

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**

LÊ THỊ HUYỀN LINH

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT ĐIỀU KHIỂN HIỆN ĐẠI
XÂY DỰNG MÔ HÌNH TRONG ĐIỀU KHIỂN DỰ BÁO PHI TUYẾN**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT
Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa

THÁI NGUYÊN 2015

LỜI CAM ĐOAN

Tôi tên là Lê thị Huyền Linh, tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của cá nhân tôi dưới sự hướng dẫn của tập thể các nhà khoa học và các tài liệu tham khảo đã trích dẫn. Kết quả nghiên cứu là trung thực và chưa được công bố trên bất cứ một công trình nào khác.

Thái Nguyên, ngày 5 tháng 8 năm 2015

Tác giả luận án

Lê Thị Huyền Linh

LỜI CẢM ƠN

Trong suốt quá trình làm luận án, thực sự đã có những lúc khó khăn, tưởng chừng như không thể tiếp tục, nhờ nhận được sự động viên, giúp đỡ của người thân, bạn bè đồng nghiệp, thầy giáo hướng dẫn và tập thể các nhà khoa học, tôi đã có được kết quả hôm nay. Từ sâu thẳm, tôi xin được trân trọng gửi lời cảm ơn đến tất cả. Cảm ơn những người thầy, người bạn đã đồng hành, giúp đỡ, chia sẻ cùng tôi trong giai đoạn khó khăn, vất vả nhất của chặng đường luận án.

Cũng qua đây, tôi xin được bày tỏ lòng biết ơn chân thành đến thầy giáo hướng dẫn PGS. TS. Lại Khắc Lãi đã tận tình, dìu dắt và định hướng cho tôi trong suốt thời gian qua. Tôi cũng xin được gửi lời cảm ơn sâu sắc và kính trọng đến các thầy cô giáo, các đồng nghiệp trong Khoa Điện, tập thể các nhà khoa học, đã đóng góp những ý kiến quý báu về chuyên môn, quan tâm, tạo điều kiện thuận lợi, giúp đỡ về công việc và thời gian. Cảm ơn Bộ môn Kỹ thuật Điện, Khoa Điện, các Phòng ban của Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp, Đại học Thái Nguyên đã nhiệt tình, tạo điều kiện trong suốt quá trình thực hiện luận án.

Từ sâu tận đáy lòng, tôi muốn được nói lời cảm tạ đến bố mẹ, chị gái, chồng và con gái bé bỏng đã luôn luôn bên tôi, hết lòng thương yêu, quan tâm, sẻ chia, ủng hộ, động viên tinh thần, tình cảm, tạo điều kiện giúp tôi có nghị lực để hoàn thành quyền luận án này.

Tác giả luận án

Lê Thị Huyền Linh

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	iii
MỤC LỤC.....	iv
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....	vii
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	x
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ.....	xi
MỞ ĐẦU.....	1
1. Tính cấp thiết của đề tài luận án.....	1
2. Phạm vi, đối tượng nghiên cứu và phương pháp nghiên cứu	3
3. Mục tiêu của luận án	4
4. Những đóng góp mới về lý luận và thực tiễn của luận án	4
5. Bố cục của luận án	5
CHƯƠNG 1	
TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU	7
1.1. Giới thiệu tổng quan về điều khiển dự báo theo mô hình	7
1.1.1. Khái niệm	7
1.1.2. Nguyên lý của điều khiển dự báo theo mô hình.....	8
1.1.3. Các thành phần chính trong điều khiển dự báo dựa trên mô hình	10
1.2. Những vấn đề liên quan về điều khiển dự báo hệ tuyến tính.....	15
1.3. Các ưu nhược điểm của điều khiển dự báo so với phương pháp khác.....	20
1.4. Những vấn đề liên quan về điều khiển dự báo hệ phi tuyến.....	21
1.5. Đề xuất hướng nghiên cứu giải quyết trong luận án	25
1.6. Kết luận Chương 1	26
CHƯƠNG 2	
NHẬN DẠNG NHIỀU VÀ BÙ NHIỀU CHO LỚP HỆ PHI TUYẾN CÓ TRỄ	27
2.1. Tổng quát chung về nhận dạng và mạng nơron	27
2.1.1 Khái niệm về nhận dạng.....	27
2.1.2 Khái quát về cấu trúc mạng nơron	28
2.1.3 Giới thiệu mạng nơron RBF.....	30

