

Mã số hồ sơ

(Do bộ phận điều hành Quỹ KHCN-ĐH  
Phenikaa ghi)

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC PHENIKAA**



# **BÁO CÁO TỔNG KẾT**

## **KẾT QUẢ THỰC HIỆN ĐỀ TÀI KHCN CẤP CƠ SỞ**

**Tên đề tài:** Xây dựng luật điều khiển mới cho robot song song  
**Mã số đề tài:** 04-2019.03  
**Chủ nhiệm đề tài:** PGS. TS. Vũ Lê Huy

**Hà Nội, 7/2020**

## PHẦN I. THÔNG TIN CHUNG

1.1. Tên đề tài: Xây dựng luật điều khiển mới cho robot song song

1.2. Mã số: 04-2019.03

1.3. Danh sách thành viên tham gia thực hiện đề tài:

TT	Chức danh, học vị, họ và tên	Đơn vị công tác	Vai trò thực hiện đề tài
1	PGS. TS. Vũ Lê Huy	Khoa Cơ khí – Cơ điện tử	Chủ nhiệm đề tài
2	TS. Nguyễn Đình Dũng	Khoa Cơ khí – Cơ điện tử	Cán bộ tham gia

1.4. Đơn vị chủ trì: Trường Đại học Phenikaa

1.5. Thời gian thực hiện:

1.5.1. Theo hợp đồng: từ tháng 6 năm 2019 đến tháng 6 năm 2020

1.5.2. Gia hạn (nếu có): đến tháng..... năm.....

1.5.3. Thực hiện thực tế: từ tháng 6 năm 2019 đến tháng 6 năm 2020.

1.6. Những thay đổi so với thuyết minh ban đầu (nếu có):

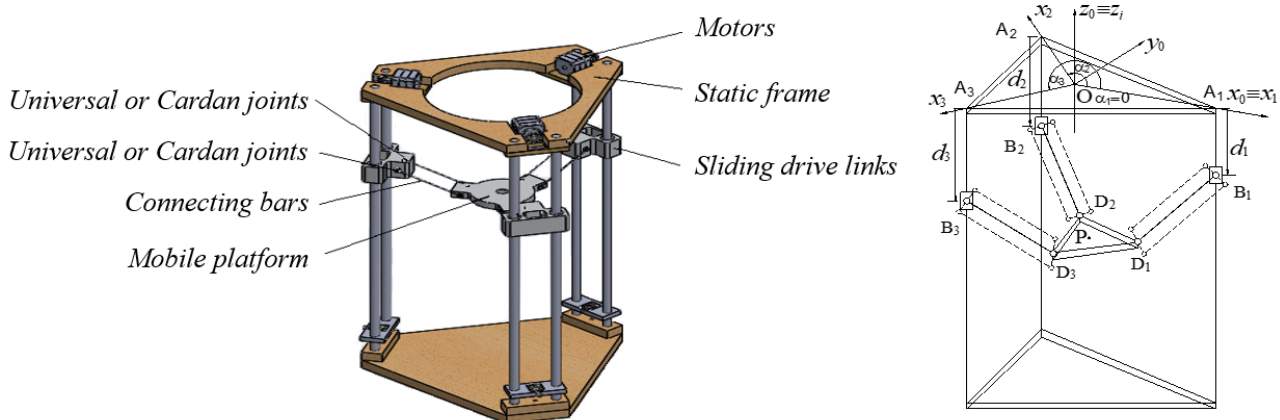
(Về mục tiêu, nội dung, phương pháp, kết quả nghiên cứu và tổ chức thực hiện; Nguyên nhân; Ý kiến của Cơ quan quản lý)

