สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบาญตาราง	ฌ
สารบาญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	2
1.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม	5
2.1.1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม	5
2.1.2 ทฤษฎีการเรียนรู้แบบแพร่กลับของโครงข่ายประสาทเทียม	6
2.2 ทฤษฎีพื้นฐาน และดัชนีที่ใช้บอกประสิทธิภาพของระบบควบคุม	8
2.2.1 ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ	8
2.2.2 ดัชนีพื้นฐานที่ใช้บอกประสิทธิภาพของระบบควบคุม	9
2.2.3 อุปกรณ์ชดเชย แบบ PID	10
2.3 การควบคุมและจำลองส่วนดำเนินการโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม	12
2.3.1 ระบบที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบลูปเปิด (open loop)	12
2.3.2 ระบบที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบลูปปิด (closed loop)	13
บทที่ 3 ระบบควบคุมและระบุส่วนดำเนินการ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม	15
3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และการประยุกต์ใช้	15

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

3.1.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่ประยุกต์ใช้ 17
3.1.2 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการ 18
3.1.3 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ควบคุมส่วนดำเนินการ 19
3.2 การจำลองระบบควบคุมโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์(MATLAB) 22
3.2.1 โปรแกรมที่ใช้จำลองผลการตอบสนองของส่วนดำเนินการ 22
3.2.2 โปรแกรมที่ใช้ปรับค่าน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียม 23
3.2.3 โปรแกรมจำลองระบบควบคุม และบ่งชี้ส่วนดำเนินการ 25
3.2.4 การใช้งานโปรแกรม 26
บทที่ 4 ผลการวิจัย 29
4.1 ผลการทดลองที่ได้จากส่วนดำเนินการที่เป็นเชิงเส้น 29
4.1.1 คุณลักษณะของส่วนดำเนินการ 29
4.1.2 ผลการตอบสนองของส่วนดำเนินการที่ได้จากระบบควบคุมในเอกสารอ้างอิง 33
4.1.3 ผลการตอบสนองของส่วนดำเนินการจากอุปกรณ์ชดเชยแบบ PID 34
4.1.4 ผลการทดลองที่ได้จากระบบควบคุมและระบุส่วนดำเนินการโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม 36
4.1.4.1 ผลการทำงานของระบบควบคุมกับตัวแปรของโครงข่ายประสาทเทียม 36
4.1.4.2 ผลการทำงานของระบบควบคุมและระบุส่วนดำเนินการโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม 39
4.1.5 ผลการตอบสนองที่ได้จากส่วนดำเนินการที่ใช้ระบบควบคุมแบบต่าง ๆ 41
4.1.6 ผลการตอบสนองของระบบควบคุมกับอัตราการสุ่มสัญญาณ 41
4.2 ผลการทดลองที่ได้ส่วนดำเนินการที่ไม่เป็นเชิงเส้นแบบที่ 1 45
4.2.1 คุณลักษณะของส่วนดำเนินการ 45
4.2.2 ค่าอัตราการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมกับการทำงานของระบบ 47
4.2.3 ผลที่ได้จากระบบควบคุมและระบุส่วนดำเนินการในกรณีเรียนรู้ครั้งแรก 48

4.2.4 ผลที่ได้จากระบบควบคุมและระบุส่วนดำเนินการในกรณีที่ผ่านการเรียนรู้มาแล้ว 52
4.3 ผลการทดลองที่ได้ส่วนดำเนินการที่ไม่เป็นเชิงเส้นแบบที่ 2 57
4.3.1 คุณลักษณะของส่วนดำเนินการ 57
4.3.2 ค่าอัตราการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมกับการทำงานของระบบ 59
4.3.3 ผลที่ได้จากระบบควบคุมและระบุส่วนดำเนินการในกรณีเรียนรู้ครั้งแรก 60
4.3.4 ผลที่ได้จากระบบควบคุมและระบุส่วนดำเนินการในกรณีที่ผ่านการเรียนรู้มาแล้ว 64
บทที่ 5 บทสรุป 69
5.1 สรุปผลการวิจัย 69
5.1.1 ส่วนดำเนินการที่เป็นเชิงเส้น 69
5.1.2 ส่วนดำเนินการที่ไม่เป็นเชิงเส้น 71
5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา 72
5.3 ข้อเสนอแนะ 72
เอกสารอ้างอิง 74
ภาคผนวก 77
ประวัติผู้เขียน 83

