

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

**PHÙNG THỊ CHÍNH**

**NGHIÊN CỨU THUẬT TOÁN GIẢM BẠC MÔ HÌNH**  
**ỨNG DỤNG CHO BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa**

**THÁI NGUYÊN – 2014**

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

**PHÙNG THỊ CHÍNH**

**NGHIÊN CỨU THUẬT TOÁN GIẢM BẠC MÔ HÌNH**  
**ỨNG DỤNG CHO BÀI TOÁN ĐIỀU KHIỂN**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa**

**Mã số: 60520216**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**Người hướng dẫn khoa học: PGS.TS. Nguyễn Hữu Công**

**THÁI NGUYÊN – 2014**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của tôi. Các kết quả, số liệu nêu trong luận văn là trung thực và chưa từng được công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

**Tác giả luận văn**

**Phùng Thị Chính**

## LỜI CẢM ƠN

Tác giả chân thành cảm ơn sự hướng dẫn tận tình của PGS.TS Nguyễn Hữu Công trong suốt quá trình hoàn thành luận văn này.

Tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ của các thầy cô giáo Khoa Điện tử, Khoa Điện trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên đã tạo điều kiện giúp đỡ tận tình trong việc nghiên cứu đề tài.

Cuối cùng tác giả xin chân thành cảm ơn sự giúp đỡ của Ban giám hiệu, Khoa Sau Đại học trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên đã cho phép và tạo điều kiện thuận lợi để tác giả hoàn thành bản luận văn này.

**Tác giả**

**Phùng Thị Chính**

## MỤC LỤC

Trang

Trang bìa phụ	
Lời cam đoan .....	i
Lời cảm ơn .....	ii
Mục lục .....	iii
Danh mục các bảng.....	v
Danh các hình ảnh (Hình vẽ, ảnh chụp, đồ thị).....	vi
<b>MỞ ĐẦU</b> .....	<b>1</b>
1. Tính cấp thiết của đề tài.....	1
2. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài.....	2
<b>CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP GIẢM BẬC MÔ HÌNH</b>	<b>4</b>
1.1 Giới thiệu .....	4
1.2 Phát biểu bài toán giảm bậc mô hình.....	4
1.3 Các phương pháp giảm bậc cơ bản.....	5
1.3.1 Phương pháp ghép hợp .....	7
1.3.2 Phương pháp trên cơ sở trùng khớp tại các thời điểm.....	9
1.3.3 Phương pháp nhiễu xạ kỳ dị .....	12
1.3.4 Phương pháp cân bằng nội.....	13
1.3.5 Các phương pháp sử dụng phép gần đúng tối ưu .....	14
1.3.6 Phương pháp tối ưu theo trạng thái.....	15
1.4 Kết luận.....	17
<b>CHƯƠNG 2. NGHIÊN CỨU THUẬT TOÁN GIẢM BẬC MÔ HÌNH</b> .....	<b>19</b>
2.1 Cơ sở toán học .....	19
2.1.1 Phép phân tích giá trị suy biến (SVD - Singular Value Decomposition).....	19
2.1.2 Gramian điều khiển và quan sát của hệ tuyến tính .....	20
2.1.3 Giá trị Hankel suy biến .....	21
2.1.4 Chuẩn $H_\infty$ của hệ tuyến tính.....	22
2.2 Thuật toán giảm bậc theo chuẩn Hankel.....	22
2.3 Một số ví dụ áp dụng .....	24

2.3.1 Ví dụ 1 .....	24
2.3.2 Ví dụ 2 .....	28
2.3.3 Ví dụ 3 .....	32
2.4 Kết luận chương 2.....	35
<b>CHƯƠNG 3. ỨNG DỤNG GIẢM BẬC MÔ HÌNH TRONG LĨNH VỰC ĐIỀU KHIỂN THIẾT KẾ - MÔ PHỎNG - THÍ NGHIỆM THỰC</b> .....	<b>37</b>
3.1 Giới thiệu mô hình xe hai bánh tự cân bằng.....	37
3.1.1 Mô hình cơ khí.....	37
3.1.2 Mô hình toán học .....	38
3.2 Hệ thống điều khiển cân bằng robot theo phương pháp điều khiển bền vững định dạng vòng $H_\infty$ .....	43
3.2.1 Điều khiển định dạng vòng $H_\infty$ .....	43
3.2.2 Thiết kế bộ điều khiển định dạng vòng $H_\infty$ đủ bậc .....	46
3.2.2.1 Lựa chọn hàm định dạng .....	46
3.2.2.2 Kết quả mô phỏng.....	46
3.3 Ứng dụng giảm bậc mô hình giảm bậc bộ điều khiển bền vững định dạng vòng $H_\infty$ .....	49
3.3.1 Giảm bậc bộ điều khiển bền vững định dạng vòng $H_\infty$ điều khiển cân bằng robot ...	49
3.3.2 Ứng dụng bộ điều khiển giảm bậc để điều khiển cân bằng robot .....	54
3.4 Kết quả thực nghiệm điều khiển trên mô hình robot hai bánh tự cân bằng.....	57
3.5 Kết luận chương 3.....	59
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ</b> .....	<b>60</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b> .....	<b>62</b>