1.7. Tổng kinh phí được phê duyệt của đề tài: 100 triệu đồng.

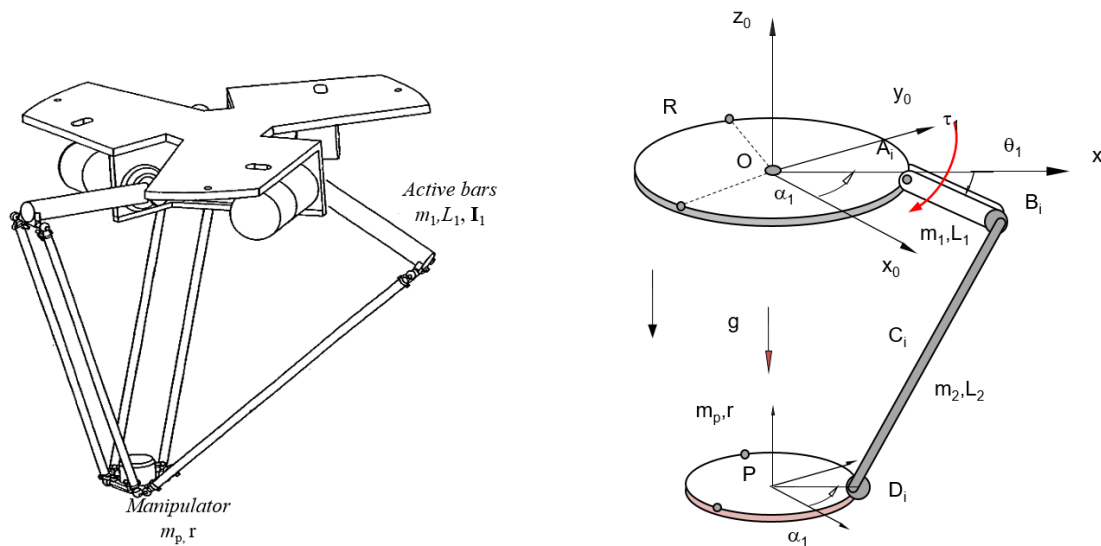
## PHẦN II. ĐÁNH GIÁ TỔNG QUAN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

2.1. Tóm tắt quá trình triển khai đề tài

- Đề tài đã thực hiện xây dựng mô hình cơ học cho 02 loại robot song song là Robot Delta Rostock (Hình 1) và Robot Delta 3RUS (Hình 2)

