

## Nghiên cứu ứng dụng bộ điều khiển trượt cho thiết bị tập phục hồi chức năng khớp gối sử dụng khí nén

Researching, designing the tracking system for gun model using image processing technology

Đào Minh Đức<sup>1,\*</sup>, Phạm Đăng Phước<sup>1</sup>, Trần Xuân Tuy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Phạm Văn Đồng

<sup>2</sup>Trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng

\*Email: dmduc@pdu.edu.vn

Mobile: 0905423314

---

### Tóm tắt

#### Từ khóa:

Điều khiển Trượt; Khí nén; Khớp gối; Matlab; Phục hồi chức năng

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày kết quả nghiên cứu đáp ứng của cơ cấu tập phục hồi khớp gối sử dụng bộ điều khiển Trượt. Phương trình động học của cơ cấu và hàm truyền của hệ được thiết lập. Các tham số được tính toán và lựa chọn để mô phỏng đáp ứng của hệ bằng phần mềm Matlab. Kết quả mô phỏng cho thấy bộ điều khiển Trượt có thời gian đáp ứng nhanh ( $<1s$ ) và độ vọt lố thấp ( $<1\%$ ). Thiết kế cơ khí và mạch điều khiển cho thiết bị được thực hiện. Tiến hành thực nghiệm trên đối tượng cụ thể, kết quả cho thấy đáp ứng của cơ cấu so với giá trị đặt cho sai số nhỏ ( $1^0$ ). Mạch điều khiển cho phép thay đổi góc đặt và thời gian tập dễ dàng, các thông số hiển thị trên màn hình LCD. Sử dụng phần mềm Matlab để vẽ đồ thị đáp ứng của thiết bị.

---

### Abstract

#### Keywords:

Robot war field; Image processing; Machine vision; Robot control; The stable range and azimuth system.

Based on the requirements of that practice in the military, we put forward the idea of “Researching, designing the tracking system for to the gun model using image processing technology” for designing intelligent battle robots. The system uses cameras which are positioned along the barrel of the gun are able to observe the target within the allowable range. After detecting and identifying target object (people, aircraft, tanks...), the information about the location, range, azimuth and velocity of the target object will be transmitted to the central controller. Based on the parameters received from the observation system, the central controller will control the range and azimuth motors of the gun model to track the target object. Researching methods is theoretical researching in combination with experimental designing and manufacturing. Then, the team conducts specific experiments on the designed model and assesses the tracking of ability of the system under different conditions.

---

Ngày nhận bài: 01/07/2018

Ngày nhận bài sửa: 08/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

---

## 1. GIỚI THIỆU

Trên thế giới, trung bình mỗi 40 giây lại có một cơn đột quỵ não xảy ra và mỗi phút lại có 4 người chết vì tai biến mạch máu não. Đây là nguyên nhân gây tử vong và khuyết tật hàng đầu tại Việt Nam nói riêng và trên toàn cầu nói chung.[1]

Theo thống kê, có khoảng 90% người bị liệt vận động (liệt nửa người, liệt tay chân, liệt mặt) sau tai biến mạch máu não. Di chứng này gây khó khăn cho bệnh nhân trong sinh hoạt hàng ngày. Đồng thời khi phải nằm lâu một chỗ, bệnh nhân thường gặp biến chứng nguy hiểm như: lở loét da, viêm đường tiết niệu, viêm phổi, viêm đường hô hấp... dễ gây nhiễm trùng, thậm chí tử vong. Bệnh nhân cần phải phục hồi vận động sau tai biến mạch máu não nếu không sẽ phải phụ thuộc gần hoàn toàn vào sự chăm sóc, giúp đỡ của người khác.

Sau khi trải qua cơn tai biến, chất lượng cuộc sống của bệnh nhân bị giảm sút trầm trọng. Vì vậy bệnh nhân và người nhà cần có biện pháp phục hồi chức năng phù hợp cho bệnh nhân sau đột quỵ. Biến chứng thường gặp nhất của bệnh nhân sau tai biến là yếu vận động hoặc liệt nửa người. Sau khoảng 6 tháng bị liệt nửa người, bệnh nhân thường không thể tự làm các hoạt động bình thường, phần lớn phải nhờ đến sự chăm sóc của người thân.

