

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ด
สารบัญตารางภาคผนวก	ถ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	9
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	10
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	10
บทที่ 2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบบ็อกซ์และเงินคินส์	11
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบการ์ช	14
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวแบบโครงข่ายใยประสาทประดิษฐ์	16
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบทางเศรษฐมิติ กับตัวแบบโครงข่ายใยประสาทประดิษฐ์	17
บทที่ 3 กรอบแนวคิดทางทฤษฎี	
3.1 การพยากรณ์ด้วยตัวแบบบ็อกซ์และเงินคินส์	20
3.1.1 การเตรียมข้อมูล	20
3.1.1.1 การทดสอบดิคกี-ฟูลเลอร์ฉบับขยาย	21
3.1.1.2 กระบวนการมีอันดับ	22
3.1.2 การเลือกตัวแบบ	23

3.1.2.1	กระบวนการตัดต่อ	23
3.1.2.2	กระบวนการเคลื่อนที่	24
3.1.2.3	ฟังก์ชันออสซิลเลชัน	25
3.1.2.4	ฟังก์ชันออสซิลเลชันบางส่วน	26
3.1.2.5	กระบวนการอาร์มา	27
3.1.2.6	กระบวนการอาร์มา	27
3.1.2.7	พจน์คงตัว	28
3.1.3	การประมาณค่าพารามิเตอร์	28
3.1.4	การตรวจสอบความถูกต้อง	29
3.1.4.1	การทดสอบโครงสร้างอาร์มา	29
3.1.4.2	การทดสอบส่วนตกค้าง	30
	1) การทดสอบค่าสถิติคว	31
	2) การทดสอบรูปแบบปกติ	33
	3) การทดสอบอาร์ช-แอลเอ็ม	34
3.1.5	การพยากรณ์	35
3.2	การพยากรณ์ด้วยตัวแบบการزش	35
3.2.1	การสร้างสมการค่าเฉลี่ย	36
3.2.2	การสร้างสมการความแปรปรวน	37
3.2.2.1	กระบวนการอาร์ช	37
3.2.2.2	กระบวนการรزش	40
3.2.2.3	กระบวนการอีการزش	42
3.2.3	การทดสอบคุณสมบัติของส่วนตกค้าง	44
3.2.3.1	การทดสอบค่าสถิติคว	44
3.2.3.2	การทดสอบอาร์ช-แอลเอ็ม	44
3.2.3.3	การทดสอบรูปแบบปกติ	44
3.2.4	การพยากรณ์	45
3.3	การพยากรณ์ด้วยตัวแบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์	45
3.3.1	แนวคิดเบื้องต้นของตัวแบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์	45
3.3.2	สถาปัตยกรรมโครงข่าย	47
3.3.2.1	ชั้นข้อมูลนำเข้า	48
3.3.2.2	ชั้นซ่อนเร้น	49

3.3.2.3	ชั้นข้อมูลส่งออก	50
3.3.2.4	เส้นการต่อเชื่อม	50
3.3.2.5	ฟังก์ชันผลรวม	50
3.3.2.6	ฟังก์ชันการแปลงค่า	50
	1) ฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิกแทนเจนต์ซิกมอยด์	50
	2) ฟังก์ชันโพสลิน	51
3.3.3	ขั้นตอนการเรียนรู้	52
3.3.3.1	การส่งข้อมูลไปข้างหน้าเพียงอย่างเดียวแบบหลายชั้น	52
3.3.3.2	การเรียนรู้แบบมีการสอน	53
3.3.3.3	วิธีแพร่ย้อนกลับแบบแอลเอ็ม	53
<b>บทที่ 4 ระเบียบวิธีวิจัย</b>		
4.1	วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	56
4.2	การสร้างระบบพยากรณ์	56
4.2.1	การสร้างระบบพยากรณ์ด้วยตัวแบบบ็อกซ์และเจนคินส์	56
4.2.1.1	การเตรียมข้อมูล	57
4.2.1.2	การเลือกตัวแบบ	57
4.2.1.3	การประมาณค่าพารามิเตอร์	57
4.2.1.4	การตรวจสอบความถูกต้อง	58
4.2.1.5	การพยากรณ์	58
4.2.2	การสร้างระบบพยากรณ์ด้วยตัวแบบการ์ช	59
4.2.2.1	การสร้างสมการค่าเฉลี่ย	59
4.2.2.2	การสร้างสมการความแปรปรวน	60
4.2.2.3	การทดสอบคุณสมบัติของส่วนตกค้าง	60
4.2.2.4	การพยากรณ์	61
4.2.3	การสร้างระบบพยากรณ์ด้วยตัวแบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์	61
4.2.3.1	การกำหนดข้อมูลนำเข้า	62
4.2.3.2	การออกแบบชั้นซ่อนเร้น	63
4.2.3.3	การสร้างระบบการฝึกสอน	63
4.2.3.4	การกำหนดข้อมูลส่งออก	63
4.2.3.5	การพยากรณ์	64