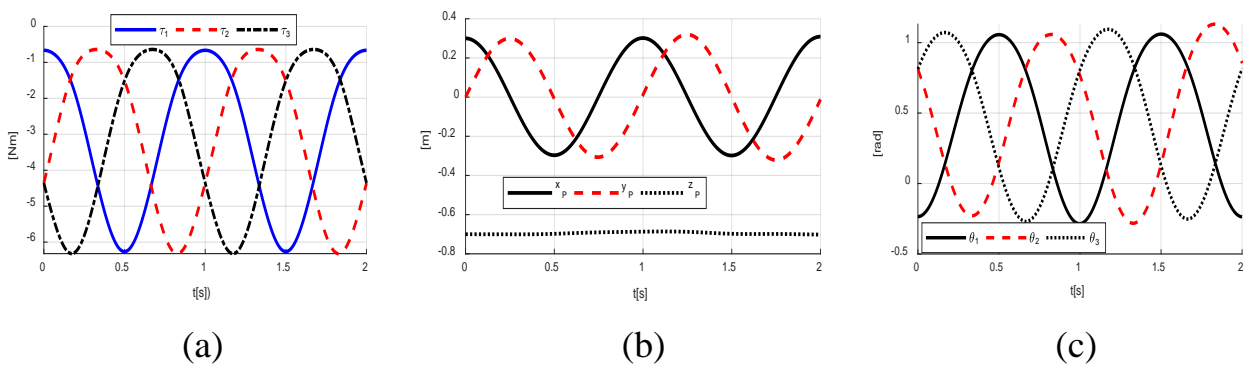


**Hình 1:** Mô hình cơ học Robot Delta Rostock

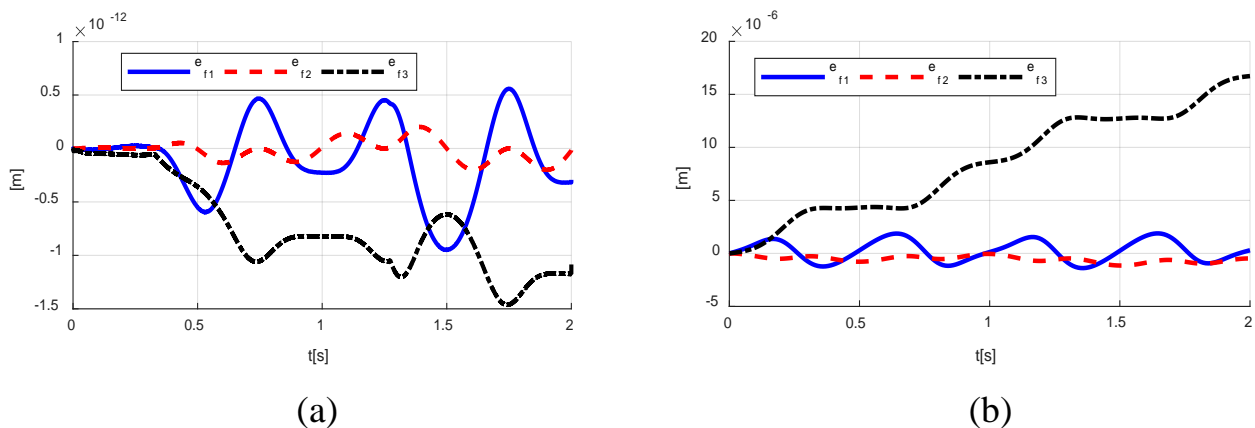


**Hình 2:** Mô hình cơ học Robot Delta 3RUS

- Với mô hình cơ học đã xây dựng được, đề tài đã thực hiện mô phỏng bài toán động lực học của hai loại Robot Delta nói trên. Thông số đầu vào cho bài toán mô phỏng được giả định như trên Hình 3 gồm (a) mô men dẫn, (b) quỹ đạo chuyển động và (c) quỹ đạo của các tọa độ khớp động. Kết quả mô phỏng giải bài toán động lực học được đánh giá bằng sai số của các phương trình liên kết như thể hiện trên Hình 4, trong đó Hình 4(a) là sai số khi sử dụng kỹ thuật ổn định Baumgarte, còn Hình 4(b) là sai số khi không sử dụng kỹ thuật ổn định Baumgarte.



**Hình 3:** Thông số đầu vào của bài toán mô phỏng động lực học



**Hình 4:** Kết quả mô phỏng sai số giải bài toán động lực học

- Trên cơ sở bài toán động lực học thu được, đề tài đã tiến tới xây dựng phương pháp điều khiển Robot song song dựa trên luật điều khiển trượt sử dụng mạng Nơ-ron RBF (Hình 5):

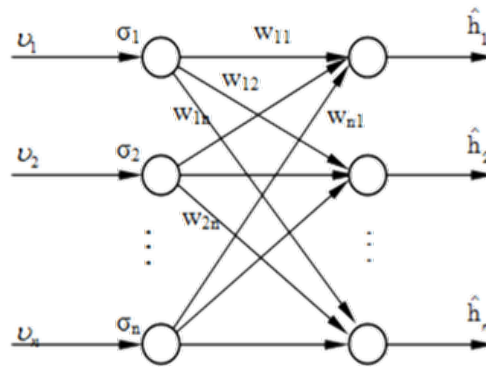
Cấu trúc mạng nơ-ron được lựa chọn là

$$\hat{\mathbf{h}} = [\hat{h}_1, \hat{h}_2, \dots, \hat{h}_{n_a}]^T = \mathbf{W}\boldsymbol{\sigma} = \sum_{i=1}^{n_a} \sigma_i \mathbf{w}_i \quad (1)$$

trong đó:

$\mathbf{w}_i$  là véc-tơ thứ  $i$  của ma trận  $\mathbf{W}$ , trong đó  $w_{ij}$  là trọng số kết nối giữa nơ-ron lớp ẩn và đầu ra của mạng nơ-ron xấp xỉ,

$$\sigma_i \text{ là hàm tác động } \sigma_i = \exp\left[-\frac{(v_i - C_i)^2}{\lambda_i^2}\right]$$