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สารบาญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ค่าที่ใช้ในการปรับอุปกรณ์ชดเชยตามวิธีที่ 1	11
2.2 ค่าที่ใช้ในการปรับอุปกรณ์ชดเชยตามวิธีที่ 2	12
4.1 ค่าดัชนีของส่วนดำเนินการโดยสัญญาณขาเข้าเป็น unit step	30
4.2 ค่าดัชนีของส่วนดำเนินการโดยสัญญาณขาเข้าเป็น unit stepในกรณีของลูปปิด	32
4.3 ค่าดัชนีของส่วนดำเนินการที่ได้จากระบบควบคุมในเอกสารอ้างอิง โดยสัญญาณขาเข้าเป็น unit step	34
4.4 ค่าตัวแปรของอุปกรณ์ชดเชยแบบ PID ที่ได้จากการปรับ	34
4.5 ค่าดัชนีของส่วนดำเนินที่ได้จากระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งใช้อุปกรณ์ชดเชยแบบ PID โดยสัญญาณขาเข้าเป็น unit step	35
4.6 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในระบบควบคุม	37
4.7 ค่าดัชนีของส่วนดำเนินที่ได้จากระบบควบคุมและระบุส่วนดำเนินการโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม เมื่อสัญญาณอ้างอิงเป็น unit step	40
4.8 ค่าดัชนีที่ได้จากระบบควบคุมแบบต่าง ๆ	41

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

สารบาญภาพ

รูป		หน้า
1.1	ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ที่มีการใช้อุปกรณ์ชดเชย	1
2.1	โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีชั้นซ่อน 1 ชั้น	5
2.2	โครงสร้างโดยทั่วไปของระบบควบคุมแบบป้อนกลับ	8
2.3.	สัญญาณที่ได้จากระบบควบคุม	9
2.4	ผลการตอบสนองของส่วนดำเนินการสำหรับวิธีที่ 1	11
2.5	ระบบควบคุมโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบลูปเปิด	13
2.6	ระบบควบคุมโดยใช้โครงข่ายแบบลูปเปิดที่มีแบบจำลองมาอ้างอิง	13
2.7	ระบบควบคุมโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มีการป้อนกลับ	14
3.1	โครงสร้างของระบบควบคุมที่ใช้ในงานวิจัย	15
3.2	โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในงานวิจัย	16
3.3	โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการ	18
3.4	โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ควบคุมส่วนดำเนินการ	20
3.5	โปรแกรมส่วนที่ใช้จำลองระบบสำหรับส่วนดำเนินการ	22
3.6	โปรแกรมส่วนที่ใช้จำลองระบบสำหรับโครงข่ายประสาทเทียม	23
3.7	Program Flow chart ของระบบควบคุมและบ่งชี้ส่วนดำเนินการ	25
3.8	เมนูหลักที่ใช้เลือกส่วนดำเนินการแบบต่าง ๆ	26
3.9	หน้าต่างคำสั่งที่ใส่ค่าตัวแปรแล้ว	27
3.10	เมนูที่ใช้เลือกสัญญาณอ้างอิง	27
3.11	ผลการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบควบคุม(กราฟที่ 1.)	28
3.12	ผลการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบควบคุม(กราฟที่ 2.)	28
4.1	สัญญาณขาเข้า และ สัญญาณที่ได้จากส่วนดำเนินการ	29
4.2	ผลการตอบสนองของส่วนดำเนินการที่ได้จาก unit step โดยใช้คำสั่ง step(...)	30
4.3	ผลการตอบสนองของส่วนดำเนินการที่ได้จาก unit step จากระบบจำลอง	31
4.4	ผลการตอบสนองของส่วนดำเนินการที่ได้จาก unit step โดย " *** " ได้จาก ระบบจำลอง และ เส้นทึบ ได้จาก คำสั่ง "step(...) ใน MATLAB"	31
4.5	ระบบควบคุมแบบลูปปิดเมื่อไม่มีอุปกรณ์ชดเชย	32