Việc tập luyện phục hồi chức năng có nhiều phương pháp để điều trị tuy nhiên đối với các bệnh nhân gặp khó khăn về vận động thì chủ yếu tập luyện bằng phương pháp vật lý trị liệu hoặc thông qua thiết bị tập thụ động.

Việc điều trị cho bệnh nhân tập phục hồi chức năng ở nước ta vẫn còn ít thiết bị tự động nào hỗ trợ cho việc điều trị, các thiết bị phục vụ cho điều trị thuần túy cơ khí. Bệnh nhân được điều trị theo hướng dẫn của bác sĩ và có các y tá hỗ trợ điều trị. Vì vậy hiệu quả trong điều trị chưa cao thời gian điều trị kéo dài. Ở nước ngoài cũng đã có nhiều công trình nghiên cứu phục vụ cho việc điều trị bệnh nhân và cũng đã đạt được những thành tựu nhất định. Các máy quan trọng nhất được sử dụng trong nhiều trung tâm y tế phục hồi chức năng và phục hồi chức năng là LOKOMAT [2], ALEX [3] và LOPES [4], tuy nhiên các thiết bị nước ngoài khá cồng kềnh và giá cả cao. Ngày nay, khí nén được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp cũng như trong đời sống xã hội. Ưu điểm chính của khí nén: Ưu điểm chính của khí nén là công suất lớn, chi phí thấp và khả năng ứng dụng trong môi trường khắc nghiệt. Những lợi thế này có thể làm cho thiết bị truyền động cực kỳ hữu ích trong các ứng dụng của kỹ thuật phục hồi chức năng cho những người bị bệnh thần kinh cơ hoặc rối loạn cơ xương. Việc sử dụng khí nén để điều khiển thiết bị tập phục hồi chức năng chi dưới cũng đã được nghiên cứu. [5-6] các tác giả sử dụng khí nén để điều khiển các thiết bị truyền động và cho kết quả rất triển vọng.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

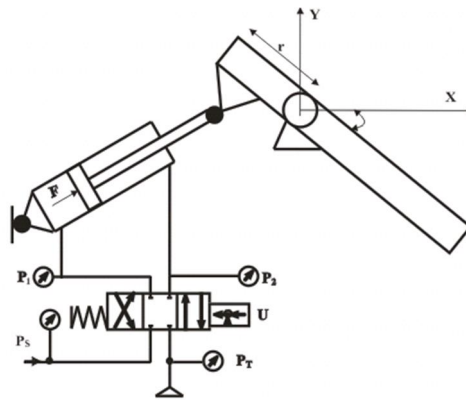
### 2.1. Mô hình nghiên cứu

Trong bài báo này, chúng tôi đã nghiên cứu động lực khớp gối trong các bài tập gấp và duỗi. Để thực hiện các bài tập gấp và duỗi, nhóm cơ Quadriceps tạo ra sự co và duỗi của khớp gối. Mô hình được thể hiện trong hình 1[7].

Từ mô hình vận động khớp gối, xây dựng mô hình dẫn động cho thiết bị tập vận động khớp gối. Chúng tôi sử dụng xy lanh khí nén dẫn động cơ cấu cho khớp gối thực hiện các bài tập gấp và duỗi. Để thực hiện các bài tập gấp và duỗi, xy lanh sẽ được điều khiển bằng van tỷ lệ bằng điện áp. Độ mở của van tỷ lệ sẽ cấp lưu lượng khí cần thiết để dẫn động cơ cấu thực hiện các động tác gấp và duỗi.

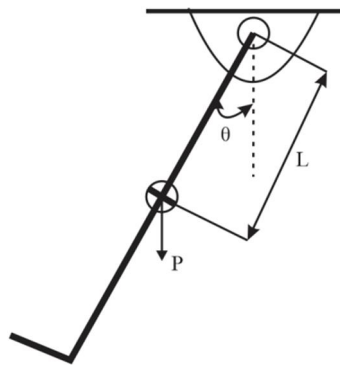


**Hình 1.** Mô hình vận động khớp gối



**Hình 2.** Mô hình dẫn động của thiết bị

## 2.2. Thiết lập phương trình động lực học cho thiết bị



**Hình 3.** Mô hình động lực học của thiết bị

Tính động năng và thế năng của cơ cấu:

$$K = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \frac{1}{2} J \cdot \dot{\theta}^2; P = -m \cdot g \cdot l \cos \theta$$