**Hình 5:** Mạng nơ-ron RBF

Luật điều khiển  $u$  và mạng nơ-ron thuật học được lựa chọn là

$$\mathbf{u} = \bar{\mathbf{M}}(\mathbf{s})\ddot{\mathbf{q}}_a^d + \bar{\mathbf{C}}(\mathbf{s}, \dot{\mathbf{s}})\dot{\mathbf{q}}_a^d + \bar{\mathbf{g}} + \bar{\mathbf{d}} - \bar{\mathbf{M}}(\mathbf{s})\boldsymbol{\Lambda}\dot{\mathbf{e}}_a - \bar{\mathbf{C}}(\mathbf{s}, \dot{\mathbf{s}})\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{e}_a - \mathbf{K}\mathbf{v} - \gamma \frac{\mathbf{v}}{\|\mathbf{v}\|} + (1 + \eta)\mathbf{W}\boldsymbol{\sigma} \quad (2)$$

$$\dot{\mathbf{w}}_i = -\eta\sigma_i\mathbf{v} \quad (3)$$

*Bài toán điều khiển được phát biểu như sau:* Tìm luật điều khiển  $\mathbf{u}$  với thuật học  $w_{ij}$  của mạng nơ-ron sao cho mặt phẳng trượt  $\mathbf{v} \rightarrow 0$  và sai số vị trí  $\boldsymbol{\varepsilon} \rightarrow 0$

Chọn hàm xác định dương:

$$V(t) = \frac{1}{2} \left[ \mathbf{v}^T \bar{\mathbf{M}}\mathbf{v} + \sum_{i=1}^{n_a} \mathbf{w}_i^T \mathbf{w}_i \right] \quad (4)$$

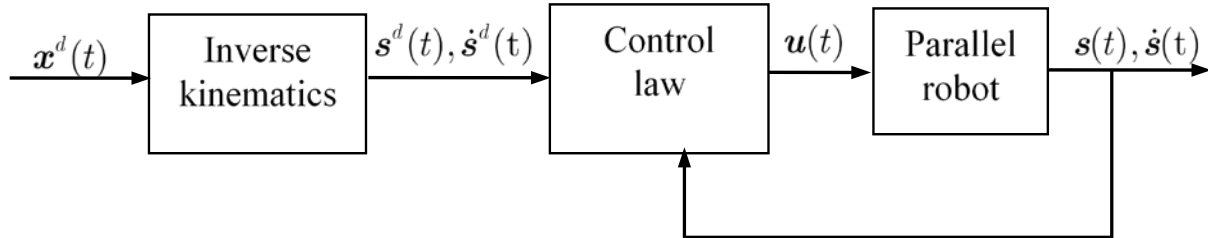
Đạo hàm hàm  $V(t)$  theo thời gian

$$\dot{V}(t) = -\mathbf{v}^T \mathbf{K}\mathbf{v} - \delta \|\mathbf{v}\| - (\varepsilon_0 \|\mathbf{v}\| + \mathbf{v}^T \boldsymbol{\varepsilon}) \quad (5)$$

Do  $\|\boldsymbol{\varepsilon}\| < \varepsilon_0$ , nên  $\dot{V}(t) < 0$  với mọi  $\mathbf{v} \neq 0$  và  $\dot{V}(t) = 0$  chỉ khi  $\mathbf{v} = 0$ .

Theo định lý Liapunov về ổn định tiệm cận thì  $\mathbf{v} \rightarrow \mathbf{0}$  khi  $t \rightarrow \infty$ , do đó suy ra được  $\mathbf{e}_a(t) = \mathbf{q}_a(t) - \mathbf{q}_a^d(t) \rightarrow \mathbf{0}$ .

Từ mô hình robot và luật điều khiển đã trình bày ở trên, sơ đồ mô phỏng điều khiển của robot được xây dựng như Hình 6.



