

# ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ ẢNH BẰNG MATLAB ĐỂ PHÂN TÍCH ẢNH CHUYỂN ĐỘNG CỦA MỘT VẬT THỂ

## USING DIGITAL IMAGE PROCESSING WITH MATLAB TO ANALYSE THE MOTION OF THE OBJECT

Trần Công Danh, Ngô Khánh Hiếu  
ĐH Bách khoa Tp. HCM

### TÓM TẮT

Vấn đề đưa ra trong bài viết này là xây dựng một mô hình thực nghiệm giống của Nelson cho phép kết hợp với hàm gió và camera xử lý tốc độ cao để ghi nhận các hình ảnh của chuyển động theo phương dọc của mô hình, sau đó dùng Matlab xử lý ảnh phân tích thu được để nhận dạng quỹ đạo chuyển động thực nghiệm, cùng các đặc tính vật lý của chuyển động thực nghiệm mà mắt thường không thể cảm nhận. Đây là cơ sở dùng để đối chiếu phân tích dao động “Pure pitching motion” của Nelson. Kết quả có được từ bài viết một lần nữa cho thấy vai trò không thể thiếu của camera tốc độ cao và công nghệ xử lý ảnh bằng Matlab trong việc khảo sát chuyển động.

**Từ khóa:** Camera tốc độ cao, xử lý ảnh bằng Matlab, cân bằng theo phương dọc trong chuyển động của máy bay.

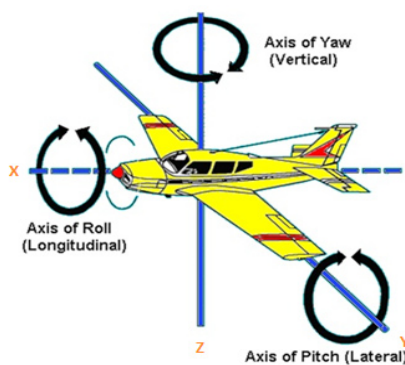
### ABSTRACT

Based on the “Pure pitching model” introduced by Nelson, this paper presents firstly its experimental model; secondly the use of a high-speed camera to record a fast motion like “pitch motion”; and finally the analysis of digital image processing with Matlab in order to capture the pitch motion. In comparison with the pure pitching oscillation from Nelson, the experimental results in this paper allow to insist on the role of the high-speed camera and the Image Processing with MatLab in observing the motion.

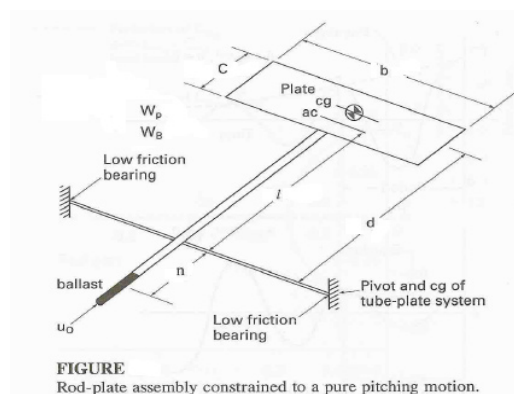
**Keywords:** Fast camera, Digital Image Processing with Matlab, Pure pitching motion.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy bay là vật thể chuyển động 6 bậc tự do (xem Hình 1): các chuyển động tịnh tiến theo phương x, y, z và các chuyển động quay quanh trục x, trục y và trục z.



Hình 1: Các chuyển động của máy bay [1]



Hình 2: Mô hình lý thuyết của Nelson [2]

Đặc trưng của chuyển động theo phương dọc (Pitch) là dao động được tạo ra bởi lực nâng do cánh đuôi ngang phía sau. Mô hình «Pure pitching motion» do Nelson đưa ra giúp hiểu rõ hơn các đặc tính vật lý của chuyển động này (xem Hình 2).

