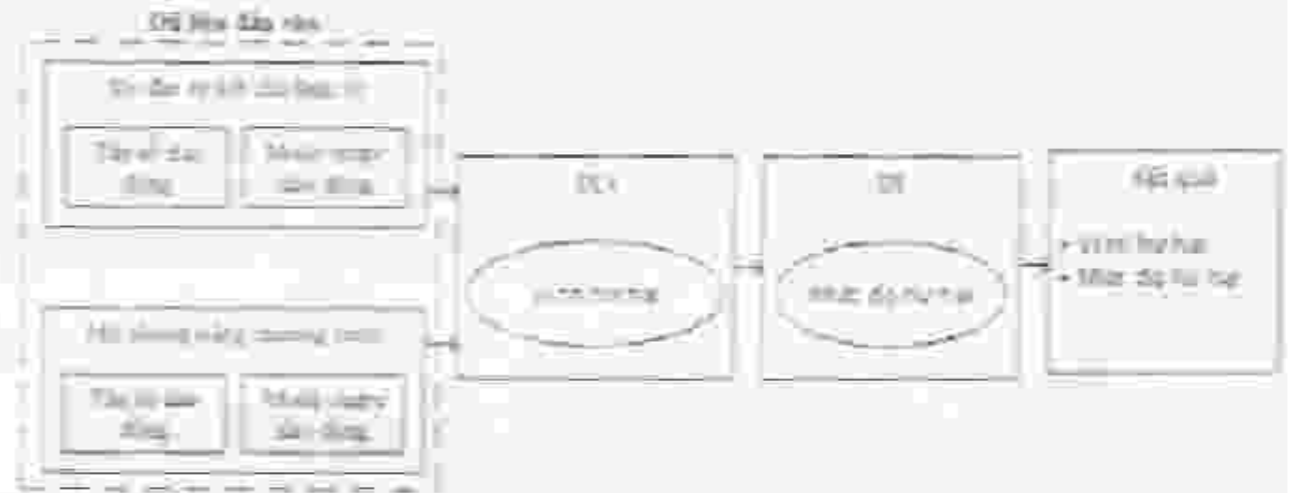
Một trường hợp gồm 2 vị trí hư hại là 5 và 19 với mức độ hư hại tương ứng là 35% và 30% đã được thực hiện. Việc mô phỏng hư hại cho kết cấu đảm được xác định như sau: Hư hại được giả định đối với một phần tử tăng việc ma trận độ cứng của phần tử đó bị giảm đi một lượng ΔK_i nào đây so với ban đầu khi kết cấu chưa bị hư hại. Trong thực tế điều này là hoàn toàn có thể xảy ra, với đa số các kết cấu khi bị hư hại cục bộ, độ cứng của chúng tại các vị trí đó đều giảm. Nếu gọi $K_{i, damage}^*$ là độ cứng của phần tử thứ i ở trạng thái bị hư hại, $K_{i, undamaged}^*$ là độ cứng của phần tử thứ i ở trạng thái không bị hư hại. Thì $\Delta K_i = K_{i, undamaged}^* - K_{i, damage}^*$. Để xác định mức độ hư hại của kết cấu, có thể gọi α^* là phần trăm hư hại của kết cấu. Ta có, $K_{i, damage}^* = (1 - \alpha^*) K_{i, undamaged}^*$, với $\alpha^* \in [0, 1]$. Ngoài ra, để xét đến yếu tố nhiễu để cho thấy sự thực tế của mô hình thực nghiệm. Để mô phỏng nhiễu thì tần số và dạng dao động sẽ được bổ sung một lượng nhiễu như trong tài liệu tham khảo của (Seyedpoor 2012), phần trăm gây nhiễu đối với tần số là $\pm 0,15\%$, và đối với mode shape là $\pm 3\%$.