4.45 สัญญาณขาออกที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการในกรณีที่เป็นการเรียนรู้ครั้งแรกของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ k=1 ถึง 100 61
4.46 สัญญาณ Plant information ที่คำนวณได้ ในกรณีที่เป็นการเรียนรู้ครั้งแรกของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ k=1 ถึง 100 61
4.47 สัญญาณขาออกที่ได้จากระบบควบคุมและระบุส่วนดำเนินการในกรณีที่เป็นการเรียนรู้ครั้งแรกของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ k=4900 ถึง 5000 62
4.48 สัญญาณขาออกที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการในกรณีที่เป็นการเรียนรู้ครั้งแรกของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ k=4900 ถึง 5000 62
4.49 สัญญาณ Plant information ที่คำนวณในกรณีที่เป็นการเรียนรู้ครั้งแรกของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ ที่ k=4900 ถึง 500O 63
4.50 ผลรวมกำลังสองของสัญญาณข้อผิดพลาดของสัญญาณขาออกกับสัญญาณอ้างอิงในส่วนดำเนินการที่ไม่เป็นเชิงเส้นแบบที่ 2 เมื่อรอบการทำงานเพิ่มขึ้น 64
4.51 ผลรวมกำลังสองของสัญญาณข้อผิดพลาดของสัญญาณขาออกกับสัญญาณขาออกที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการ ในส่วนดำเนินการที่ไม่เป็นเชิงเส้นแบบที่ 2 เมื่อรอบการทำงานเพิ่มขึ้น 65
4.52 สัญญาณขาออก y(k) ที่ k=1 ถึง 100 66
4.53 สัญญาณจากโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการ ที่ k=1 ถึง 100 66
4.54 สัญญาณ Plant information ที่ เวลา k=1 ถึง 10O 67
4.55 สัญญาณขาออก y(k) ที่ k=4900 ถึง 5000 67
4.56 สัญญาณจากโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการ ที่ k=4900 ถึง 5000 68
4.57 สัญญาณ Plant information ที่ เวลา k=4900 ถึง 5000 68

4.6 ผลการตอบสนองของส่วนดำเนินการ y(t) ในกรณีที่ระบบควบคุมเป็นลูปปิด และไม่มีอุปกรณ์ชดเชย 32
4.7 สัญญาณขาออกที่ได้จากส่วนดำเนินการ y(t) โดยใช้ระบบควบคุมที่ใช้อ้างอิง 33
4.8 โครงสร้างระบบควบคุมที่ใช้ที่ใช้อุปกรณ์ชดเชยแบบ PID 34
4.9 ผลการตอบสนองที่ได้จากระบบควบคุม y(t) ที่ใช้อุปกรณ์ชดเชยแบบ PID 35
4.10 ผลของอัตราการเรียนรู้กับค่า rise time 36
4.11 ผลของอัตราการเรียนรู้กับค่าผลรวมกำลังสองของสัญญาณข้อผิดพลาด 37
4.12 ผลของสัญญาณข้อผิดพลาดสุดท้าย กับจำนวนครั้งที่เปลี่ยนค่าน้ำหนัก 38
4.13 ผลการตอบสนองของส่วนดำเนินการ y(t) ที่ได้จากระบบ 39
4.14 สัญญาณที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการ 39
4.15 สัญญาณ Plant Information ที่คำนวณได้จาก โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการ 40
4.16 สัญญาณขาออก y(t) ที่ได้จากระบบควบคุมที่ใช้อ้างอิง [22] ที่อัตราการสุ่มสัญญาณเป็น 25ครั้งต่อ 1 วินาที 42
4.17 สัญญาณขาออก y(t) ที่ได้จากระบบควบคุมที่ใช้อ้างอิง [22] ที่อัตราการสุ่มสัญญาณเป็น 1000 ครั้งต่อ 1 วินาที 42
4.18 สัญญาณขาออก y(t) ที่ได้จากระบบควบคุมที่ใช้ PID เป็นอุปกรณ์ชดเชยที่อัตราการสุ่มสัญญาณเป็น 25 ครั้งต่อ 1 วินาที 43
4.19 สัญญาณขาออก y(t) ที่ได้จากระบบควบคุมที่ใช้ PID เป็นอุปกรณ์ชดเชยที่อัตราการสุ่มสัญญาณเป็น 1000 ครั้งต่อ 1 วินาที 43
4.20 สัญญาณขาออก y(t) ที่ได้จากระบบควบคุมที่นำเสนอ ที่อัตราการสุ่มสัญญาณเป็น 25 ครั้งต่อ 1 วินาที 44
4.21 สัญญาณขาออก y(t) ที่ได้จากระบบควบคุมที่นำเสนอ ที่อัตราการสุ่มสัญญาณเป็น 1000ครั้งต่อ 1 วินาที 44
4.22 ระบบควบคุมสำหรับส่วนดำเนินการที่ไม่เป็นเชิงเส้นแบบที่ 1 เมื่อไม่มีอุปกรณ์ชดเชย 45
4.23 สัญญาณอ้างอิง r(k) 46
4.24 สัญญาณขาออกจากส่วนดำเนินการ y(k) ในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์ชดเชย 46
4.25 ผลของอัตราการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมกับผลรวมความผิดพลาดของระบบควบคุมยกกำลังสอง 47