**Hình 6:** Sơ đồ mô phỏng điều khiển robot

- Mô phỏng số điều khiển robot song song được thực hiện trên Matlab\ Simulink với các tham số của robot và chuyển động mong muốn được cho như sau:

$$L = 0.242; R = 0.16; r = 0.03 (m); a_1 = 0; a_2 = 2\rho/3; a_3 = 4\rho/3; m_1 = 0.12; m_2 = 2 \cdot 0.15; m_p = 0.2(kg);$$

$$I_1 = \text{diag}(0, m_1 L^2 / 12, m_1 L^2 / 12); x_p^d = -0.05 \cos(2pt); y_p^d = 0.05 \sin(2pt); z_p^d = -0.5 (m)$$

Điều kiện đầu, vị trí tâm bàn máy động được cho:

$$x_p(t=0) = -0.04; y_p(t=0) = -0.01; z_p(t=0) = -0.495$$

Các tham số bộ điều khiển:

$$\mathbf{K} = \text{diag}(15, 15, 15); \mathbf{\Lambda} = \text{diag}(10, 10, 10); \eta = 1.1; \gamma = 200;$$

$$\chi_1 = 1; \chi_2 = 2; \chi_3 = 3; c_1 = 0.01; c_2 = 0.02; c_3 = 0.03;$$

Nghiên cứu đã thực hiện mô phỏng điều khiển cho 2 trường hợp:

+ Robot chính xác và không có nhiễu (Hình 7 và Hình 8)

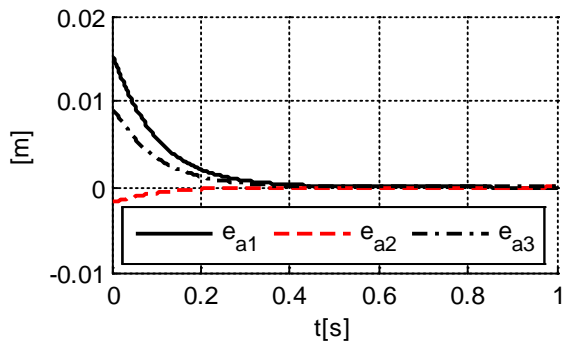
+ Robot có sai số và nhiễu trong quá trình vận hành (Hình 9 và Hình 10). Trường hợp này được thực hiện với sai số của mô hình và nhiễu được giả sử như sau

$$\mathbf{d}(t) = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} \sin 20t & \cos 20t & \sin 20t & \cos 20t \dots \end{bmatrix} \mathbf{e}_{12}$$

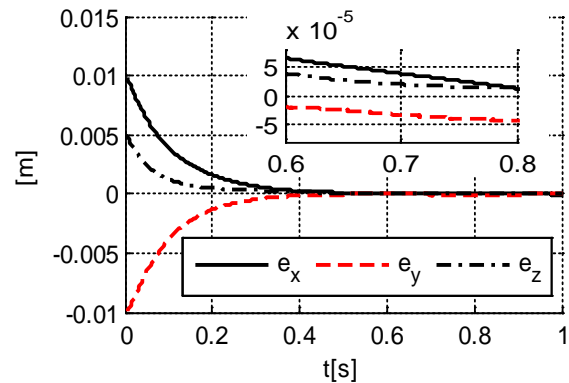
$$\mathbf{DM}(\mathbf{s}) = 20\% \mathbf{M}(\mathbf{s}); \mathbf{DC}(\mathbf{s}, \mathbf{s}) = 20\% \mathbf{C}(\mathbf{s}, \mathbf{s}); \mathbf{Dg}(\mathbf{s}) = 20\% \mathbf{g}(\mathbf{s})$$

Sai số bám quỹ đạo của các khâu chủ động và khâu thao tác đều tiến về xấp xỉ 0 sau khoảng thời gian 0.2 (s). Phương pháp điều khiển dựa trên nguyên lý trượt sử dụng mạng nơ ron cho sai số vị trí tâm khâu thao tác  $\sim 10^{-5}$  (m) (xem hình 8) trong trường hợp biết chính xác các tham số động lực của robot. Khi các tham số động lực của robot sai số khoảng 20% và robot có nhiễu về lực khi làm việc thì sai số vị trí tâm khâu thao tác là cũng khá tốt  $\sim 10^{-4}$  (m) (xem hình 10).