Đầu tiên để chứng minh độ tin cậy của code MATLAB thì một phân tích dao động tự do của dầm được thực hiện để so sánh với kết quả của (Chandrashekhara et al. 1990). Kết quả được trình bày trong bảng 1. Sau đó việc chẩn đoán cho dầm composite nhiều lớp với góc hướng sợi [75°/-75°/75°] bằng phương pháp DLV được thực hiện. Ví dụ số sử dụng 7 mode shapes và kết quả chẩn đoán thể hiện trong hình 4 và hình 5. Sau đó, qua giai đoạn hai, phương pháp DLV được áp dụng để xác định mức độ hư hại cho các phần tử được xác định từ phương pháp DLV trên. Kết quả được trình bày trong bảng 4.

Bảng 3 - Tần số không thứ nguyên của dầm ở các modes đầu tiên. $\Omega = \omega L \sqrt{\rho / E_1 I}$, góc hướng sợi (0°/0°/90°/0°) L/h = 15

Điều kiện biên		Góc hướng sợi						
		0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
CF (cộng xôn)	Chandrashekhara, Krishnamurthy & Roy (1990) (Chandrashekhara et al. 1990)	0,9820	0,9249	0,7678	0,5551	0,3631	0,2723	0,2619
	Bài báo	0,9821	0,9245	0,7678	0,5552	0,3631	0,2723	0,2619
	% Sai số	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00
SS (2 đầu tựa đơn)	Chandrashekhara, Krishnamurthy & Roy (1990) (Chandrashekhara et al. 1990)	2,6560	2,5105	2,1092	1,5368	1,0124	0,7611	0,7320
	Bài báo	2,6569	2,5113	2,1098	1,5373	1,0127	0,7613	0,7323
	% Sai số	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
CS (1 đầu ngàm, 1 đầu tựa đơn)	Chandrashekhara, Krishnamurthy & Roy (1990) (Chandrashekhara et al. 1990)	3,7308	3,6393	3,0673	2,3032	1,6811	1,1753	1,1312
	Bài báo	3,7321	3,6609	3,0586	2,3044	1,6820	1,1760	1,1319
	% Sai số	0,04	0,24	0,25	0,03	0,06	0,06	0,06
CC (2 đầu ngàm)	Chandrashekhara, Krishnamurthy & Roy (1990) (Chandrashekhara et al. 1990)	4,8487	4,6633	4,0881	3,1843	2,1984	1,6815	1,6290
	Bài báo	4,8513	4,6661	4,1006	3,1866	2,2002	1,6828	1,6211
	% Sai số	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07

Phương pháp được tóm tắt như sơ đồ 3. Dữ liệu đầu vào của phương pháp được lấy từ 2 hướng, hoặc là đo đạc từ thực tế, hoặc sử dụng mô phỏng. Trong bài báo sử dụng mô phỏng để trích xuất tần số dao động và mode shape, vì số liệu từ mô phỏng nên để gần với thực tế hơn, số liệu phải được kể thêm các thành phần gây nhiễu như đã đề cập.



Hình 3 - Sơ đồ thể hiện trình tự thực hiện của phương pháp

Lấy hệ số hiệu chuẩn cắt $\kappa = 5/6$.

4.2. Kết quả nghiên cứu

Dựa trên cơ sở của các lý thuyết ở phần trên, tác giả đã code hóa dữ liệu bằng phần mềm MATLAB. Bảng 2 thể hiện so sánh về tần số giữa bài báo với nghiên cứu của (Chandrashekhara et al. 1990)

Bảng 2 - Tần số không thứ nguyên của dầm ở các modes đầu tiên.

$\Omega = \omega L \sqrt{\rho / E_1 I}$, góc hướng sợi (0°/90°/90°/0°)

Mode	Undamaged (Chandrashekhara et al. 1990)	Bài báo	Sai số (%)
1	0,9241	0,9241	0,00%
2	4,8925	4,8951	0,05%
3	11,4400	11,454	0,12%
4	18,6972	18,7372	0,21%
5	26,2118	26,2960	0,32%