2.1.4	Tóm lược về nhận dạng trực tuyến hệ phi tuyến sử dụng mạng nơron nhân tạo	31
2.2.	Bài toán nhận dạng nhiều cho lớp hệ phi tuyến có trễ	32
2.3.	Thuật toán nhận dạng nhiều hệ phi tuyến có trễ trên cơ sở sử dụng mạng nơron RBF khi chỉ có một thành phần nhiễu	33
2.3.1.	Xây dựng thuật toán nhận dạng nhiều.....	33
2.3.2.	Ví dụ minh họa	42
2.4.	Tổng hợp tín hiệu bù nhiễu cho hệ thống có trễ với một kênh điều khiển	45
2.5.	Thuật toán nhận dạng nhiều hệ phi tuyến có trễ trên cơ sở sử dụng mạng nơron RBF khi có nhiều thành phần nhiễu	46
2.5.1.	Xây dựng thuật toán nhận dạng	47
2.5.2.	Ví dụ minh họa	54
2.6.	Xác định điều kiện ứng đối cho việc bù nhiễu trong các hệ thống có trễ với nhiều thành phần nhiễu tác động.....	57
2.7.	Kết luận Chương 2	59

CHƯƠNG 3

TỔNG HỢP BỘ ĐIỀU KHIỂN DỰ BÁO DỰA THEO MÔ HÌNH NỘI CHO ĐỐI TƯỢNG CÓ TRỄ VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN CHO ĐỐI TƯỢNG CSTR		61
3.1.	Đặt vấn đề.....	61
3.2.	Xây dựng tiêu chuẩn tối ưu cho bài toán điều khiển tối ưu và điều khiển dự báo	62
3.3.	Xây dựng thuật toán điều khiển dự báo dựa trên mô hình nội cho lớp đối tượng phi tuyến có trễ trên cơ sở đã nhận dạng và bù nhiễu	66
3.4.	Xây dựng mô hình toán cho đối tượng CSTR.....	71
3.4.1.	Xây dựng mô hình toán cho đối tượng CSTR với một tín hiệu điều khiển ...	76
3.4.2.	Xây dựng mô hình toán cho đối tượng CSTR với hai tín hiệu điều khiển	80
3.5.	Thiết kế mô hình nhận dạng các nhiễu cho đối tượng CSTR	82
3.5.1.	Thiết kế mô hình nhận dạng nhiễu trên hai kênh h và C_b với một tín hiệu điều khiển	82

3.5.2. Thiết kế mô hình nhận dạng nhiễu trên hai kênh h và C_b với hai tín hiệu điều khiển	88
3.6. Xây dựng hệ thống điều khiển dự báo dựa trên mô hình nội cho đối tượng CSTR trên cơ sở đã nhận dạng và bù nhiễu	93
3.6.1. Xây dựng bộ IMPC điều khiển một kênh C_b với một tín hiệu điều khiển	93
3.6.2. Xây dựng bộ IMPC điều khiển đồng thời cả hai kênh C_b và h với hai tín hiệu điều khiển	95
3.7. So sánh bộ điều khiển PID với bộ điều khiển IMPC đã được nhận dạng và bù nhiễu để điều khiển cho đối tượng CSTR	97
3.7.1. So sánh bộ điều khiển PID với bộ điều khiển IMPC điều khiển một kênh C_b với một tín hiệu điều khiển	97
3.7.2. So sánh bộ điều khiển PID và bộ điều khiển IMPC điều khiển đồng thời hai kênh C_b và h với hai tín hiệu điều khiển	101
3.8. Kết luận Chương 3	107
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	108
DANH MỤC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CÓ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN ..	110
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	112