4.3 การทดสอบความแม่นยำในการพยากรณ์ของตัวแบบแต่ละประเภท	64
4.4 ซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับคำนวณระบบพยากรณ์ของตัวแบบแต่ละประเภท	66

บทที่ 5 ผลการศึกษา

5.1 การสร้างระบบพยากรณ์ด้วยตัวแบบบ็อกซ์และเจนคินส์	67
5.1.1 การเตรียมข้อมูล	67
5.1.1.1 สถิติเชิงพรรณนา	68
5.1.1.2 การตรวจสอบคุณสมบัติหยุดนิ่ง	69
5.1.2 การเลือกตัวแบบ	70
5.1.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์	71
5.1.3.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_1$	72
5.1.3.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_2$	73
5.1.3.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_3$	74
5.1.3.4 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_4$	75
5.1.3.5 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_5$	76
5.1.3.6 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_6$	77
5.1.3.7 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_7$	78
5.1.3.8 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_8$	79
5.1.3.9 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_9$	80
5.1.3.10 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_{10}$	82
5.1.3.11 สรุปผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ บ็อกซ์และเจนคินส์	83
5.1.4 การตรวจสอบความถูกต้อง	83
5.1.4.1 โครงสร้างอาร์มา	84
5.1.4.2 การทดสอบส่วนตกค้าง	85
1) การทดสอบรูปแบบปกติ	85
2) การทดสอบอาร์ช-แอลเอ็ม	86
3) การทดสอบค่าสถิติคิว	87
5.1.4.3 สรุปผลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ บ็อกซ์และเจนคินส์	89
5.1.5 การพยากรณ์	90

5.2 การสร้างระบบพยากรณ์ด้วยตัวแบบการزش	91
5.2.1 การสร้างสมการค่าเฉลี่ย	92
5.2.2 การสร้างสมการความแปรปรวน	92
5.2.2.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $G_1$	93
5.2.2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $G_2$	95
5.2.2.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $G_3$	96
5.2.2.4 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $G_4$	98
5.2.2.5 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $G_5$	99
5.2.3 การทดสอบคุณสมบัติของส่วนตกค้าง	101
5.2.3.1 การทดสอบอาร์ช-แอลเอ็ม	101
5.2.3.2 การทดสอบรูปแบบปกติ	102
5.2.3.3 การทดสอบค่าสถิติคิว	103
5.2.3.4 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติของส่วนตกค้าง	105
5.2.4 การพยากรณ์	105
5.3 การสร้างระบบพยากรณ์ด้วยตัวแบบโครงข่ายใยประสาทประดิษฐ์	107
5.3.1 การกำหนดรูปแบบข้อมูลนำเข้า	107
5.3.2 การออกแบบชั้นซ่อนเร้น	108
5.3.3 การกำหนดระบบการฝึกสอน	113
5.3.4 การกำหนดรูปแบบข้อมูลส่งออก	113
5.3.5 การพยากรณ์	113
5.3.5.1 ผลการพยากรณ์ของตัวแบบ $A_1$	114
5.3.5.2 ผลการพยากรณ์ของตัวแบบ $A_2$	115
5.3.5.3 ผลการพยากรณ์ของตัวแบบ $A_3$	116
5.3.5.4 ผลการพยากรณ์ของตัวแบบ $A_4$	117
5.3.5.5 สรุปผลการพยากรณ์ของตัวแบบโครงข่ายใยประสาทประดิษฐ์	118
5.4 การเปรียบเทียบความแม่นยำของตัวแบบแต่ละประเภท	118
5.4.1 การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ไปข้างหน้า 15 วัน	119
5.4.2 การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ไปข้างหน้า 30 วัน	120
5.4.3 การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ไปข้างหน้า 45 วัน	122

