

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**BÁO CÁO ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU CẤP BỘ**

**Nghiên cứu thuật toán tìm nghiệm tối ưu toàn cục trong quá trình luyện mạng nơ-ron - ứng dụng để nhận dạng, điều khiển đối tượng động học phi tuyến.**

Mã số: **B2009 – TN 02 - 13**

Chủ nhiệm đề tài:  
**ThS. Nguyễn Thị Thanh Nga**

**Thái Nguyên, 2011**

#### **NHỮNG NGƯỜI THAM GIA THỰC HIỆN ĐỀ TÀI**

1. NCS. Nguyễn Thị Thanh Nga, Khoa Điện - Trường ĐHKTCN, *Thạc sỹ Chuyên ngành: Tự động hóa.*
2. PGS.TS. Nguyễn Hữu Công, Khoa Điện tử - Trường ĐHKTCN, *Tiến sỹ Chuyên ngành: Điều khiển tự động.*
3. TS. Đỗ Trung Hải, Khoa Điện – Trường ĐHKTCN, *Tiến sỹ Chuyên ngành: Tự động hóa.*
4. ThS. Chu Minh Hà, Khoa Điện – Trường ĐHKTCN, *ThS. Chuyên ngành: Tự động hóa.*
5. KS. Đỗ Duy Cốp, Khoa Điện tử - Trường ĐHKTCN.
6. ThS. Ngô Minh Đức, Khoa Điện – Trường ĐHKTCN, *ThS. Chuyên ngành: Tự động hóa.*
7. CN. Ng. Thị Kim Chung, Phòng QLKH& QHQT - Trường ĐHKTCN.

#### **ĐƠN VỊ PHỐI HỢP CHÍNH**

1. Trung tâm thí nghiệm - Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – ĐHTN
2. Khoa điện – Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp - ĐHTN
3. Khoa điện tử – Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp - ĐHTN
4. Công ty TNHH một thành viên Phát triển Công nghệ Điện tử Tự động hoá, Viện NC Điện tử, Tin học, Tự động hoá.

## MỤC LỤC

NHỮNG NGƯỜI THAM GIA THỰC HIỆN ĐỀ TÀI .....	1
ĐƠN VỊ PHỐI HỢP CHÍNH.....	1
MỤC LỤC .....	3
DANH MỤC BẢNG BIỂU .....	4
DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT .....	6
THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU .....	7
MỞ ĐẦU .....	11
<b>CHƯƠNG 1 : GIỚI THIỆU VỀ VIỆC ỨNG DỤNG MẠNG NƠ-RON TRONG NHẬN DẠNG VÀ ĐIỀU KHIỂN ĐỐI TƯỢNG ĐỘNG HỌC PHI TUYẾN.....</b>	<b>13</b>
1.1. Giới thiệu tóm tắt về mạng nơ-ron.....	13
1.1.1. <i>Mạng nơ-ron sinh học</i> .....	13
1.1.2. <i>Mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural network - ANN)</i> .....	14
1.1.3. <i>Cấu trúc mạng nơ-ron</i> .....	15
1.1.4. <i>Huấn luyện mạng nơ-ron</i> .....	17
1.2. Nhận dạng đối tượng động học phi tuyến sử dụng mạng nơ-ron .....	19
1.2.1. <i>Giới thiệu hệ động học phi tuyến</i> .....	19
1.2.2. <i>Nhận dạng hệ động học phi tuyến</i> .....	20
1.2.3. <i>Nhận dạng hệ thống sử dụng mạng nơ-ron</i> .....	22
1.2.3.1. Khả năng sử dụng mạng nơ-ron trong nhận dạng.....	22
1.2.3.2. Mô hình nhận dạng hệ thống sử dụng mạng nơ-ron.....	23
1.2.3.3. Nhận dạng hệ thống sử dụng mạng nơ-ron .....	26
1.3. Thiết kế bộ điều khiển nơ-ron theo mô hình mẫu .....	29
1.3.1. <i>Hệ thống điều khiển theo mô hình mẫu</i> .....	29
1.3.2. <i>Hệ thống điều khiển theo mô hình mẫu trên cơ sở mạng nơ-ron</i> .....	29
1.4. Kết luận chương 1.....	30
<b>CHƯƠNG 2: NGHIÊN CỨU THUẬT TOÁN TÌM NGHIỆM TỐI ƯU TOÀN CỤC TRONG QUÁ TRÌNH LUYỆN MẠNG NƠ-RON .....</b>	<b>31</b>
2.1. Lan truyền ngược.....	31
2.1.1. <i>Mặt chất lượng</i> .....	33
2.1.2. <i>Tính hội tụ và điều kiện tối ưu</i> .....	34
2.1.2.1. Tính hội tụ.....	34
2.1.2.2. Điều kiện tối ưu .....	35
2.2 Thuật toán vượt khe .....	38