## Điều khiển trượt khi robot chính xác và không có nhiễu

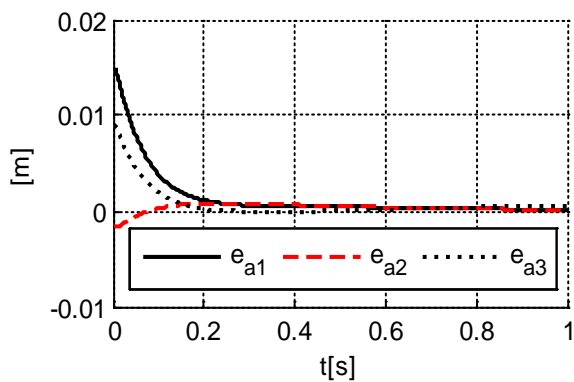


**Hình 7:** Sai số vị trí các khớp chủ động

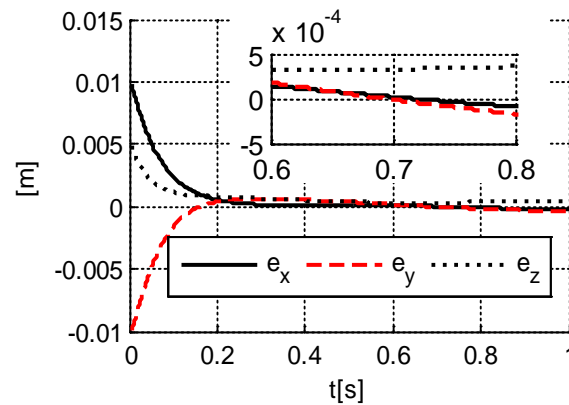


**Hình 8:** Sai số vị trí tâm bàn máy động

## Điều khiển trượt khi robot có sai số và nhiễu



**Hình 9:** Sai số vị trí các khớp chủ động



**Hình 10:** Sai số vị trí tâm bàn máy động

### 2.2. Đánh giá sơ bộ kết quả thực hiện đề tài đạt được so với Thuyết minh và Hợp đồng đã ký

Về cơ bản, nội dung đạt được của đề tài đã bám sát với thuyết minh đã đề xuất. Tuy nhiên do tình hình phức tạp của dịch bệnh COVID19 nên việc xây dựng mô hình thực để lấy kết quả thực nghiệm gặp khó khăn. Nhóm nghiên cứu đề tài mới chỉ sử dụng được phương pháp mô phỏng để thực hiện đề tài. Việc thiếu kết quả thực nghiệm dẫn tới khó công bố sản phẩm đề tài ở tạp chí ISI. Do vậy, nhóm thực hiện đề tài xin đề xuất thay đổi sản phẩm đề tài khoa học từ bài báo ISI thành bài báo Scopus.

## PHẦN III. SẢN PHẨM, CÔNG BỐ VÀ KẾT QUẢ ĐÀO TẠO CỦA ĐỀ TÀI

### 3.1. Kết quả nghiên cứu

TT	Danh mục sản phẩm	Yêu cầu khoa học	
		Đăng ký	Đạt được

1	Tạp chí ISI	<b>01</b>	
2	Tạp chí Scopus		<b>01</b>
3	Thiết bị; Quy trình công nghệ; giải pháp hữu ích		
4	Tạp chí quốc tế khác		
5	Tạp chí quốc gia có uy tín		
6	Hội nghị khoa học quốc tế, quốc gia	<b>01</b>	<b>01</b>
7	Khác		