**DANH MỤC CÁC BẢNG**

	<i>Trang</i>
Bảng 2.1 Kết quả giảm bậc mô hình hệ bậc 4 .....	25
Bảng 2.2 Kết quả giảm bậc mô hình hệ bậc 8 .....	28
Bảng 2.3 Kết quả giảm bậc mô hình hệ bậc 5 .....	33
Bảng 3.1 Các thông số của robot.....	41
Bảng 3.2 Kết quả giảm bậc bộ điều khiển bền vững.....	50

## DANH MỤC CÁC HÌNH

	<i>Trang</i>
Hình 2.1 Đáp ứng bước nhảy của hệ gốc và các hệ giảm bậc .....	26
Hình 2.2 Đặc tính tần số của hệ gốc và các hệ giảm bậc.....	26
Hình 2.3 Giá trị Hankel suy biến của hệ gốc bậc 4 .....	27
Hình 2.4 Đặc tính tần số của hệ gốc và các hệ giảm bậc 7, 5, 3, 1.....	31
Hình 2.5 Đặc tính tần số của hệ gốc và hệ giảm bậc 6, 4, 2.....	31
Hình 2.6 Giá trị Hankel suy biến của hệ gốc bậc 8 .....	32
Hình 2.7 Đáp ứng bước nhảy của hệ gốc và các hệ giảm bậc .....	34
Hình 2.8 Đặc tính tần số của hệ gốc và các hệ giảm bậc.....	34
Hình 2.9 Giá trị Hankel suy biến của hệ gốc bậc 5 .....	35
Hình 3.1 Kích thước robot hai bánh tự cân bằng.....	37
Hình 3.2 Sơ đồ đơn giản của robot .....	38
Hình 3.3 Đáp ứng xung của mô hình hệ thống cân bằng robot.....	42
Hình 3.4 Mô hình điều khiển bền vững với các thông số biến đổi.....	44
Hình 3.5 Đáp ứng bước nhảy $h(t)$ của bộ điều khiển gốc và các bộ điều khiển giảm bậc .	52
Hình 3.6 Đáp ứng tần số của bộ điều khiển gốc và các bộ điều khiển giảm bậc .....	53
Hình 3.7 Sơ đồ hệ thống điều khiển cân bằng robot sử dụng bộ điều khiển giảm bậc 3 trong Matlab – Simulink .....	54
Hình 3.8 Đáp ứng bước nhảy của hệ thống điều khiển cân bằng robot sử dụng bộ điều khiển giảm bậc 3 .....	55
Hình 3.9 Sơ đồ mô phỏng hệ thống điều khiển cân bằng robot sử dụng bộ điều khiển gốc và bộ điều khiển giảm bậc 3 trên Matlab-Simulink .....	55
Hình 3.10 Đáp ứng bước nhảy của hệ thống điều khiển cân bằng robot sử dụng sử dụng bộ điều khiển gốc và bộ điều khiển giảm bậc 3 trên Matlab-Simulink .....	56
Hình 3.11 Đáp ứng của hệ thống xe hai bánh tự cân bằng sử dụng bộ điều khiển giảm bậc 3 .....	57
Hình 3.12 Đáp ứng của hệ thống xe hai bánh tự cân bằng sử dụng bộ điều khiển giảm bậc 3 khi có nhiễu .....	58
Hình 3.13 Đáp ứng của hệ thống xe hai bánh tự cân bằng sử dụng bộ điều khiển giảm bậc 3 khi thay đổi tải lệch tâm .....	58



## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Tăng tốc độ xử lý và tính toán hiện nay là một hướng ưu tiên nghiên cứu trong lĩnh vực kỹ thuật. Để tăng tính toán, có một số hướng tiếp cận sau:

1. Sử dụng tối ưu thông lượng bộ nhớ cho các vi xử lý song song.
2. Phân rã các bài toán và lập trình song song theo nghĩa tính toán hiệu năng cao.
3. Quay về dùng các chip tương tự như mạng nơ ron tế bào (CNN)
4. Tìm cách giảm độ phức tạp của thuật toán mà vẫn đảm bảo sai số theo yêu cầu.