2.2.1. <i>Giới thiệu</i> .....	40
2.2.2. <i>Nguyên lý vượt khe</i> .....	41
2.2.3. <i>Xác định bước vượt khe</i> .....	44
2.3 <b>Giải thuật di truyền GA</b> .....	48
2.4 <b>Luyện mạng nơ-ron kết hợp thuật toán vượt khe và giải thuật di truyền</b> ....	50
<b>CHƯƠNG 3: ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN VƯỢT KHE TRONG QUÁ TRÌNH LUYỆN MẠNG NƠ-RON</b> .....	52
3.1. <b>Công tác chuẩn bị</b> .....	52
3.1.1. <i>Điều chỉnh trọng số lớp ra</i> .....	52
3.1.2. <i>Điều chỉnh trọng số lớp ẩn</i> .....	53
3.2. <b>Ví dụ 1</b> .....	55
3.2.1. <i>Cấu trúc mạng</i> .....	55
3.2.2. <i>Các thư viện và hàm mạng</i> .....	73
3.2.2.1. Thư viện .....	57
3.2.2.2. Hàm khởi tạo trọng số.....	58
3.2.2.3. Thủ tục tính bước học vượt khe .....	59
3.2.2.4. Thủ tục huấn luyện mạng, HUANLUYENVUOTKHE() .....	61
3.2.3. <i>Kết quả chạy chương trình và so sánh</i> .....	61
3.2.3.1. Chạy chương trình. ....	61
3.2.3.2. So sánh các phương án.....	64
3.3. <b>Ví dụ 2</b> .....	66
3.3.1. <i>Nhận dạng hệ thống động học phi tuyến</i> .....	66
3.3.2. <i>Mô hình toán học của hệ thống xử lý nước thải</i> .....	66
3.3.3. <i>Ứng dụng mạng nơ-ron để nhận dạng đối tượng</i> .....	68
3.4. <b>Ví dụ 3</b> .....	70
3.4.1. <i>Thiết kế bộ điều khiển nơ-ron theo mô hình mẫu</i> .....	70
3.4.2. <i>Mô hình mạng nơ-ron của bộ điều khiển</i> .....	71
3.5. <b>Ví dụ 4</b> .....	73
3.6. <b>Kết luận chương 3</b> .....	76
3.7. <b>Hướng phát triển tiếp theo</b> .....	76
PHỤ LỤC 1.....	77
PHỤ LỤC 2.....	92
PHỤ LỤC 3.....	96
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	98

## DANH MỤC BẢNG BIỂU, HÌNH VẼ

<i>Bảng 1.1: Các hàm cơ bản</i> .....	1
<i>Bảng 3.1. Các hàm kích hoạt (transfer function) tiêu biểu</i> .....	73
<i>Bảng 3.2: Tập hồ sơ mẫu đầu vào {0 1 2 3 4 5 6 7 8 9}</i> .....	81
<i>Hình 1.1: Mạng nơ-ron đơn giản gồm 2 nơ-ron</i> .....	13
<i>Hình 1.2: Mô hình nơ-ron nhiều đầu vào</i> .....	14
<i>Hình 1.3: Mạng nơ-ron có đặc tính động học và tuyến tính</i> .....	16
<i>Hình 1.4: Sơ đồ dùng để huấn luyện mạng</i> .....	18
<i>Hình 1.5: Điều khiển theo nguyên tắc phản hồi đầu ra</i> .....	20
<i>Hình 1.6: Mô hình nhận dạng cơ bản</i> .....	24
<i>Hình 1.7: Bổ sung thông tin đầu vào cho mạng</i> .....	24
<i>Hình 1.8: Mô hình mạng nơ-ron nhiều lớp</i> .....	25
<i>Hình 1.9: Mô hình nhận dạng song song</i> .....	27
<i>Hình 1.10: Mô hình nhận dạng nối tiếp - song song</i> .....	28
<i>Hình 1.11. Nhận dạng hệ phi tuyến dùng mạng nơ-ron</i> .....	28
<i>Hình 1.12: Sơ đồ hệ thống điều khiển mô hình mẫu</i> .....	29
<i>Hình 1.13: Sơ đồ hệ thống điều khiển mô hình mẫu sử dụng mạng nơ-ron</i> .....	29
<i>Hình 1.14: Sơ đồ hệ thống huấn luyện NN controller</i> .....	30
<i>Hình 2.1: Mặt sai số dạng lòng khe</i> .....	33
<i>Hình 2.2: Quỹ đạo dao động với sai số dạng lòng khe</i> .....	35
<i>Hình 2.3: Hàm khe</i> .....	42
<i>Hình 2.4: Xác định bước vượt khe <math>\alpha^v</math></i> .....	44
<i>Hình 2.5: Lưu đồ thuật toán tính bước vượt khe</i> .....	47
<i>Hình 2.6: Bước lặp <math>k = 1</math></i> .....	48
<i>Hình 2.7: Chu kỳ hoạt động của giải thuật di truyền</i> .....	49
<i>Hình 2.8: Sơ đồ thuật toán kết hợp giải thuật vượt khe và di truyền cho luyện mạng MLP</i> .....	50
<i>Hình 3.1: Cấu trúc mạng nơ-ron</i> .....	56
<i>Hình 3.2: Sơ đồ nhận dạng hệ thống xử lý nước thải bằng mạng nơ-ron</i> .....	66
<i>Hình 3.3: Sơ đồ hệ thống xử lý nước thải</i> .....	67
<i>Hình 3.4 Tập mẫu vào ra của bể xử lý nước thải</i> .....	68
<i>Hình 3.5: Đồ thị sai lệch giữa mô hình nơ-ron và mô hình đối tượng</i> .....	69
<i>Hình 3.6 Sơ đồ huấn luyện bộ điều khiển nơ-ron NN controller</i> .....	70
<i>Hình 3.7: Sơ đồ hệ thống điều khiển</i> .....	71