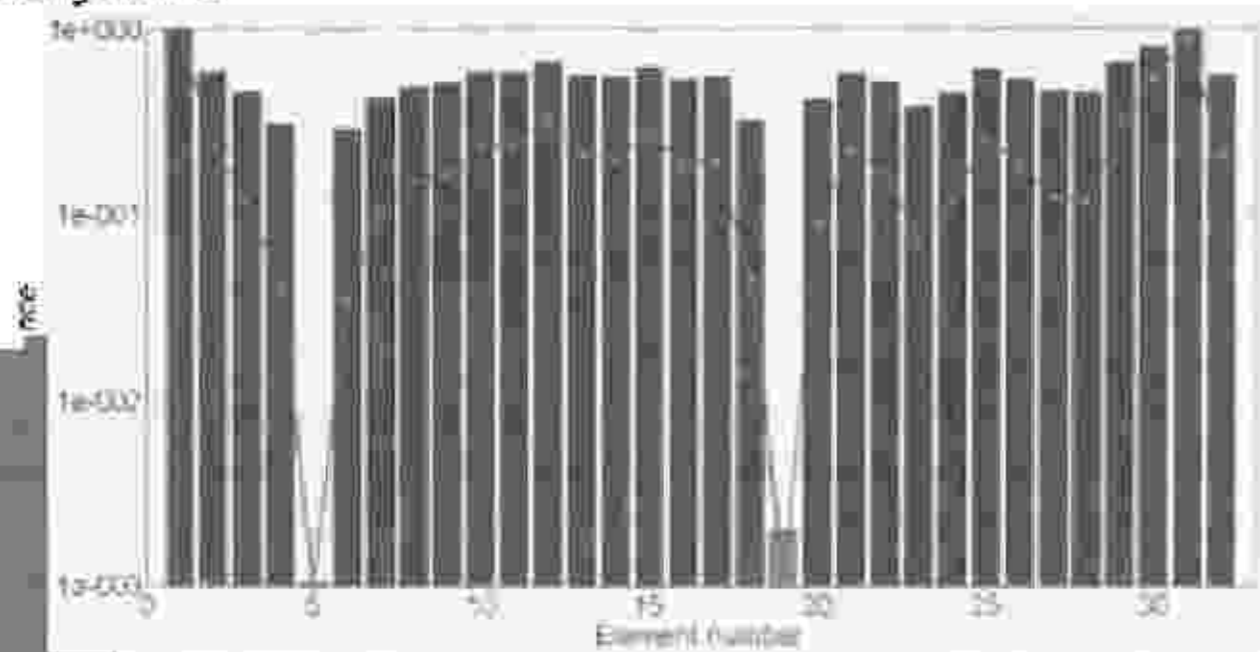
Trong bảng, % sai số giữa kết quả của luận văn và kết quả nghiên cứu của Chandrashekhara et al. (Chandrashekhara et al. 1990) được xác định theo phương trình:

$$\% \text{ sai số} = \frac{\Omega_{\text{undamaged}} - \Omega_{\text{Chandrashekhara}}}{\Omega_{\text{undamaged}}} \times 100 \quad (17)$$