Vấn đề đưa ra trong bài viết này là ứng dụng phương pháp xử lý ảnh kỹ thuật số bằng Matlab để phân tích chuyển động của một mô hình thực nghiệm, được xây dựng dựa trên mô hình chuyển động lắc theo phương dọc của Nelson để dùng kết hợp với hàm gió hồ và máy quay tốc độ cao hiện có ở phòng thí nghiệm Hàng không nhằm phân tích ảnh chuyển động thực nghiệm của mô hình.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT «PURE PITCHING MOTION» [2]

Theo định luật II Newton, “pitching moment” quanh trọng tâm máy bay tại một vị trí tham chiếu (thể hiện bởi chỉ số  $o$ ) được xác định bởi:

$$M = M_o + \Delta M = I_y(\ddot{\theta}_o + \Delta\ddot{\theta}) \Rightarrow \Delta M = I_y\Delta\ddot{\theta} \quad (1)$$

Trong đó:  $\Delta M$  là hàm của góc tới của dòng đến cánh chính ( $\Delta\alpha$ ), độ biến thiên của góc tới của dòng đến cánh chính ( $\Delta\dot{\alpha}$ ), vận tốc góc xoay quanh trục  $Oy$  ( $\Delta q$ ), và sự thay đổi góc của bề mặt điều khiển bánh lái độ cao ( $\Delta\delta_c$ ). Áp dụng phân tích Taylor và giả thuyết biến động nhỏ cho phương trình (1) ta suy ra phương trình dao động của chuyển động theo phương dọc quanh vị trí tham chiếu:

$$\Delta\ddot{\alpha} - (M_q + M_{\dot{\alpha}})\Delta\dot{\alpha} - M_{\alpha}\Delta\alpha = M_{\delta_c}\Delta\delta_c \quad (2)$$

Nghiệm của phương trình vi phân bậc hai (2) có dạng (hình 3):

- *Dạng 1: chuyển động tắt nhanh dần không dao động khi  $\zeta > 1$*

$$\frac{\Delta\alpha(t)}{\Delta\alpha_{trim}} = 1 - \frac{1}{2}\left(1 + \frac{\zeta}{\sqrt{\zeta^2 - 1}}\right)e^{\lambda_1 t} - \frac{1}{2}\left(1 - \frac{\zeta}{\sqrt{\zeta^2 - 1}}\right)e^{\lambda_2 t} \quad (3)$$

Đường biểu diễn của dạng này là các đường màu đen trên hình 3.

- *Dạng 2: chuyển động tắt dần có dao động khi  $0 < \zeta < 1$*

$$\frac{\Delta\alpha(t)}{\Delta\alpha_{trim}} = 1 + \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\sqrt{1 - \zeta^2}} \sin\left(\sqrt{1 - \zeta^2}\omega_n t + \phi\right) \quad (4)$$

Đường biểu diễn của dạng này là các đường màu đỏ trên hình 3.

- *Dạng 3: chuyển động tắt dần không dao động tới hạn khi  $\zeta = 1$*

$$\frac{\Delta\alpha(t)}{\Delta\alpha_{trim}} = 1 - (1 + \zeta\omega_n t)e^{-\zeta\omega_n t} \quad (5)$$

Đường biểu diễn của dạng này là đường màu xanh trên hình 3.

Với:  $\zeta = \frac{-(M_q + M_{\dot{\alpha}})}{2\sqrt{-M_{\alpha}}}$  là tỷ số giảm chấn

$\omega_n = \sqrt{-M_{\alpha}}$  là tần số dao động tự nhiên không giảm chấn

$\omega = \omega_n\sqrt{1 - \zeta^2}$  là tần số dao động tự nhiên có giảm chấn

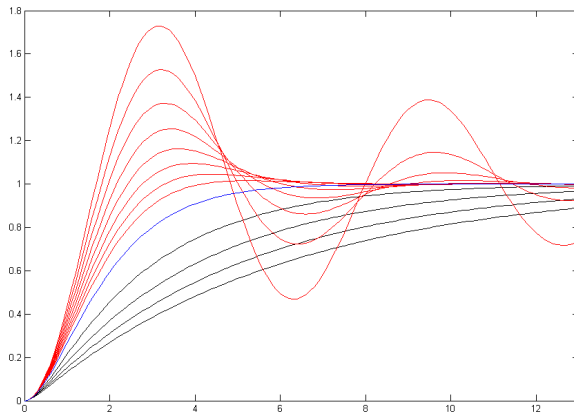
$$\Delta\alpha_{\text{trim}} = \frac{-(M_{\delta e} \cdot \Delta\delta_e)}{M_{\alpha}}$$