<i>Hình 3.8: Hàm trọng lượng của mô hình mẫu.....</i>	<i>71</i>
<i>Hình 3.9: Mô hình mẫu trong Simulink .....</i>	<i>72</i>
<i>Hình 3.10: Đồ thị sai lệch giữa tín hiệu ra của đối tượng và mô hình mẫu.....</i>	<i>73</i>
<i>Hình 3.10: Hoạt động của mạng MLP thuần túy và MLP cải tiến.....</i>	<i>76</i>

## CÁC TỪ VIẾT TẮT

ADLINE	ADaptive Linear Neural, mạng tuyến tính thích nghi đơn lớp
ANN	Artificial Neural Network, mạng nơ-ron nhân tạo
BPTT	BackPropagation-Through-Time, lan truyền ngược xuyên tâm
LDDN	Layered Digital Dynamic Network, mạng nơ-ron động
LMS	Least Mean Square, trung bình bình phương nhỏ nhất
NNs	Neural NetworkS, mạng nơ-ron
RTRL	Real-Time Recurrent Learning, thuật học hồi qui thời gian thực
SDBP	Steepest Descent BackProbagation, thuật toán lan truyền ngược giảm dốc nhất
OBP	Optical BackProbagation, thuật toán lan truyền ngược “tốc độ ánh sáng”
VLBP	Variable Learning rate BackProbagation algorithm, thuật toán lan truyền ngược với tốc độ học thay đổi.

# TÓM TẮT KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CẤP BỘ

Tên đề tài: Nghiên cứu thuật toán tìm nghiệm tối ưu toàn cục trong quá trình luyện mạng nơ-ron - ứng dụng để nhận dạng, điều khiển đối tượng động học phi tuyến.

Mã số: **B2009 – TN 02 - 13**

Chủ nhiệm đề tài: **ThS. Nguyễn Thị Thanh Nga**

E mail: [nguyenthithanhnga-tdh@tnut.edu.vn](mailto:nguyenthithanhnga-tdh@tnut.edu.vn);

Cơ quan chủ trì đề tài: **Đại học Thái Nguyên;**

Đơn vị phối hợp chính: **Khoa Điện, Khoa Điện tử, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – Đại học Thái Nguyên;**

Thời gian thực hiện: **24 tháng** (Từ tháng 04/2009 đến tháng 04/2011)

## 1. Mục tiêu

- Đưa ra được thuật toán tìm nghiệm tối ưu toàn cục trong quá trình luyện mạng nơ-ron.

- Áp dụng trong thực tế để điều khiển hệ thống xử lý nước thải, cánh tay robot hoặc đối tượng phi tuyến khác trong công nghiệp.

## 2. Nội dung chính

- Nghiên cứu lí thuyết về mạng nơ-ron trong nhận dạng và điều khiển đối tượng động học phi tuyến.

- Nghiên cứu lí thuyết về thuật toán vượt khe và xây dựng thuật toán tính bước học vượt khe.

- Xây dựng thuật toán huấn luyện mạng nơ-ron kết hợp giữa thuật toán lan truyền ngược và bước học vượt khe.