บทที่ 6	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
6.1	สรุปผลการศึกษา	124
6.1.1	สรุปผลการคัดเลือกตัวแทนของตัวแบบแต่ละประเภท	124
6.1.1.1	ตัวแทนของตัวแบบบ็อกซ์และเจนคินส์	124
6.1.1.2	ตัวแทนของตัวแบบการ์ช	125
6.1.1.3	ตัวแทนของตัวแบบโครงข่ายใยประสาทประดิษฐ์	125
6.1.2	สรุปผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ระหว่างตัวแบบประเภทต่าง ๆ	126
6.2	ข้อเสนอแนะ	126
เอกสารอ้างอิง		130
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก	การพยากรณ์ด้วยตัวแบบบ็อกซ์และเจนคินส์	136
1)	สถิติเชิงพรรณนา	136
1.1)	ราคาน้ำมันดิบดูไบ	136
1.2)	ราคาน้ำมันดิบดูไบเมื่อแปลงด้วยลอการิทึม	136
2)	แผนภาพสหสัมพันธ์ของราคาน้ำมันดิบดูไบ	137
2.1)	ณ ระดับ	137
2.2)	เมื่อหาผลต่างครั้งที่หนึ่ง	138
3)	การทดสอบดิกกี-ฟูลเลอร์แบบขยาย ณ ระดับ	139
3.1)	มีค่าแนวโน้มและจุดตัดแกน	139
3.2)	มีจุดตัดแกน	140
3.3)	ไม่มีค่าแนวโน้มและจุดตัดแกน	141
4)	การทดสอบดิกกี-ฟูลเลอร์แบบขยายเมื่อหาผลต่างครั้งที่หนึ่ง	142
4.1)	มีค่าแนวโน้มและจุดตัดแกน	142
4.2)	มีจุดตัดแกน	143
4.3)	ไม่มีค่าแนวโน้มและจุดตัดแกน	144
5)	การประมาณค่าพารามิเตอร์	145
5.1)	ตัวแบบ $B_1$	145
5.2)	ตัวแบบ $B_2$	145

5.3) ตัวแบบ B <sub>3</sub>	146
5.4) ตัวแบบ B <sub>4</sub>	146
5.5) ตัวแบบ B <sub>5</sub>	147
5.6) ตัวแบบ B <sub>6</sub>	147
5.7) ตัวแบบ B <sub>7</sub>	148
5.8) ตัวแบบ B <sub>8</sub>	148
5.9) ตัวแบบ B <sub>9</sub>	149
5.10) ตัวแบบ B <sub>10</sub>	149
6) การทดสอบโครงสร้างอาร์มา	150
6.1) ตัวแบบ B <sub>1</sub>	150
6.2) ตัวแบบ B <sub>2</sub>	150
6.3) ตัวแบบ B <sub>3</sub>	151
6.4) ตัวแบบ B <sub>4</sub>	151
6.5) ตัวแบบ B <sub>5</sub>	152
6.6) ตัวแบบ B <sub>6</sub>	152
6.7) ตัวแบบ B <sub>7</sub>	153
6.8) ตัวแบบ B <sub>8</sub>	153
6.9) ตัวแบบ B <sub>9</sub>	154
6.10) ตัวแบบ B <sub>10</sub>	154
7) การทดสอบค่าสถิติคิว	155
7.1) ตัวแบบ B <sub>1</sub>	155
7.2) ตัวแบบ B <sub>2</sub>	156
7.3) ตัวแบบ B <sub>3</sub>	157
7.4) ตัวแบบ B <sub>4</sub>	158
7.5) ตัวแบบ B <sub>5</sub>	159
7.6) ตัวแบบ B <sub>6</sub>	160
7.7) ตัวแบบ B <sub>7</sub>	161
7.8) ตัวแบบ B <sub>8</sub>	162
7.9) ตัวแบบ B <sub>9</sub>	163
7.10) ตัวแบบ B <sub>10</sub>	164
8) การทดสอบรูปแบบปกติ	165