Hàm Lagrange:

$$L = K - P = \frac{1}{2} J \cdot \dot{\theta}^2 + m \cdot g \cdot l \cos \theta$$

Tính các giá trị:

$$\frac{\partial L}{\partial \theta} = J \cdot \dot{\theta}; \quad \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} = J \cdot \ddot{\theta}; \quad \frac{\partial L}{\partial \theta} = -mgl \sin \theta$$

**Phương trình động lực học của thiết bị:**

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} - \frac{\partial L}{\partial \theta} = \tau$$

$$J \cdot \ddot{\theta} + mgl \sin \theta = \tau$$

Xét ảnh hưởng của mô men cản của thiết bị và của chân người tác động lên ta có phương trình mô men của thiết bị :

$$J \cdot \ddot{\theta} + B \cdot \dot{\theta} + mgl \sin \theta = \tau \quad (1)$$

Với :  $J = J_a + J_h$  : Mô men quán tính của thiết bị và của người.

$B = B_a + B_h$  : Hệ số cản của thiết bị và của người.

$m = m_a + m_h$  : Khối lượng của thiết bị và của người.

**Phương trình động lực học của thiết bị:**

Để tạo ra mô men dẫn động thiết bị, cấp khí nén vào xylanh thông qua van tỷ lệ. Phương trình động học của van tỷ lệ và xylanh được mô tả như sau:

$$\tau = F \cdot r \cdot \sin \theta \quad (2)$$

Lực F do áp suất khí nén (p) trong xylanh tạo ra.

$$F = p \cdot A$$

A: tiết diện pittông.

Áp suất p phụ thuộc vào điện áp mở van tỷ lệ (u):

$$p = K_v \cdot u$$

$K_v$ : hằng số van tỷ lệ.

Thành phần mô men  $\tau$  là hàm phụ thuộc vào tín hiệu mở van u và áp suất p.

### 2.3. Ứng dụng bộ điều khiển trượt cho thiết bị

Trong phần này giới thiệu về ứng dụng của bộ điều khiển trượt để điều khiển cơ cấu. Bộ điều khiển trượt sẽ điều chỉnh momen để sao cho sai số e giữa góc đặt ( $y_d$ ) và góc thực tế (y) tiến về 0 với thời gian quá độ ngắn và độ vọt lố ít nhất.

Từ phương trình vi phân (1):

$$J \cdot \ddot{\theta} + B \cdot \dot{\theta} + mgl \sin \theta = \tau \quad (3)$$

#### **Bước 1:**

Đặt các biến trạng thái

$$x_1 = \theta; \quad x_2 = \dot{\theta}; \quad y = \theta = x_1; \quad u = \tau$$

Tính đạo hàm các biến:

$$\dot{y} = \dot{x}_1; \quad \ddot{y} = \dot{x}_2$$

Thay các biến vào (3) ta có:

$$\ddot{y} = -\frac{mgl}{J} \sin(x_1) - \frac{B}{J} \dot{x}_2 + \frac{1}{J} u$$

$$\ddot{y} = a(x) + b(x)u$$

Với:

$$a(x) = -\frac{mgl}{J} \sin(x_1) - \frac{B}{J} x_2; b(x) = \frac{1}{J}$$

**Bước 2:**

Xác định biểu thức cho mặt trượt:

$$\sigma = \dot{e} + k_1 e$$

Với  $e = y_d - y$ ,  $k_1$ : hệ số dương.

**Bước 3:**

Viết biểu thức cho bộ điều khiển trượt:

$$u = \frac{1}{b(x)} [-a(x) + \ddot{y}_d + k_1 \dot{e} + K \text{sign}(\sigma)] \quad (4)$$

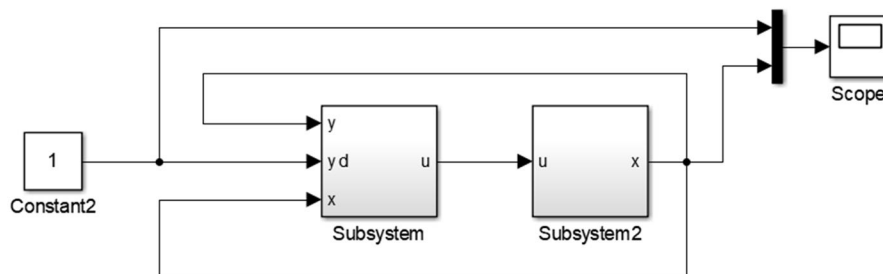
$K$ : hệ số dương.