là thay đổi góc tấn giữa hai vị trí tham chiếu trước và sau chuyển động theo

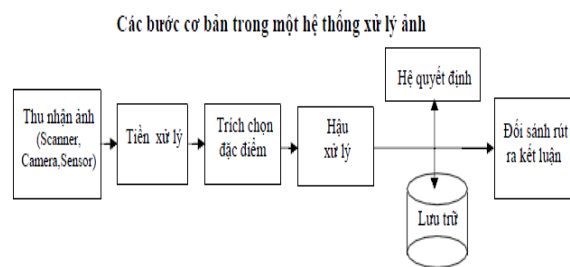
phương dọc quanh vị trí CG.

$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{-\sqrt{1-\zeta^2}}{-\zeta} \right)$$

là góc pha của dao động theo phương dọc quanh vị trí CG.



Hình 3: Các dạng chuyển động pitch



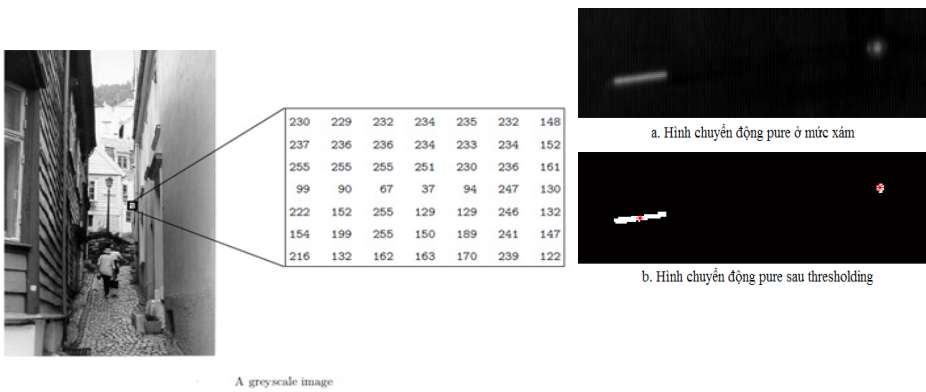
Hình 4: Các bước cơ bản trong xử lý ảnh [3]

### 3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT XỬ LÝ ẢNH BẰNG MATLAB [4]

Quá trình xử lý ảnh là quá trình thao tác ảnh đầu vào nhằm cho ra kết quả mong muốn. Kết quả đầu ra của một quá trình xử lý ảnh có thể là một ảnh “tốt hơn” hoặc một kết luận (xem Hình 4).

#### 3.1. Một số khái niệm cơ bản

- **Ảnh và điểm ảnh:** điểm ảnh được xem như là dấu hiệu hay cường độ sáng tại một tọa độ trong không gian của đối tượng và ảnh được xem như là một tập hợp các điểm ảnh. Ví dụ: màn hình có độ phân giải 1024x768 điều đó có nghĩa là có 1024 điểm ảnh theo chiều ngang, và 768 điểm ảnh theo chiều dọc.
- **Độ phân giải:** là số điểm ảnh trên một đơn vị chiều dài. Ví dụ: một tập tin ảnh có kích thước rộng là 2 inch và cao là 1 inch độ phân giải là 72 điểm ảnh/inch nghĩa là có 144 điểm ảnh (72x2) phân bố theo chiều rộng và 72 điểm ảnh (72x1) phân bố theo chiều cao và tổng số điểm ảnh trên tập tin ảnh này là 144x72 = 10368 điểm ảnh.
- **Mức xám:** là chỉ số hiển thị giá trị cường độ sáng theo mức xám của từng điểm ảnh được biểu diễn bằng một số 8 bits (có giá trị từ 0 đến 255, trong đó chỉ số 0 cho màu đen và 255 cho màu trắng) (xem Hình 5).
- **Ngưỡng sáng (Thresholding):** là kỹ thuật chuyển từ ảnh ở mức xám sang ảnh nhị phân bằng cách xác lập một ngưỡng sáng. Khi đó các điểm ảnh có mức xám dưới ngưỡng này được xem là màu đen, ngược lại là màu trắng. Kỹ thuật này được dùng để loại bỏ những điểm sáng không thuộc đối tượng cần quan sát (xem Hình 6).