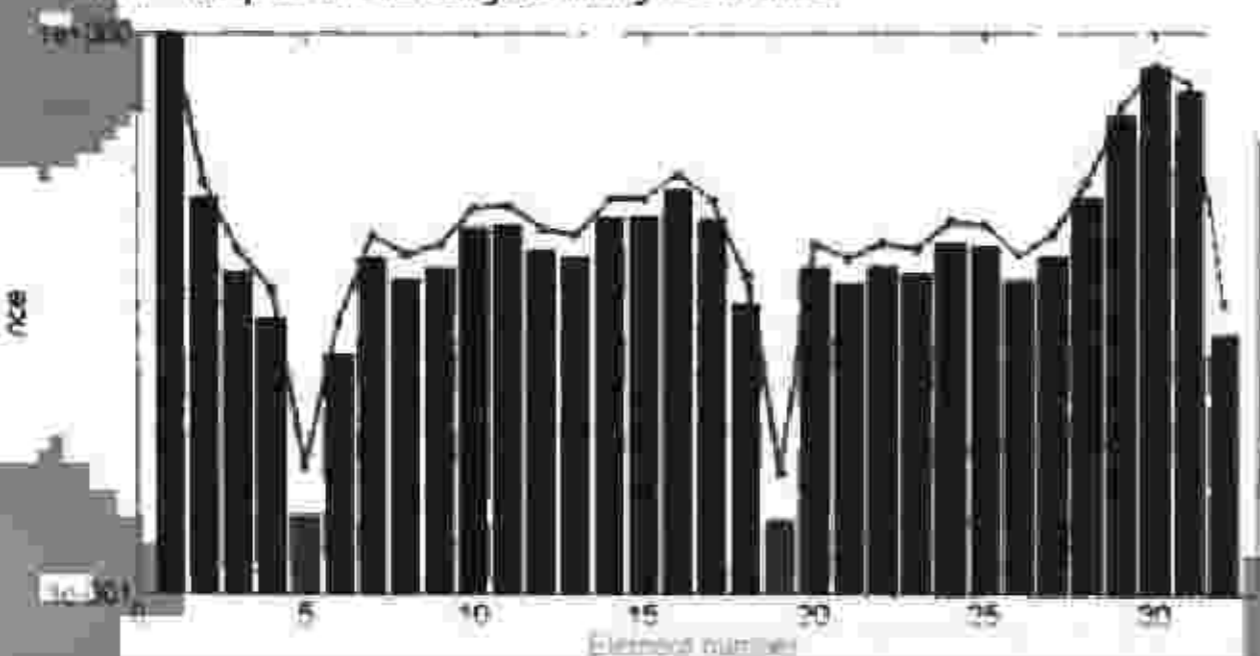
Bảng 3 thể hiện tần số thu được khi thay đổi điều kiện biên khác nhau và góc hướng sợi khác nhau.

Từ các kết quả trên, nhìn chung % sai số của bài báo so với các nghiên cứu trước là chấp nhận được, ở vài modes có sự sai lệch nhất định với mức độ vừa phải. Điều đó giúp khẳng định các thuật toán của bài toán FEM cho dầm composite nhiều lớp của chương trình tính được mô phỏng bằng MATLAB có độ tin cậy tốt.

Sử dụng phương pháp DLV để xác định vị trí hư hại trong kết cấu dầm composite nhiều lớp, với số mode khảo sát lên tới 7 modes. Trong trường hợp không xét đến nhiều cho các yếu tố đầu vào như tần số đo đặc được hoặc shape mode đo đặc được. Kết quả từ việc chẩn đoán bằng DLV thể hiện trong hình 4. Khi xét đến các yếu tố gây nhiễu, kết quả được thể hiện trong hình 5.



Hình 4 – Kết quả chẩn đoán bằng DLV không xét đến nhiều



Hình 5 – Kết quả chẩn đoán bằng DLV có xét đến yếu tố nhiễu

Bảng 4 – Kết quả chẩn đoán bằng DE, nhiều tần số 0,15%, nhiều mode shape 1% (Seyedpoor 2012)

Số lần tính	% hư hại phần tử số 5	% hư hại phần tử số 19	Giá trị hàm mục tiêu	Số lần lặp
1	35,0001	30,0000	0,4027	239
2	34,2972	29,6390	0,4056	370
3	34,7727	29,8197	0,4038	326
4	34,7371	29,7295	0,4041	212
5	34,9855	29,9935	0,4028	219
6	34,8995	29,5355	0,4046	117
7	34,8548	29,8300	0,4035	455
8	34,8685	29,7540	0,4037	105
9	34,9767	29,9786	0,4029	189
10	34,9857	29,9931	0,4028	237
Mean	34,8378	29,8273	0,4037	247

Từ các kết quả thu được cho thấy rằng, việc xét đến nhiều sẽ làm năng lượng biến dạng tích lũy trong các phần tử hư hại lớn hơn nhiều so với trường hợp không xét đến nhiều. Tuy nhiên, điều này sẽ giúp cho kết

quả thu được từ phương pháp gần với thực tế hơn. Kết quả thu được ở hình 4 và hình 5 có thể thấy rằng, vị trí hư hại được nhận định tại các phần tử 5 và 19. Tuy nhiên, như đã đề cập ở những phần trên, các vị trí này có thể bị ngộ nhận hư hại với DLV. Do đó, giải thuật tiến hóa DE sẽ giúp kiểm tra lại các vị trí hư hại này. Kết quả được thể hiện trong bảng 4.