4.26 สัญญาณขาออกที่ได้จากระบบควบคุมและระบุส่วนดำเนินการ y(k) ในกรณีที่เป็นการเรียนรู้ครั้งแรกของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ เวลา k=0 ถึง 1000 48
4.27 สัญญาณขาออกที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการในกรณีที่เป็นการเรียนรู้ครั้งแรกของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ เวลา k=0 ถึง 1000 49
4.28 สัญญาณ Plant information ที่คำนวณได้ในการเรียนรู้ครั้งแรกของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ เวลา k=0 ถึง 1000 49
4.29 สัญญาณขาออกที่ได้จากระบบควบคุมและระบุส่วนดำเนินการ y(k) ในกรณีที่เป็นการเรียนรู้ครั้งแรกของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ เวลา k=4900 ถึง 5000 50
4.30 สัญญาณขาออกที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการในกรณีที่เป็นการเรียนรู้ครั้งแรกของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ เวลา k=4900 ถึง 5000 50
4.31 สัญญาณ Plant information ที่คำนวณได้ในกรณีของการเรียนรู้ครั้งแรกที่ เวลา k=4900 ถึง 5000 51
4.32 ผลรวมกำลังสองของสัญญาณข้อผิดพลาดของสัญญาณขาออกกับสัญญาณอ้างอิงในส่วนดำเนินการที่ไม่เป็นเชิงเส้นแบบที่ 1 ณ รอบการทำงานที่เพิ่มขึ้น 52
4.33 ผลรวมกำลังสองของสัญญาณข้อผิดพลาดของสัญญาณขาออกกับสัญญาณขาออกที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการ ในส่วนดำเนินการที่ไม่เป็นเชิงเส้นแบบที่ 1 เมื่อรอบการทำงานเพิ่มขึ้น 53
4.34 สัญญาณขาออก y(k) ที่ k=1 ถึง 100 54
4.35 สัญญาณจากโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการ ที่ k=1 ถึง 100 54
4.36 สัญญาณ Plant information ที่ เวลา k=1 ถึง 100 55
4.37 สัญญาณขาออก y(k) ที่ k=4900 ถึง 5000 55
4.38 สัญญาณจากโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ระบุส่วนดำเนินการ ที่ k=4900 ถึง 5000 56
4.39 สัญญาณ Plant information ที่ เวลา k=4900 ถึง 5000 56
4.40 ระบบควบคุมสำหรับส่วนดำเนินการที่ไม่เป็นเชิงเส้นแบบที่ 2 เมื่อไม่มีอุปกรณ์ชดเชย 57
4.41 สัญญาณอ้างอิง r(k) 58
4.42 สัญญาณขาออกจากส่วน y(k) ดำเนินการในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์ชดเชย 58
4.43 ผลของอัตราการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมกับผลรวมความผิดพลาดของระบบควบคุมยกกำลังสอง 59
4.44 สัญญาณขาออกที่ได้จากส่วนดำเนินการ y(k) ในกรณีที่เป็นการเรียนรู้ครั้งแรกของโครงข่ายประสาทเทียม ที่ k= 1 ถึง 100 60