#### 2.4. Mô phỏng đáp ứng của điều khiển Trượt cho thiết bị

Tiến hành mô phỏng đáp ứng của bộ điều Trượt cho thiết bị trong phần mềm Matlab Simulink, bảng tham số được trình bày trong (bảng 1). Với tham số  $k_1 = 100$ ,  $K = 50$  được chọn sao cho hệ thống có thời gian quá độ nhỏ hơn 1s và sai số  $\Delta e = 0,01$ .

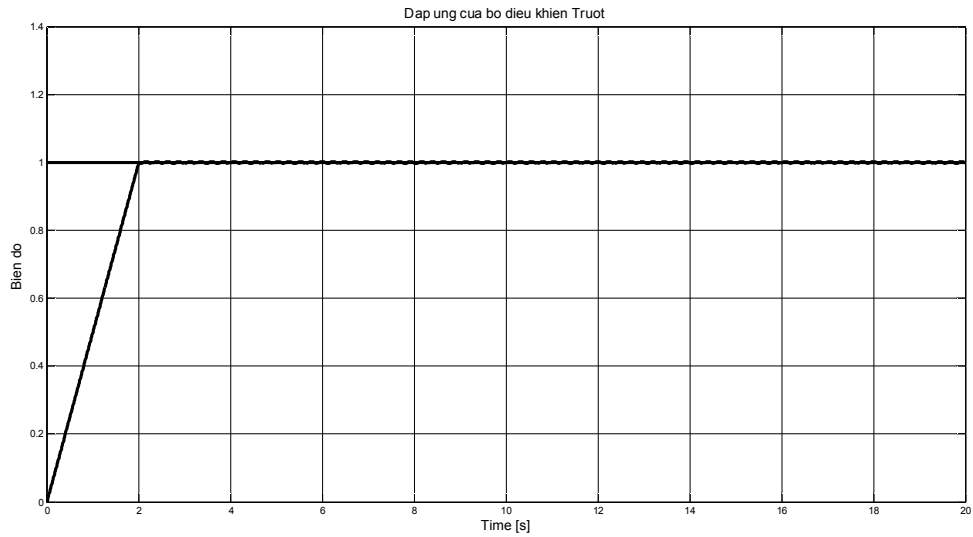
**Bảng 1.** Các thông số của cơ cấu.

Mô men quán tính $J_a$	$J_a = 0,028 \text{ (kg,m}^2\text{)}$
Mô men quán tính $J_h$	$J_h = 0,332 \text{ (kg,m}^2\text{)}$
Hệ số cản $B_a$	$B_a = 0,15 \text{ (N,m,s)}$
Hệ số cản $B_h$	$B_h = 1,52 \text{ (N,m,s)}$
Khối lượng cơ cấu $m_a$	$m_a = 1,32 \text{ (kg)}$
hối lượng chân người $m_h$	$m_h = 5 \text{ (kg)}$
Chiều dài $l$	$l = 0,25 \text{ (m)}$