Kết quả của phương pháp DE cho ra được mức độ hư hại của phần tử số 5 là 34,8378%, mức độ hư hại của phần tử số 19 là 29,8273%, giá trị trung bình của hàm mục tiêu là 0,4037.

5. Thảo luận

Số liệu bài báo sử dụng được lấy từ việc mô phỏng mô hình hai, mặc dù có kể đến các yếu tố gây nhiễu nhưng chắc chắn sẽ không hoàn toàn khớp với số liệu thực tế của kết cấu thực. Tuy nhiên, với các phương pháp kể nhiều được tham khảo ở những nghiên cứu trước cũng giúp cho bài báo có độ tin cậy nhất định. Với việc sử dụng tới 7 modes để khảo sát DLV là quá lớn. Trên thực tế gần như không thể đo được các mode shape bậc cao. Nếu sử dụng các mode shape bậc thấp thì vị trí các phần tử bị hư hại khó nhận dạng, nên số lượng phần tử bị nghi ngờ hư hại lớn hơn nhiều. Một trong những nhược điểm của thuật toán DE là với các bài toán có số lượng phần tử lớn đòi hỏi phải tốn nhiều thời gian và tiền của; đôi khi không thể DE không thể nhận diện được. Chính vì vậy, tác giả cho rằng đây là một trong những hạn chế lớn của phương pháp.

6. Kết luận

Bài báo đã trình bày về một phương pháp chẩn đoán hư hại của dầm composite nhiều lớp bằng việc kết hợp hai phương pháp: phương pháp kết hợp véc-tơ định vị DLV và giải thuật tiến hóa khác biệt DE. Để chứng minh sự tin cậy và tính hiệu quả của phương pháp, bài báo đã đề xuất một ví dụ số với kết cấu dầm công-xôn, và góc hướng sợi là $[75^\circ/-75^\circ/75^\circ/75^\circ]$. Kết quả thu được rất hiệu quả, trong giai đoạn đầu tiên, đã xác định được vị trí hư hại số 5 và số 19 trong kết cấu dầm composite nhiều lớp bằng phương pháp DLV, sau đó đã sử dụng phương pháp DE để xác định mức độ hư hại tại các vị trí lần lượt là 34,8378% và 29,8273%.

Từ kết quả cho thấy rằng, Phương pháp Véc-tơ định vị hư hại DLV kết hợp với thuật toán Tiến hóa khác biệt DE đã thu được kết quả chẩn đoán hư hại rất hiệu quả. Đồng thời giúp xác định được % hư hại tại những vị trí bị hư hại trong kết cấu. Điều này giúp kiểm soát chất lượng kết cấu tốt hơn. Với số lượng mode shapes dùng trong khảo sát là 7, các yếu tố đầu vào xét đến nhiều thì kết quả thu được rất tốt. Tuy nhiên vẫn còn những hạn chế như trên; Do đó, tác giả xin đề xuất những hướng phát triển trong tương lai để cải thiện được những hạn chế này. (i) nghiên cứu cải tiến phương pháp để sử dụng số mode shapes thấp hơn; (ii) nghiên cứu cải thiện phương pháp để xác định được nhiều vị trí hư hại hơn mà vẫn sử dụng số lượng mode shapes thấp; (iii) đồng thời cải thiện thuật toán DE để phương pháp hiệu quả hơn về mặt thời gian và nâng cao độ chính xác khi xác định % hư hại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bernal, D., 2002. Load vectors for damage localization. *Journal of Engineering Mechanics*, 128(1), pp.7–14.
- Chandrashekhara, K., Krishnamurthy, K. & Roy, S., 1990. Free vibration of composite beam including rotary inertia and shear deformation. *Composite Structures*, 14(4), pp.269–279. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/026382239090010C>.
- Hamey, C.S. et al., 2004. Experimental damage identification of carbon/epoxy composite beams using curvature mode shapes. *Structural Health Monitoring*, 3(4), pp.333–353.
- Hsiao, Y.-T. & Chien, C.-Y., 2000. Enhancement of restoration service in distribution system using a combination fuzzy-GA method. *IEEE Transactions on Power Systems*, 15(4), pp.1394–1400.
- Jang, S.A., Sim, S.H. & Spencer, B., 2007. Structural damage detection using static strain data. In *Proceedings of the World Forum on Smart Materials and Smart Structures Technology, China*.
- KARABOĞA, D. & Okdem, S., 2004. A simple and global optimization algorithm for engineering problems, differential evolution algorithm. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 12(1), pp.53–60.
- Kaw, A.K., 2005. *Mechanics of composite materials*, CRC press.
- Kim, J.-T. et al., 2003. Damage identification in beam-type structures frequency-based