- Viết và cài đặt chương trình huấn luyện mạng nơ-ron trên C++ để giải bài toán tối ưu tĩnh.

- Viết và cài đặt chương trình huấn luyện mạng nơ-ron trên Matlab để nhận dạng và điều khiển đối tượng động học phi tuyến.

## 3. Kết quả chính đạt được

### 3.1. Sản phẩm khoa học

1. Cong Nguyen Huu, Dung Nguyen Tien, Nga Nguyen Thi Thanh; ***Research and Development of an adaptive control system for extremal systems***; The 2009 International Forum On Strategic Technologies (IFOST 2009); October 21 – 23, 2009



– Ho Chi Minh city, Vietnam; Session 5 - Renewable Energy and Energy Conservation, page 235 - 238.

2. Cong Nguyen Huu, Nga Nguyen Thi Thanh, Huy Nguyen Phuong; ***Research on the application of genetic algorithm combined with the “cleft-overstep” algorithm for improving learning process of MLP neural network with special error surface.***; The 7th International Conference on Natural Computation (ICNC'11) and the 8th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD'11), 2011.

3. Nguyễn Hữu Công, Nguyễn Thị Thanh Nga, Phạm Văn Hưng; ***Nghiên cứu ứng dụng mạng hồi quy thời gian liên tục trong nhận dạng và điều khiển hệ thống xử lý nước thải***, Tạp chí khoa học công nghệ Đại học Thái Nguyên số 12 tập 74 năm 2010.

### ***3.2. Sản phẩm đào tạo***

1. Luận văn cao học (2):

- “Nghiên cứu ứng dụng mạng nơ-ron trong nhận dạng và điều khiển đối tượng động học phi tuyến”, 2010. Học viên: Phạm Văn Hưng. GVHD: PGS.TS: Nguyễn Hữu Công.

- Luận văn cao học: “Ứng dụng mạng nơ-ron chẩn đoán sự cố trong máy biến áp lực”, 2010. Học viên: Bùi Đức Cường. GVHD: PGS.TS: Nguyễn Hữu Công.

2. 01 đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường:

“Nghiên cứu một phương pháp mới giải bài toán tối ưu tĩnh với hàm mục tiêu có dạng đặc biệt”, 2011. Chủ nhiệm đề tài: KS. Đỗ Duy Cốp

3. Hướng dẫn 01 đề tài Nghiên cứu khoa học sinh viên.

“Ứng dụng thuật toán vượt khe để nhận dạng đối tượng điều khiển trong bài toán điều khiển quá trình”. Sinh viên: Nguyễn Tiến Mạnh. GVHD: Nguyễn Thị Thanh Nga.

# SUMMARY RESEARCH RESULT OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL THEME IN MINISTRY LEVEL

Topic: Research the algorithm to find global optimal solution in process of training neural network – Applying to identify, control kinematics nonlinear object.

**Code: B2009 – TN02 - 13**

**Promotor: Master of science Nguyen Thi Thanh Nga**

E mail: [nguyenthithanhnga-tdh@tnut.edu.vn](mailto:nguyenthithanhnga-tdh@tnut.edu.vn);

**Administrative agency: Thai Nguyen University**

**Co-ordinate agency: The Faculty of Electrical Engineering + The Faculty of Electronics Engineering, Thai Nguyen University of Technology**

Time: 24 months (From 04/2009 to 04/2011)

## 4. Objects

- Offer the algorithm to find global optimal solution in process of training neural network

- Apply in practice to control sewage treatment system, robot arm or other nonlinear objects in industry

## 2. Content

- Theoretical research about neural network in identifying and controlling kinematic nonlinear object.

- Theoretical research about cleft – overstep algorithm and build the algorithm to calculate steps

- Build the algorithm to train neural network in combining between back propagation and cleft - overstep

- Write and install the program to train neural network by C++ to solve static optimal problem

- Write and install program to train neural network by Matlab to identify and control kinematics nonlinear object.

## 3. Results:

### 3.1. Scientific products

1. Cong Nguyen Huu, Dung Nguyen Tien, Nga Nguyen Thi Thanh; ***Research and Development of an adaptive control system for extremal systems***; The 2009 International Forum On Strategic Technologies (IFOST 2009); October 21 – 23, 2009 – Ho Chi Minh city, Vietnam; Session 5 - Renewable Energy and Energy Conservation, page 235 - 238.

2. Cong Nguyen Huu, Nga Nguyen Thi Thanh, Huy Nguyen Phuong; ***Research on the application of genetic algorithm combined with the “cleft-overstep” algorithm***