**Hình 5:** Ma trận mức xám của một vùng ảnh nhỏ

**Hình 6:** Ảnh trước và sau xử lý thresholding

### 3.2. Chương trình xử lý một file ảnh bằng Matlab [4][5]

Đoạn chương trình dưới đây được sử dụng trong việc phân tích hình ảnh chuyển động pure pitching thu nhận được từ máy quay phim tốc độ cao. Đoạn chương trình này được viết bằng ngôn ngữ Matlab phiên bản 7.0.

```

-----
% Đây là File test thu 1 file: Save file có tên là: test1file_pure.m
k=imread('danh_test_1000_500_c001s0001000012.tif'); %nhap file anh can xu ly
k7=k>65; % dieu chinh greyscale của anh de loại đi những phân tử không mong muốn
imshow(k7) %hien thi file anh vua xu ly
L = bwlabel(k7); %chuyen sang label matrix de bat trong tam
s = regionprops(L, 'centroid'); %Khoanh vùng chuẩn bị bat trong tam hình học
centroids = cat(1, s.Centroid); %bat trong tam hình học
hold(imgca,'on') %giu vùng mỗi khoanh làm nền cho trong tam hiện thị
plot(imgca,centroids(:,1), centroids(:,2),'r*') %ve giá trị của các trong tam
[labeled,numObjects] = bwlabel(k7,4); %bat vat the
graindata = regionprops(labeled,'basic'); %bat vat the
maxArea = max([graindata.Area]); %tim tiet dien vat the lon nhất
%Thu thuat tìm diện tích lớn thứ 2
dientich = [graindata.Area]
[h,n] = size(dientich);
maxArea2 = 0;
for i = 1:n
    if (dientich(i) > maxArea2) && (dientich(i) < maxArea)
        maxArea2 = dientich(i);
    end
end
maxArea2
m=find([graindata.Area]==maxArea); %tim tiet dien vat the lon nhất
p=find([graindata.Area]==maxArea2)
Xi=centroids(m,1) %Trong tam của tam phang(Xi,Yi) là trong tam của hình có max Area
Yi=centroids(m,2)
Yg=centroids(p,2) %Diem Goc là trong tam của o bi
Xg=centroids(p,1)
    beta = atan(-(Yi-Yg)/(Xi-Xg));
    thetai = beta*180/(pi)
-----

```

## 4. XÂY DỰNG MÔ HÌNH PURE PITCHING THỰC NGHIỆM

Từ mô hình pure pitching lý thuyết của Nelson (xem Hình 2) nhóm đã xây dựng một mô hình thực nghiệm với các kích thước cho dưới đây:



dọc của mô hình thực nghiệm; (f) Đối chiếu giữa kết quả tính toán mô hình pure pitching lý thuyết và kết quả thực nghiệm, từ đó đưa ra các đánh giá.