method vs mode-shape-based method. *Engineering Structures*, 25(1), pp.57–67. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029602001189>.

Kumar, M., Shenoj, R.A. & Cox, S.J., 2009. Experimental validation of modal strain energies based damage identification method for a composite sandwich beam. *Composites Science and Technology*, 69(10), pp.1635–1643

Messina, A., Williams, E.J. & Contursi, T., 1998. STRUCTURAL DAMAGE DETECTION BY A SENSITIVITY AND STATISTICAL-BASED METHOD. *Journal of Sound and Vibration*, 216(5), pp.791–808. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X9891728X>.

Pandey, A.K. & Biswas, M., 1994a. Damage Detection in Structures Using Changes in Flexibility. *Journal of Sound and Vibration*, 169(1), pp.3–17. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X84710029>.

Pandey, A.K. & Biswas, M., 1994b. Damage detection in structures using changes in flexibility. *Journal of sound and vibration*, 169(1), pp.3–17.

Seyedpoor, S.M., 2012. A two stage method for structural damage detection using a modal strain energy based index and particle swarm optimization. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 47(1), pp.1–8. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020746211001818>.

Storn, R. & Price, K., 1995. *Differential Evolution—a simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces*. International Computer Science Institute, Berkeley, CA, 1995, Tech. Rep. TR-95-012.

Vo-Duy, T. et al., 2015. Damage assessment of laminated composite beam structures using damage locating vector (DLV) method. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 9(4), pp.457–465. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s11709-015-0303-0>

Vo-Duy, T. et al., 2016. Damage Detection in Laminated Composite Plates Using Modal Strain Energy and Improved Differential Evolution Algorithm. *Procedia Engineering*, 142, pp.182–189. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816003945>.

Wang, F.L. et al., 2012. Correlation-based damage detection for complicated truss bridges using multi-layer genetic algorithm. *Advances in Structural Engineering*, 15(5), pp.693–706