### 3.2. Hình thức, cấp độ công bố kết quả

<b>TT</b>	<b>Sản phẩm</b>	<b>Tình trạng</b> ( <i>Đã in/ chấp nhận in/ đã nộp đơn/ đã được chấp nhận đơn hợp lệ/ đã được cấp giấy xác nhận SHTT/ xác nhận sử dụng sản phẩm</i> )	Ghi địa chỉ và cảm ơn sự tài trợ của Trường ĐH Phenikaa đúng quy định	<b>Đánh giá chung</b> ( <i>Đạt, không đạt</i> )
1	Công trình công bố trên tạp chí ISI			
1.1				
1.2				
2	Bài báo thuộc hệ thống Scopus			
2.1	Vu Le Huy, Nguyen Dinh Dung, Tracking Control of Parallel Robot Manipulators Using RBF Neural Network, Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN: 2194-5357, vol. 1254 (Research in Intelligent and Computing in Engineering, ISBN 978-981-15-7526-6), 2020	Chấp nhận in	Đúng quy định	
2.2				
3	Bài báo quốc tế khác			
3.1				
3.1				
4	Bài báo trong nước			
4.1				
4.2				
5	Bài báo hội nghị			
5.1	Vu Le Huy, Nguyen Dinh Dung, Forward Dynamics of a 3RUS Delta Parallel Robot, Proceedings of the 5th International Conference on Engineering	Đã in	Đúng quy định	

	Mechanics and Automation - ICEMA5, 2019, pp. 308-318			
5.2				
6	Đăng ký sở hữu trí tuệ			
6.1				
6.2				
	Sản phẩm khác			

**Ghi chú:**

- *Cột sản phẩm khoa học công nghệ: Liệt kê các thông tin các sản phẩm KHCN theo thứ tự <tên tác giả, tên công trình, tên tạp chí/nhà xuất bản, số phát hành, năm phát hành, trang đăng công trình, mã công trình đăng tạp chí/sách chuyên khảo (DOI), loại tạp chí ISI/Scopus>*
- *Các ấn phẩm khoa học (bài báo, báo cáo KH, sách chuyên khảo...) chỉ được chấp nhận nếu có ghi nhận địa chỉ và cảm ơn tài trợ của Trường Đại học Phenikaa theo đúng quy định.*
- *Bản phô tô toàn văn các ấn phẩm này phải đưa vào phụ lục các minh chứng của báo cáo. Riêng sách chuyên khảo cần có bản phô tô bìa, trang đầu và trang cuối có ghi thông tin mã số xuất bản.*

**3.3. Kết quả đào tạo (nếu có)**

TT	Họ và tên	Thời gian và kinh phí tham gia đề tài (số tháng/số tiền)	Công trình công bố liên quan (Sản phẩm KHCN, luận án, luận văn)	Đã bảo vệ
Nghiên cứu sinh				
1				
Học viên cao học				
1				
Sinh viên nghiên cứu khoa học				
1				

**PHẦN IV. TÌNH HÌNH SỬ DỤNG KINH PHÍ**

T T	Nội dung chi	Kinh phí được duyệt (triệu đồng)	Kinh phí thực hiện (triệu đồng)	Ghi chú
1	Nguyên, nhiên vật liệu, ...	60,000,000	0	
2	Thiết bị, dụng cụ	20,000,000	0	
3	Công tác phí			
4	Dịch vụ thuê ngoài	15,000,000	0	
5	Hội nghị, Hội thảo, kiểm tra tiến độ, nghiệm thu	5,000,000	10,862,800	
	<b>Tổng số</b>	<b>100,000,000</b>	<b>10,862,800</b>	

**PHẦN V. KIẾN NGHỊ** (về phát triển các kết quả nghiên cứu của đề tài; về quản lý, tổ chức thực hiện ở các cấp)



**PHẦN VI. PHỤ LỤC** (*minh chứng các sản phẩm nêu ở Phần III*)

- *Đối với bài báo khoa học, Bằng sáng chế, Giải pháp công nghệ,... in các minh chứng kèm theo.*

*Hà Nội, ngày ..... tháng..... năm .....*

**Đơn vị chủ trì đề tài**  
*(Thủ trưởng đơn vị ký tên, đóng dấu)*

**Chủ nhiệm đề tài**  
*(Họ tên, chữ ký)*