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Danh mục các ký hiệu

DT	thời gian trích mẫu
$\mathbf{X}(t_k)$	trạng thái tại thời điểm t_k
$\mathbf{X}(t_{k+1}), \mathbf{X}(t_{k+2}), \dots$	trạng thái tại thời điểm t_{k+1}, t_{k+2}
$x(t)$	đầu ra của đối tượng điều khiển
$u(t), \mathbf{U}(t)$	tác động điều khiển
τ	thời gian trễ
a_i	các thông số đặc trưng cho động học của đối tượng
$f(\cdot), \mathbf{F}(\mathbf{X}, \mathbf{U})$	vectơ các tác động nhiễu
$\hat{f}(\mathbf{X}, \mathbf{U}), \hat{\mathbf{F}}(\mathbf{X}, \mathbf{U})$	hàm đánh giá của $f(\mathbf{X}, \mathbf{U})$
w_i^*, w_{ij}^*	các trọng số lý tưởng
$\varepsilon, \varepsilon_i$	sai số xấp xỉ
ε_M	số nhỏ nhất bất kỳ cho trước
$\varepsilon^*, \varepsilon_i^*$	sai số xấp xỉ lý tưởng
\hat{w}_i, \hat{w}_{ij}	các trọng số đánh giá
$\vartheta_i, \vartheta_{ij}$	sai lệch trọng số đánh giá
$\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{D}$	các ma trận thông số đặc trưng của đối tượng
\mathbf{O}	ma trận với tất cả các thành phần bằng không
\mathbf{I}_m	ma trận đơn vị
$f_i(\mathbf{X})$	các hàm cơ sở
C_i, C_{ij}	tâm của hàm cơ sở
s_i, s_{ij}	độ trải rộng của hàm cơ sở
$e(t), \mathbf{E}(t)$	sai số trạng thái đầu ra
$f^q(\mathbf{X})$	sai số nhiễu đối tượng thực và nhiễu đánh giá
\mathbf{P}, \mathbf{Q}	ma trận đối xứng xác định dương
$r_{\min}(\mathbf{Q}), r_{\max}(\mathbf{Q})$	giá trị riêng nhỏ nhất, lớn nhất của ma trận \mathbf{Q}
λ, λ_0	hệ số dương $\lambda > 0, \lambda_0 > 0$

$\bar{\mathbf{P}}_n, \bar{\mathbf{P}}_{n-m_2+i}$	dòng thứ n và $n - m_2 + i$ của ma trận \mathbf{P}
$u_{dk}(t), \mathbf{U}_{dk}(t)$	tín hiệu điều khiển
$u_b(t), \mathbf{U}_b(t)$	tín hiệu điều khiển bù
$\mathbf{R}(\mathbf{B}), \mathbf{R}(\mathbf{D})$	không gian hạng của ma trận \mathbf{B}, \mathbf{D}
\mathbf{X}, \mathbf{U}	các tập Compact
h	mức dung dịch
C_b	nồng độ dung dịch
l	khoảng cách từ van đến thành bình
T_1, T_2, T_3	các van điện
T	hằng số thời gian
m_{v1}, m_{v2}, m_{v3}	lưu lượng của các dung dịch
K	hệ số truyền của van điện
φ	góc mở van

Danh mục các chữ viết tắt

ARMAX	Autoregressive Moving Average with Exogenous
CSTR	Continuous Stirred Tank Reactor
DMC	Dynamic matrix control
DLP	Double-Layer Perceptron feedforward neural network
EHAC	Extended Horizon Adaptive Control
FIR	Finite Impulse Response
HEICON	Hierarchical Constraint Control
IMPC	Internal Model Predictive Control
GPC	Generalized Predictive Control
LS	Least Squares
MAC	Model Algorithmic Control
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MPC	Model Predictive Control
NAV	Nonlinear Absolute Values

OPC	Optimum Predictive Control
PFC	Predictive Functional Control
PID	Proportional Integral Derivative
RMPCT	Robust MPC Technology
RBF	Radial Basic Funtions
SMC	Sequential Monte Carlo
SISO	Single Input Single Output

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1. Bảng phân loại một số phương pháp sử dụng cho xây dựng mô hình, giải bài toán tối ưu cho đối tượng tuyến tính, phi tuyến trong MPC	14
Bảng 1.2. Bảng tóm lược một số phương pháp nhận dạng mô hình dự báo của một số phương pháp MPC.....	17
Bảng 1.3. Bảng tóm lược một số kỹ thuật MPC của một số hãng trên thế giới	17