THẺ LỆ VIẾT VÀ GỬI BÀI CHO TẠP CHÍ XÂY DỰNG - BỘ XÂY DỰNG

1. Bài gửi đăng tạp chí phải là công trình nghiên cứu của tác giả, chưa đăng và gửi đăng ở bất kỳ tạp chí khác.
2. Bài gửi được đánh máy vi tính, in trên 1 mặt khổ A4 thành 2 bản (font chữ Myriad Pro (Unicode), cỡ chữ 8,5; lề trên và lề dưới 3cm, lề phải và lề trái 2,5cm)
3. Các hình vẽ phải rõ ràng, chuẩn xác (font chữ thống nhất theo nội dung bài). Nếu bài có ảnh thì phải gửi kèm ảnh gốc độ phân giải 200dpi. Hình vẽ và ảnh phải chú thích đầy đủ.
4. Các công thức và thông số liên quan phải được chế bản bằng phần mềm Mathtype hoặc công cụ cơ sẵn trong phần mềm soạn thảo văn bản word (Các công thức hoặc các thành phần công thức có trên các dòng văn bản thì được đánh bằng Symbol)
5. Tài liệu tham khảo phải xếp theo vần ABC, trích dẫn phải có đủ các thông tin theo trình tự sau: Họ tên tác giả (hoặc chủ biên), tên sách (tên bài báo / tạp chí, tên báo cáo khoa học), nơi xuất bản, nhà xuất bản, năm xuất bản, trang trích dẫn
6. Bài viết phải có tên tiếng Việt và tiếng Anh. Mỗi bài cần kèm theo phần tóm tắt bằng tiếng Anh (font chữ 11, tối đa là 150 từ) cung cấp những nội dung chính của bài viết.
7. Bài phải có từ khóa tiếng Anh, tiếng Việt, mã số phân loại chuyên ngành của bài báo (nếu có)
8. Cấu trúc bài báo gồm các phần: dẫn nhập, nội dung khoa học và kết luận (viết thành mục riêng). Bài báo phải đưa ra được các kết quả nghiên cứu mới hoặc các ứng dụng mới hay phải nêu được hướng phát triển cơ bản của vấn đề được đề cập, khả năng nghiên cứu, phát triển và ứng dụng tại Việt Nam. Bài báo giới thiệu tổng quan không quá 3500 từ, công trình nghiên cứu và triển khai ứng dụng không quá 3000 từ.
9. Với bài thông tin khoa học: tin ngắn là các bài dịch tổng thuật, tổng quan về các vấn đề khoa học công nghệ xây dựng kiến trúc có tính thời sự.
10. Không trả lại bản thảo cho những bài không đăng.
11. Ghi rõ họ, tên, học hàm, học vị, nơi làm việc, số điện thoại của tác giả (gửi Email ktstranquockhanh@yahoo.com.vn)
12. Phải có bản thẩm định của người có học hàm học vị cao hơn theo chuyên ngành do hội đồng khoa học của TCXD chỉ định

Phụ trách Bài khoa học của Tạp chí Xây dựng
Trần Quốc Khánh
Email: ktstranquockhanh@yahoo.com.vn
ĐT: 0983382188