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
 Copyright © by Chiang Mai University  
 All rights reserved

8.1) ตัวแบบ $B_1$	165
8.2) ตัวแบบ $B_2$	165
8.3) ตัวแบบ $B_3$	166
8.4) ตัวแบบ $B_4$	166
8.5) ตัวแบบ $B_5$	167
8.6) ตัวแบบ $B_6$	167
8.7) ตัวแบบ $B_7$	168
8.8) ตัวแบบ $B_8$	168
8.9) ตัวแบบ $B_9$	169
8.10) ตัวแบบ $B_{10}$	169
9) การทดสอบอาร์ช-แอลเอ็ม	170
9.1) ตัวแบบ $B_1$	170
9.2) ตัวแบบ $B_2$	170
9.3) ตัวแบบ $B_3$	171
9.4) ตัวแบบ $B_4$	171
9.5) ตัวแบบ $B_5$	172
9.6) ตัวแบบ $B_6$	172
9.7) ตัวแบบ $B_7$	173
9.8) ตัวแบบ $B_8$	173
9.9) ตัวแบบ $B_9$	174
9.10) ตัวแบบ $B_{10}$	174

ภาคผนวก ข การพยากรณ์ด้วยตัวแบบการรีซ	175
1) การประมาณค่าพารามิเตอร์	175
1.1) ตัวแบบ $G_1$	175
1.2) ตัวแบบ $G_2$	176
1.3) ตัวแบบ $G_3$	177
1.4) ตัวแบบ $G_4$	178
1.5) ตัวแบบ $G_5$	179
2) การทดสอบค่าสถิติคิว	180
2.1) ตัวแบบ $G_1$	180



2.2) ตัวแบบ $G_2$	181
2.3) ตัวแบบ $G_3$	182
2.4) ตัวแบบ $G_4$	183
2.5) ตัวแบบ $G_5$	184
3) การทดสอบอาร์ช-แอลเอ็ม	185
3.1) ตัวแบบ $G_1$	185
3.2) ตัวแบบ $G_2$	185
3.3) ตัวแบบ $G_3$	186
3.4) ตัวแบบ $G_4$	186
3.5) ตัวแบบ $G_5$	187
4) การทดสอบรูปแบบปกติ	188
4.1) ตัวแบบ $G_1$	188
4.2) ตัวแบบ $G_2$	188
4.3) ตัวแบบ $G_3$	189
4.4) ตัวแบบ $G_4$	189
4.5) ตัวแบบ $G_5$	190
ภาคผนวก ก การพยากรณ์ด้วยตัวแบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์	191
1) คำสั่งที่ใช้กับซอฟต์แวร์ MATLAB 7.0.1	191
2) ความคงเส้นคงวาของการพยากรณ์ด้วยตัวแบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์	197
ภาคผนวก ง การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ของตัวแบบทั้งสามด้วยค่าสถิติชนิดอื่น ๆ	201
1) ค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	201
2) ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง	202
3) ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง	202
4) ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เท่ากันของซีล	203
ประวัติผู้เขียน	205