Giảm độ phức tạp của thuật toán chính là giảm bậc mô hình mà đề tài sẽ tập trung nghiên cứu. Như vậy đề tài có tính thời sự và cấp thiết.

Nghiên cứu về robot tự động (Autonomous robot) là một lĩnh vực nghiên cứu đang được phát triển mạnh trong những năm gần đây. Một trong những khó khăn nhất của vấn đề nghiên cứu robot tự động là khả năng duy trì cân bằng ổn định trong những địa hình khác nhau. Để giải quyết vấn đề này, các robot hầu hết có bánh xe rộng hoặc tối thiểu là ba điểm tiếp xúc so với mặt đất để duy trì sự cân bằng. Tuy nhiên tăng kích thước hoặc số lượng bánh xe sẽ làm giảm hiệu quả của hệ thống điều khiển do tăng trọng lượng xe, tăng ma sát hoặc tăng lực kéo và tăng tổn hao năng lượng. Robot hai bánh tự cân bằng là một hướng nghiên cứu sẽ giải quyết được nhược điểm. Bởi robot hai bánh tự cân bằng chỉ sử dụng hai bánh xe nên giảm được cả trọng lượng và chiều rộng không gian. Tuy nhiên vấn đề khó khăn cho robot là làm cách nào để robot có thể tự cân bằng trong những điều kiện làm việc khác nhau, đồng thời tải trọng mang theo có thể thay đổi. Với yêu cầu của robot như trên thì hệ thống điều khiển bền vững là thích hợp nhất để điều khiển cân bằng robot.

Lý thuyết điều khiển  $H_2/H_\infty$  là một lý thuyết điều khiển hiện đại cho việc thiết kế các bộ điều khiển tối ưu và bền vững cho các đối tượng điều khiển có thông số thay đổi hoặc chịu tác động của nhiễu bên ngoài. Tuy nhiên, trong phương pháp thiết kế  $H_2/H_\infty$  mà McFarlane và Glover lần đầu tiên đưa ra vào năm 1992 và kể cả các nghiên cứu sau này về lý thuyết điều khiển  $H_2/H_\infty$ , bộ điều khiển thu được thường có bậc cao (bậc của bộ điều khiển được xác định là bậc của đa thức mẫu). Bậc của bộ điều khiển cao có nhiều bất lợi khi chúng ta đem thực hiện điều khiển trên robot, vì mã chương trình phức tạp. Vì vậy, việc giảm bậc bộ điều khiển mà vẫn đảm bảo chất lượng có một ý nghĩa thực tiễn.

Có nhiều phương pháp khác nhau tìm mô hình giảm bậc bộ điều khiển phức tạp, bậc cao, mỗi phương pháp đều có những ưu điểm, hạn chế riêng và được sử dụng theo nhu cầu một cách thích hợp. Trong luận văn này tác giả tập trung nghiên cứu phương pháp giảm bậc theo chuẩn Hankel và áp dụng thuật toán này để giảm bậc bộ điều khiển bền vững cho mô hình robot hai bánh tự cân bằng.

## **2. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài**

Giảm bậc mô hình áp dụng theo phương pháp cân bằng nội sẽ giúp giảm độ phức tạp của thuật toán điều khiển, giảm thông tin thừa, tăng tốc độ xử lý. Mô hình giảm bậc được sử dụng sẽ giúp xử lý tín hiệu một cách đơn giản, tăng tốc độ tính toán, thiết kế hệ thống điều khiển đơn giản hơn đồng thời vẫn đảm bảo độ chính xác yêu cầu.

Robot hai bánh có thể sử dụng thay con người trong thăm dò, ... Từ nghiên cứu về robot hai bánh tự cân bằng có thể phát triển mô hình robot hai bánh tự cân bằng thành xe hai bánh tự cân bằng sử dụng trong giao thông vận tải. Xe hai bánh tự cân bằng có khả năng tự cân bằng cả khi đứng yên, khi chuyển động và cả khi xảy ra va chạm. Xe hai bánh tự cân bằng nếu được