WRITING AND SENDING RULE FOR CONSTRUCTION REVIEW - MINISTRY OF CONSTRUCTION

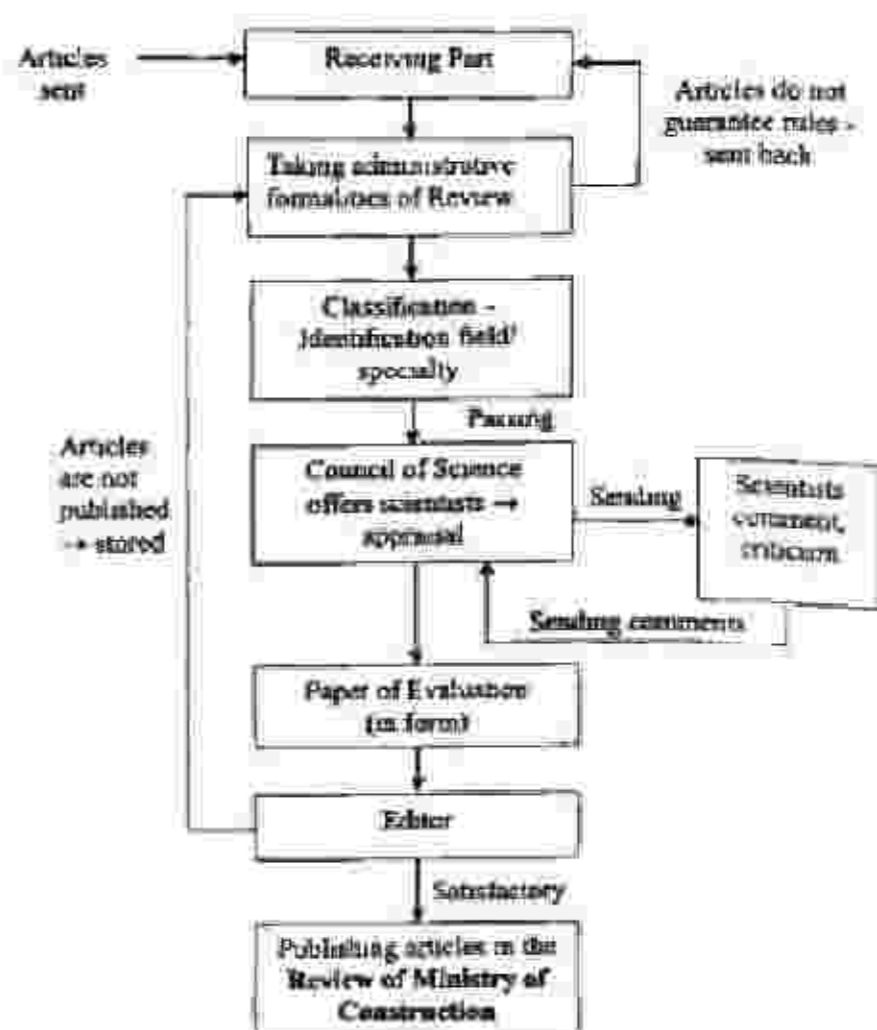
- 1- Articles must be the author's own research and wasn't published on other reviews
 - 2- Articles in Vietnamese must be typed on computer, printed to fit A4 paper size and into 2 copies (with Myriad Pro (Unicode) font), font size 8.5, 3cm top and bottom margins, 2.5cm left and right margins.
 - 3- Pictures must be clear and accurate (with the same font used in article's content). In case of photos, the original photos at resolution of 200dpi must be submitted with the article. Pictures and photos must be sufficiently captioned
 - 4- Formulas and figures must be made with Mathtype software (Formulas or formula parts in paragraphs must be typed with tools in Microsoft Word).
 - 5- Cited sources must be sorted alphabetically from A to Z and contain the following information: Full name of author (or editor), book title (or article, magazine, scientific report), place of publication, publisher, year of publishing, cited page number.
 - 6- Articles must have English and Vietnamese name. Each article must be submitted with an abstract in English (font size 11, maximum 150 words) providing the main contents.
 - 7- Articles must have English and Vietnamese keywords and subject code (if available)
 - 8- Article format includes: introduction, content and conclusion (as separate item). Articles must introduce new research findings or applications or state the current status, basic development directions of the research subject, the capability of researching and applying in Vietnam. Introduction articles must not exceed 3500 words, research projects and applications articles must not exceed 3000 words.
 - 9- Scientific information, news articles must be summarized translations on trending construction and architecture science and technology.
 - 10- Unpublished drafts will not be returned
 - 11- Clearly write author's surname, given name, qualification, degree, place of employment, phone number (submitted by email to: ktstranquockhanh@yahoo.com.vn)
 - 12- Articles must be evaluated by person with higher degree assigned by Construction Review/ Science Council. Evaluation form is shown below.
- Articles submitted -> Reception -> articles do not meet standard - get sent back -> Administrative formalities with Construction Review -> Classify, identify field, speciality -> Forward to -> Science Council -> Evaluation by scientists -> submitted (gửi) -> (Các nhà khoa học nhận xét, phản biện) Scientists comment, criticize -> (Gửi nhận xét) Submitting comments -> (Phiếu thẩm định) Evaluation Form -> Editor-in-chief -> Qualified -> Published on Construction Review (Các bài không đăng -> lưu) Unpublished articles -> saved

Construction Review's Scientific Article Director
Tran Quoc Khanh
Email: ktstranquockhanh@yahoo.com.vn
Phone: 0983382188

QUY TRÌNH THẨM ĐỊNH BÀI BÁO KHOA HỌC ĐĂNG TRÊN TẠP CHÍ XÂY DỰNG



EVALUATION PROCESS FOR SCIENTIFIC ARTICLES SENT FOR PUBLISHING IN THE "REVIEW OF MINISTRY OF CONSTRUCTION"



Để nâng cao chất lượng, tiến tới hội nhập quốc tế TCXD xin thông báo đến các tác giả

- 1- Số tháng 11 hàng năm TCXD sẽ đăng bài viết bằng tiếng Anh. Các tác giả chú ý sắp xếp thời gian gửi bài sao cho khớp với tiến độ thời gian
- 2- Từ tháng 12, kết thúc một năm đến tháng 1 của năm mới, TCXD sẽ tuyển chọn các bài viết được hội đồng đánh giá có chất lượng cao để in thành "tuyển". Các tác giả có bài được chọn, TCXD sẽ gửi thông báo 1 tháng trước khi chính thức in.