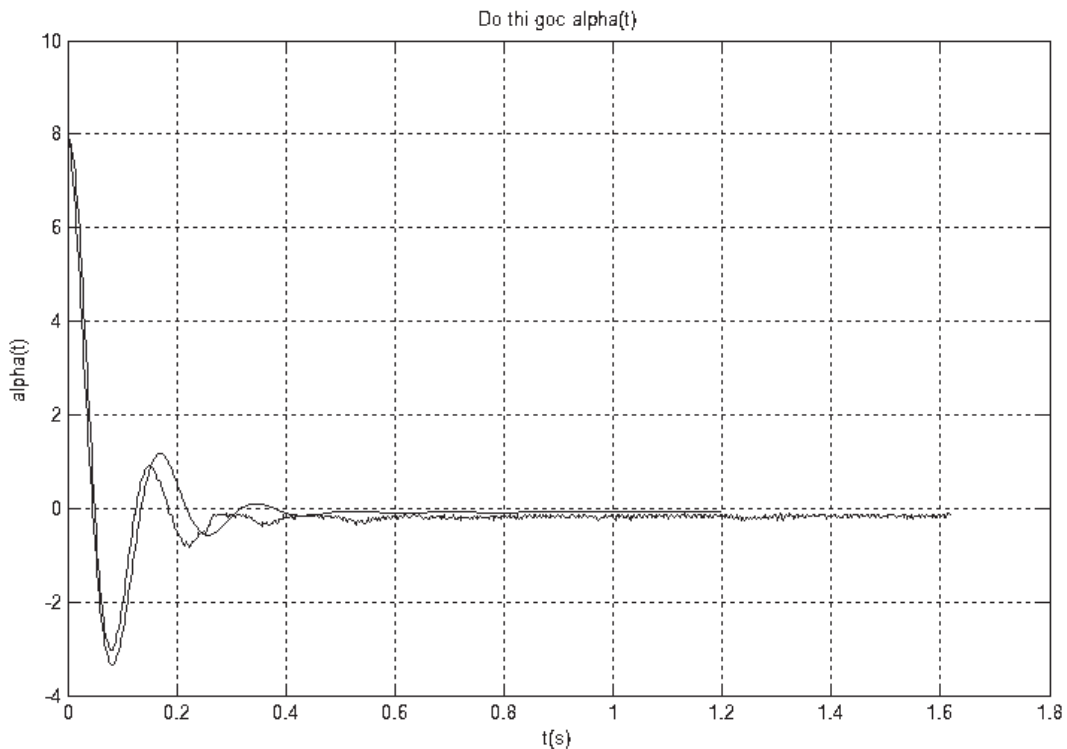
Hình 11: Lắp đặt máy quay và nguồn sáng



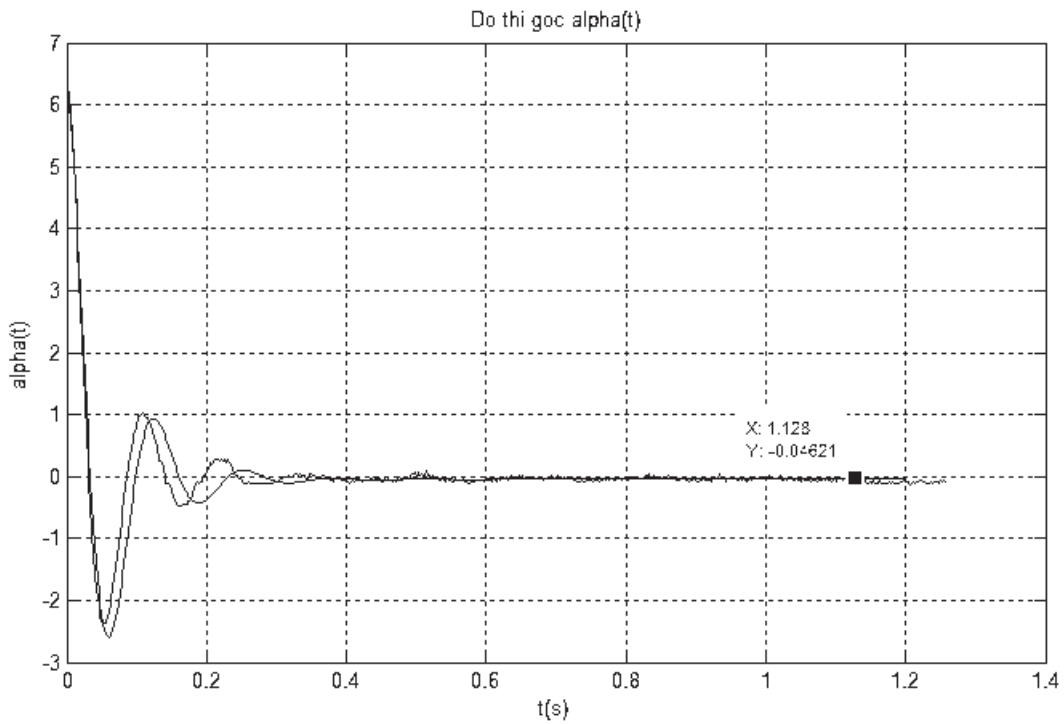
Hình 12: Hình ảnh máy quay được ghi nhận từ máy tính