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1-1 ปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบต่อวันของแต่ละประเทศในปี พ.ศ. 2551	3
1-2 ปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบต่อวันของไทยจากประเทศต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2551	9
3-1 หลักการเลือก AR(p) และ MA(q) โดยพิจารณาจากลักษณะของ ACF และ PACF	26
5-1 การทดสอบเอดีเอฟ ณ ระดับ	69
5-2 การทดสอบเอดีเอฟเมื่อหาผลต่างครั้งที่ 1	70
5-3 ตัวแบบที่ได้จากการพิจารณาฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์บางส่วน	71
5-4 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_1$	72
5-5 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_2$	73
5-6 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_3$	74
5-7 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_4$	76
5-8 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_5$	77
5-9 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_6$	78
5-10 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_7$	79
5-11 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_8$	80
5-12 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_9$	81
5-13 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $B_{10}$	82
5-14 ค่าความน่าจะเป็นของค่าสถิติที ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของทุกตัวแบบ	83
5-15 การทดสอบโครงสร้างอาร์มา	84
5-16 การทดสอบรูปแบบปกติ	85
5-17 การทดสอบอาร์ช-แอลเอ็ม	86
5-18 ค่าความน่าจะเป็นของค่าสถิติคว	88
5-19 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบบ็อกซ์และเจนคินส์	89
5-20 ผลการพยากรณ์ไปข้างหน้าช่วงสั้น ๆ ด้วยตัวแบบบ็อกซ์และเจนคินส์	91
5-21 รายละเอียดของตัวแบบบ็อกซ์และเจนคินส์ที่นำมาสร้างสมการค่าเฉลี่ย	92
5-22 รายละเอียดของสมการค่าเฉลี่ยและสมการความแปรปรวน	93

5-23 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $G_1$	94
5-24 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $G_2$	95
5-25 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $G_3$	97
5-26 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $G_4$	98
5-27 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ $G_5$	100
5-28 การทดสอบอาร์ช-แอลเอ็มของส่วนตกค้างในรูปคะแนนมาตรฐาน	102
5-29 การทดสอบรูปแบบปกติของส่วนตกค้างในรูปคะแนนมาตรฐาน	103
5-30 ค่าความน่าจะเป็นของค่าสถิติควสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของสมการค่าเฉลี่ย	104
5-31 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบการزش	105
5-32 ผลการพยากรณ์ไปข้างหน้าช่วงสั้น ๆ ด้วยตัวแบบการزش	106
5-33 ตัวแบบบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ได้รับการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว	107
5-34 ข้อมูลนำเข้าของตัวแบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์	108
5-35 ตัวแบบย่อยของตัวแบบ $A_1$	109
5-36 ตัวแบบย่อยของตัวแบบ $A_2$	110
5-37 ตัวแบบย่อยของตัวแบบ $A_3$	111
5-38 ตัวแบบย่อยของตัวแบบ $A_4$	112
5-39 ผลการพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบดูไบของตัวแบบ $A_1$	114
5-40 ผลการพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบดูไบของตัวแบบ $A_2$	115
5-41 ผลการพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบดูไบของตัวแบบ $A_3$	116
5-42 ผลการพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบดูไบของตัวแบบ $A_4$	117
5-43 สรุปผลการพยากรณ์ของตัวแบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์	118
5-44 รายละเอียดตัวแทนของตัวแบบประเภทต่าง ๆ	119
5-45 การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ไปข้างหน้าระยะ 15 วัน	120
5-46 การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ไปข้างหน้าระยะ 30 วัน	121
5-47 การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ไปข้างหน้าระยะ 45 วัน	122
6-1 สรุปผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ของตัวแบบประเภทต่าง ๆ	126
6-2 ค่า MAPE ของตัวแบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ที่ได้จากการพยากรณ์ ไปข้างหน้า 10 วัน	128

## สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1-1 การใช้พลังงานของโลก	1
1-2 ปริมาณการใช้น้ำมันดิบของโลกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541-2551	2
1-3 ราคาน้ำมันดิบเบรนท์ทะเลเหนือตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2551	2
1-4 ปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบของไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532-2551	4
1-5 มูลค่าการนำเข้าน้ำมันดิบของไทยเมื่อเทียบกับ GDP ปี พ.ศ.2551	5
1-6 การพยากรณ์เชิงปริมาณ	5
1-7 การเคลื่อนไหวของราคาน้ำมันดิบและอัตราเงินเฟ้อของไทย	6
1-8 ตลาดซื้อขายน้ำมันดิบที่สำคัญของโลก	7
1-9 การเปรียบเทียบราคาน้ำมันดิบสกุลหลัก ๆ ของโลก	8
3-1 การทดสอบโครงสร้างอาร์มา	30
3-2 การเปรียบเทียบลักษณะของสัญญาณรบกวนขาขึ้นกับกราฟของส่วนตกร้าง	31
3-3 ส่วนตกร้างที่แจกแจงแบบปกติ	33
3-4 พจน์คลาดเคลื่อนที่ละเมิดข้อสมมติ i.i.d	38
3-5 การแจกแจงแบบหางอ้วนเปรียบเทียบกับแจกแจงแบบปกติ	38
3-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความผันผวนกับความผิดปกติ	42
3-7 เซลล์สมอง 1 เซลล์	46
3-8 การสร้างระบบประมวลผลทางคณิตศาสตร์โดยจำลองจากเซลล์สมอง 1 เซลล์	46
3-9 กระบวนการเชื่อมโยงของเซลล์สมองแบบเป็นโครงข่าย	47
3-10 ระบบประมวลผลทางคณิตศาสตร์ที่จำลองการทำงานของเซลล์สมองที่เชื่อมโยงเป็นโครงข่าย	48
3-11 ระบบการประมวลผลที่เหมือนกล่องดำ	48
3-12 ปัญหาเฉพาะเจาะจงกับข้อมูล	49
3-13 ฟังก์ชันไฮเพอร์โบลิกแทนเจนต์ซิกมอยด์	51
3-14 ฟังก์ชันโพสลิน	51
3-15 สถาปัตยกรรมโครงข่าย	52

3-16 การส่งข้อมูลไปข้างหน้าเพียงอย่างเดียวแบบหลายชั้น	53
3-17 การทำงานของอัลกอริทึมแพร่ย้อนกลับ	54
4-1 การสร้างระบบพยากรณ์ด้วยตัวแบบบ็อกซ์และเงินคินส์	59
4-2 การสร้างระบบพยากรณ์ด้วยตัวแบบการزش	61
4-3 การสร้างชุดการเรียนรู้โดยอาศัยตัวแบบบ็อกซ์และเงินคินส์	62
4-4 การสร้างระบบพยากรณ์ด้วยตัวแบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์	64
4-5 ความเชื่อมโยงของการสร้างระบบพยากรณ์ด้วยตัวแบบทั้งสามประเภท	65
5-1 ราคาน้ำมันดิบดูไบที่ใช้สำหรับสร้างระบบพยากรณ์	67
5-2 สถิติเชิงพรรณนาของราคาน้ำมันดิบดูไบ	68
5-3 สถิติเชิงพรรณนาของราคาน้ำมันดิบดูไบเมื่อแปลงด้วยลอการิทึม	68
5-4 การทดสอบค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่ผ่านมาการหาผลต่างครั้งที่หนึ่ง	70
6-1 ค่า MAPE ของตัวแบบโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ที่ได้จากการทดลอง พยากรณ์ไปข้างหน้า 10 วัน	127

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก	หน้า
ค-1 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการพยากรณ์ซ้ำในแต่ละวันของตัวแบบ $A_1$	197
ค-2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการพยากรณ์ซ้ำในแต่ละวันของตัวแบบ $A_2$	198
ค-3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการพยากรณ์ซ้ำในแต่ละวันของตัวแบบ $A_3$	199
ค-4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการพยากรณ์ซ้ำในแต่ละวันของตัวแบบ $A_4$	200
ง-1 การวัดความแม่นยำในการพยากรณ์โดยใช้ค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย	201
ง-2 การวัดความแม่นยำในการพยากรณ์โดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง	202
ง-3 การวัดความแม่นยำในการพยากรณ์โดยใช้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของ ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสอง	203
ง-4 การวัดความแม่นยำในการพยากรณ์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความไม่เท่ากันของซีล	204