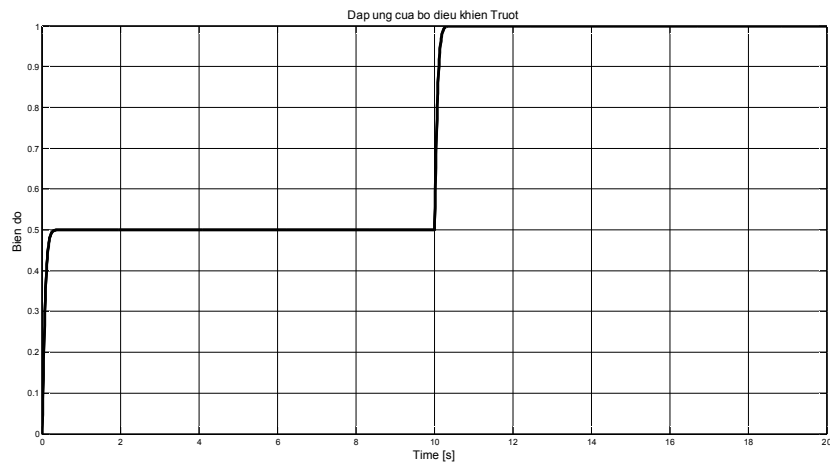


**Hình 4.** Sơ đồ mô phỏng đáp ứng bộ điều khiển Trượt trong Matlab.

Tín hiệu vào là góc đặt và tín hiệu ra là điện áp điều khiển van tỷ lệ điều khiển cấp khí cho xy lanh điều khiển cho thiết bị hoạt động bám theo góc đặt. Kết quả mô phỏng đáp ứng của thiết bị với các góc biên độ khác nhau được thể hiện trong hình 5 và hình 6. Kết quả cho thấy thời gian đáp ứng nhanh (nhỏ 2s) và sai số thấp ( $\Delta e = 0,02$ ).



**Hình 5.** Kết quả mô phỏng đáp ứng bộ điều khiển Trượt trong Matlab



**Hình 6.** Kết quả mô phỏng đáp ứng bộ điều khiển Trượt trong Matlab với tín hiệu vào là hàm Step

### 3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM



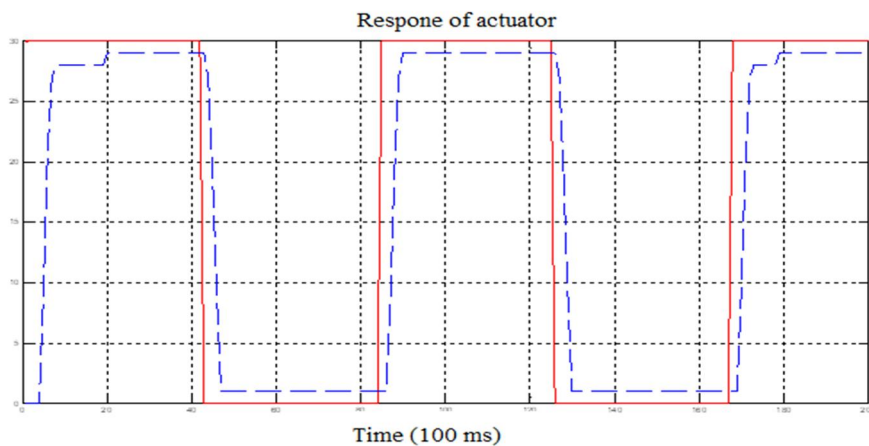
**Hình 7.** Mô hình thực tế của thiết bị

Thiết bị được dẫn động bằng xylanh khí nén, góc tập được đo bằng cảm biến đo góc Encoder. Tín hiệu đo được truyền về mạch điều khiển, vi điều khiển xử lý kết quả hiển thị các giá trị đo được lên máy tính bằng phần mềm Matlab và xuất tín hiệu điện áp điều khiển van tỷ lệ làm xylanh dẫn động cơ cấu tập theo góc cài đặt.

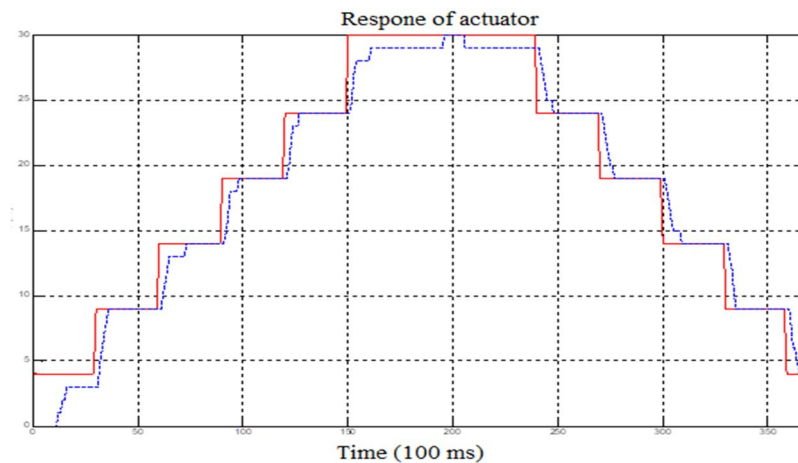
**Bảng 2.** Thông số của thiết bị thực nghiệm