## 5.2. Kết quả thực nghiệm

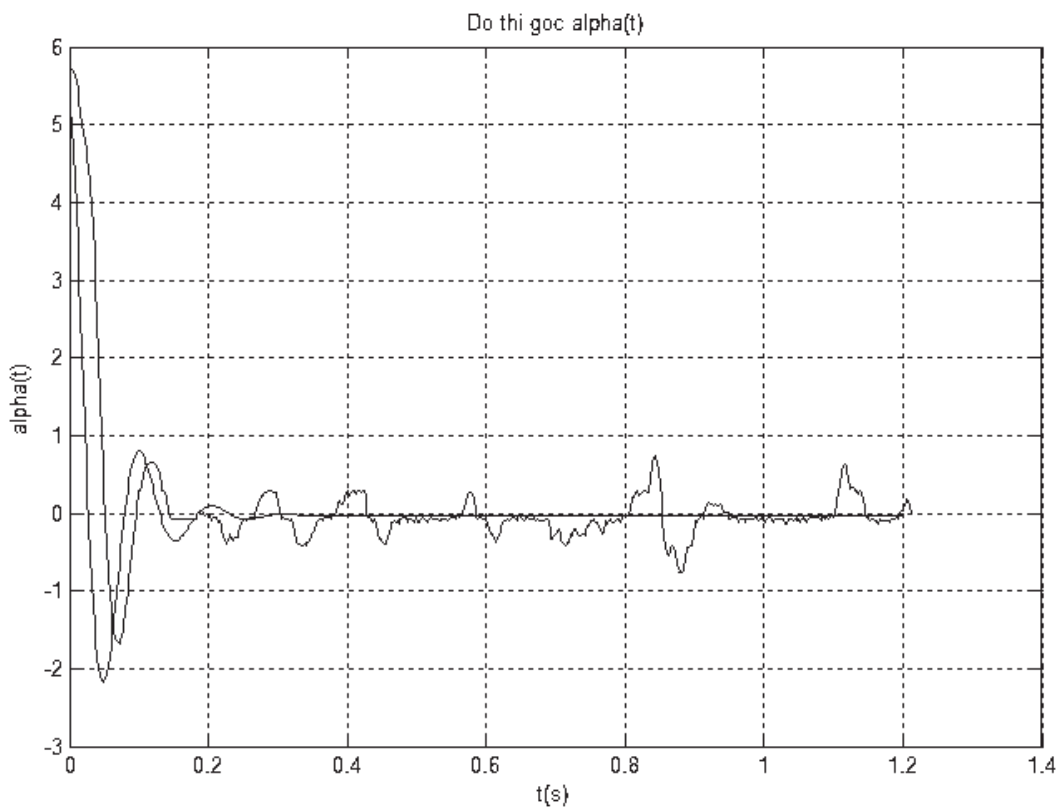
Dưới đây là một số kết quả phân tích thực nghiệm «Pure pitching motion» ở các chế độ vận tốc 10 m/s, 14 m/s và 17 m/s của trường không khí bên trong vùng quan sát của hầm gió. Tốc độ ghi hình của máy quay Photron Fastcam Viewer được xác lập trong toàn bộ quá trình thực nghiệm là 500 frames/s. Kết quả này sau đó được chồng nhập với kết quả phân tích lý thuyết của Nelson để đối chiếu. Do đó, trên mỗi kết quả đường nhấp nhô là đường biểu diễn cho kết quả thực nghiệm, và đường trơn liên tục là đường biểu diễn cho kết quả lý thuyết.



Hình 13: Kết quả phân tích «Pure pitching motion» ở vận tốc hầm gió là 10 m/s



Hình 14: Kết quả phân tích «Pure pitching motion» ở vận tốc hàm gió là 14 m/s



Hình 15: Kết quả phân tích «Pure pitching motion» ở vận tốc hàm gió là 17 m/s

## 6. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Kết quả thực nghiệm của chuyển động theo phương dọc của mô hình thực nghiệm thu được cho thấy ở vận tốc hàm gió 10 m/s thì kết quả phân tích lý thuyết gần sát với kết quả thực nghiệm (xem bảng dưới đây).