Cảm biến đo góc	+ Encoder 400 xung/vòng
Van tỷ lệ	+ MPYE -5-3/8-010-B hãng Festo
Mạch điều khiển	+ Vi điều khiển Arduino Uno R3 + Màn hình hiển thị: LCD 4x20
Xylanh khí nén	+ Đường kính trong: 40mm + Đường kính piston : 20mm

**Kết quả:** Thực nghiệm tiến hành trên đối tượng với các thông số chiều cao 1,62m và cân nặng 60kg, các số liệu được thu nhận và biểu diễn trên đồ thị bằng phần mềm Matlab. Kết quả cho thấy thiết bị được điều khiển với góc tập luyện thực nghiệm (đồ thị nét đứt) sai số rất ít 2<sup>0</sup> so với giá trị đặt (đồ thị đường nét liền).



**Hình 8.** Đáp ứng của thiết bị với góc tập 30<sup>0</sup>.



**Hình 9.** Đáp ứng của thiết bị với góc tập là hàm Step (5<sup>0</sup>)

#### 4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này đã trình bày ứng dụng của các bộ điều khiển Trượt trên đối tượng cụ thể là điều khiển thiết bị tập khớp gối. Thiết lập được phương trình động lực học của thiết bị và mô phỏng trên phần mềm MatLab với kết quả: Bộ điều khiển Trượt có độ vọt lố 0,05%, thời gian xác lập (0,5 - 1s).

Tiến hành thử nghiệm trên mô hình thực tế với đối tượng cụ thể, kết quả cho thấy khi sử dụng bộ điều khiển Trượt cho kết quả thực nghiệm là độ vọt lố 0.1% thời gian xác lập 1,5s. Sai số góc đặt và góc thực nghiệm là  $\pm 2^0$ , điều này do cảm biến encoder có độ phân giải khá nhỏ ( $1^0$  tương ứng 2 xung). Vì vậy, để giảm sai số này cần tiến hành thực nghiệm với encoder có độ phân giải lớn hơn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. H.Teodorescu, L. C. Jain, 2011. Intelligent Systems and Technologies in Rehabilitation Engineering, CRC Press, Inc., 2001, ch. 3.
- [2]. L. Lünenburger, G. Colombo, R. Riener and Volker Dietz, 2005. Clinical Assessments Performed during Robotic Rehabilitation by the Gait Training Robot Lokomat, *Proc. of IEEE 9<sup>th</sup> International Conference on Rehabilitation Robotics*, pp. 345-348.
- [3]. S.Banala, S.Agrawal and J.Scholz, 2007. Active Link Exoskeleton (ALEX) for Gait Rehabilitation of Motor-Impaired Patients, *Proc. of IEEE 10<sup>th</sup> International Conference on Rehabilitation Robotics*, pp. 401-407.
- [4]. J. Veneman, R. Kruidhof, E. Hekman, R. Ekkelenkamp, E. Van Asseldonk and H. Van Der Kooij, 2007. Design and evaluation of the LOPES exoskeleton robot for interactive gait rehabilitation, *IEEE Trans. on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, Vol. 15, No.3, pp. 379-386.
- [5]. MKChang, JJ Liou, ML Chen, SW Tsai, 2009. T-S Fuzzy Controller Applied to Lower Limb Rehabilitation Robot Actuated by Pneumatic Muscle Actuators, *Proceedings of 2009 CACS International Automatic Control Conference National Taipei University of Technology*, Taipei, Taiwan, Nov. 27-29, pp.1-6.
- [6]. R.Richardson, A.Jackson, P.Culmer, B.Bhakta and M.C.Levesley, 2006. Pneumatic impedance control of a 3-d.o.f. physiotherapy robot, *Advanced Robotics*, vol. 20, no. 12, pp.1321-1339.
- [7]. Duc Minh Dao, Pham Dang Phuoc, Tran Xuan Tuy, Tram Thuy Le.(2017). Research on reading muscle signals from EMG sensor during knee flexion – extension using the Arduino Uno controller. *International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC)*, 18-20 Oct 2017, Quy Nhon City, Viet Nam, 270-273.