Bảng kết quả so sánh thực nghiệm và lý thuyết ở vận tốc 10 m/s

10 m/s	Thực tế	Lý thuyết	Sai số
Theta_trim (độ)	- 0.2057	-0.0861	<b>0.1196</b>
Theta_o (độ)	7.8158	8.137	<b>0.3212</b>
T_half (s)	0.082	0.082	<b>0</b>
Theta_half (deg)	-3.158	- 3.342	<b>0.184</b>
Số chu kì	3	3	<b>0</b>

Ở vận tốc lớn hơn (14 m/s) thì có sự khác biệt giữa kết quả thực nghiệm và kết quả lý thuyết. Và sự khác biệt này gia tăng ở vận tốc 17 m/s. Để lý giải cho điều này, các nguyên nhân dẫn đến có thể có là:

- Kết quả phân tích lý thuyết bỏ qua ảnh hưởng của thân và bỏ qua ảnh hưởng của ma sát ổ bi, bỏ qua ảnh hưởng của các thành phần lực cản của mô hình như lực cản của thân, lực cản của tấm phẳng...
- Giả thiết dòng trong hầm gió ở mô hình lý thuyết là dòng đều nhưng ở mô hình thực nghiệm do ảnh hưởng của các thiết bị gá mô hình như trục xoay, thân gá, vv. được lắp đặt trong vùng quan sát, cũng như ảnh hưởng của diện tích ngang của thân nên dòng qua tấm phẳng trong mô hình thực nghiệm là dòng không thật sự đều. Và tác động của các ảnh hưởng này càng gia tăng khi vận tốc của trường không khí trong vùng quan sát của hầm gió gia tăng.
- Có sự sai số trong quá trình cân chỉnh moment theo phương dọc ban đầu quanh trục quay của mô hình thực nghiệm. Từ đó dẫn đến góc góc xác lập ở vị trí tham chiếu của mô hình thực nghiệm là một góc có giá trị trong vùng lân cận 0.
- Tấm phẳng dùng trong mô hình thực nghiệm làm bằng vật liệu gỗ balsa nên chịu ảnh hưởng của hiện tượng khí đàn hồi (tấm bị vẫy tạo ra các nhiễu dao động). Điều này được thể hiện rất rõ ở kết quả thực nghiệm như trong hình 15.

Tuy chịu ảnh hưởng của các sai số vừa nêu, kết quả thu được vẫn cho thấy rõ sự tương đồng trong dạng dao động của chuyển động theo phương dọc giữa hai mô hình lý thuyết và thực nghiệm. Cụ thể đều là dạng dao động tắt dần có cùng số chu kỳ dao động. Từ đó cho thấy mô hình phân tích lý thuyết Nelson có thể ứng dụng

được vào phân tích chuyển động theo phương dọc của các mô hình thực tế. Kết quả thu được còn cho thấy vai trò không thể thiếu của camera tốc độ cao và công nghệ xử lý ảnh bằng Matlab trong việc khảo sát chuyển động. Và mô hình xử lý ảnh bằng Matlab mà chúng tôi trình bày trong bài viết này có thể được ứng dụng vào phân tích thực nghiệm các chuyển động tương tác giữa các vật thể mà mắt thường khó ghi nhận.

Những thành quả được thể hiện trên đây là kết quả mà chúng tôi có được từ việc thực hiện đề tài Nghiên cứu Khoa học dành cho sinh viên của Khoa Kỹ thuật Giao Thông năm 2009 do sinh viên Trần Công Danh làm chủ nhiệm đề tài.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. B. Russell, *Performance and stability of Aircraft*. Butterworth Heinemann. 1<sup>st</sup> Edition, 1996.
- [2] Dr. Robert C. Nelson, *Flight stability and automatic control*". McGraw Hill, 2<sup>nd</sup> edition, 1998.
- [3] Đỗ Đăng Toàn, "Giáo trình môn học xử lý ảnh", Khoa Công nghệ Thông tin - Đại học Thái Nguyên.
- [4] Alasdair McAndrew, "An introduction to digital Image Processing with Matlab", School of Computer Science and Mathematics, Victoria University of Technology, 2004.
- [5] MATLAB Online Documentation, Mathworks.com <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/math/fl-85462.html>
- [6] Photron Fastcam Viewer Operation Manual Rev.2.341
- [7] Ngô Khánh Hiếu, "Giáo trình Cơ học bay 2" dành cho Sinh viên năm 4 ngành Kỹ thuật Hàng không, Bộ môn Kỹ thuật Hàng không, 2008.