

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
<b>บทที่</b>	<b>หน้า</b>
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.....	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 การควบคุมคุณภาพถนนคอนกรีตตามมาตรฐานกรมทางหลวงชนบท.....	4
2.2 การประเมินกำลังอัดของถนนคอนกรีตตามมาตรฐานการทดสอบของ กรมทางหลวงชนบท.....	5
2.3 การทดสอบหากล้างรับแรงอัดของคอนกรีตโดย Rebound Hammer.....	5
2.4 การวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC).....	8

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.5 เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยตาต้าไมน์นิ่ง.....	9
2.6 การกำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาท.....	10
2.7 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก.....	11
2.8 ระบบอนุมานฟuzzy บนพื้นฐานแบบปรับตัวได้ (Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System: ANFIS).....	13
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	
3.1 ศึกษาข้อมูล.....	19
3.2 พิจารณาเลือกสถานที่ที่เก็บข้อมูลและพิจารณาเลือกผู้เชี่ยวชาญ.....	19
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลคุณภาพของถนนคอนกรีต.....	20
3.4 การนำเข้าข้อมูลเพื่อฝึกฝนการเรียนรู้ (Training data).....	26
3.5 การนำเข้าข้อมูลเพื่อทดสอบการเรียนรู้ (Testing data).....	34
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล</b>	
4.1 วิเคราะห์ปัจจัยที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ.....	49
4.2 วิเคราะห์แบบจำลองกับสถานการณ์จริง.....	51
4.3 วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน.....	52

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	53
5.2 อภิปราย.....	54
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	54
บรรณานุกรม.....	55
ประวัติผู้วิจัย.....	59
ภาคผนวก ก.....	60

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง.....	9
3.1 แสดงตำแหน่งประเภทวิชาชีพเฉพาะหรือเชี่ยวชาญเฉพาะ.....	19
3.2 ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในการสกัดปัจจัย.....	22
3.3 คำตอบจากผู้เชี่ยวชาญประเมินกำลังของคอนกรีต.....	23
3.4 สรุปผลการฝึกฝนการเรียนรู้ (Training Data) ด้วยโมเดล.....	33
3.5 สรุปผลการทดสอบการเรียนรู้ (Testing) ด้วยโมเดล.....	41
3.6 ตรวจสอบโมเดล A, B, C และ D ของปัจจัย “ระยะทางในการเทคอนกรีต”.....	43
3.7 ตรวจสอบโมเดล E, F, G และ H ของปัจจัย “สภาพอากาศ”.....	44
3.8 ตรวจสอบโมเดล I, J, K, L และ M ของปัจจัย “วิธีการบ่มคอนกรีต”.....	45
3.9 ตรวจสอบโมเดล N, P, Q, R และ S ของปัจจัย “ระดับการควบคุมงาน”.....	46
3.10 ตรวจสอบโมเดล T, U, V และ W ของปัจจัย “การทดสอบโมเดล”.....	47

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า	
1.1	ลักษณะการแตกร้าวของคอนกรีตถนน.....	1
2.1	แสดงเครื่องมือ Rebound Hammer ที่ใช้ในการทดสอบ.....	6
2.2	ตำแหน่งทดสอบด้วย Rebound Hammer 16 จุด.....	7
2.3	แสดงหลักการทำงานของเครื่องมือ.....	7
2.4	แสดงการกำหนดตำแหน่งทดสอบ.....	8
2.5	แสดงตาราง Rebound Number.....	8
2.6	กราฟของแต่ละชนิดของฟังก์ชันสามเหลี่ยม.....	12
2.7	กราฟฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู.....	12
2.8	ฟังก์ชันเกาส์เซียน.....	13
2.9	สถาปัตยกรรมของระบบอนุมานฟัซซีบนพื้นฐานโครงข่ายแบบปรับตัวได้.....	13
3.1	แผนผังการ Coring Test และทดสอบด้วย Rebound Hammer.....	20
3.2	ลักษณะการทดสอบด้วย Rebound Hammer.....	21
3.3	การเปิดระบบ ANFIS จากโปรแกรม MATLAB R2010a.....	23
3.4	สร้างตัวแปรสำหรับการเรียนรู้.....	24
3.5	การนำข้อมูลเข้าระบบ ANFIS.....	24
3.6	แสดงตัวแปรนำเข้าและแสดงผลในระบบ ANFIS.....	25
3.7	แสดงโครงสร้างโมเดล.....	25
3.8	แสดงกฎที่ได้จากโมเดล.....	25
3.9	แสดงการตรวจสอบความแม่นยำโดยใช้ Rule Viewer ที่ได้จากโมเดล.....	26
3.10	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Triangular Function ของชุดข้อมูล 70:30....	27
3.11	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Trapezoidal Function ของชุดข้อมูล 70:30...	28

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.12	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Gaussian Function
	ของชุดข้อมูล 70:30..... 28
3.13	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Triangular Function
	ของชุดข้อมูล 80:20..... 29
3.14	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Trapezoidal Function
	ของชุดข้อมูล 80:20..... 30
3.15	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Gaussian Function
	ของชุดข้อมูล 80:20..... 30
3.16	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Triangular Function
	ของชุดข้อมูล 90:10..... 31
3.17	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Trapezoidal Function
	ของชุดข้อมูล 90:10..... 32
3.18	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Gaussian Function
	ของชุดข้อมูล 90:10..... 32
3.19	ผลการฝึกฝนการเรียนรู้ (Training) ด้วยโมเดล..... 33
3.20	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Triangular Function
	ของชุดข้อมูล 70:30..... 35
3.21	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Trapezoidal Function
	ของชุดข้อมูล 70:30..... 35
3.22	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Gaussian Function
	ของชุดข้อมูล 70:30..... 36

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.23	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Triangular Function
	ของชุดข้อมูล 80:20..... 37
3.24	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Trapezoidal Function
	ของชุดข้อมูล 80:20..... 37
3.25	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Gaussian Function
	ของชุดข้อมูล 80:20..... 38
3.26	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Triangular Function
	ของชุดข้อมูล 90:10..... 39
3.27	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Trapezoidal Function
	ของชุดข้อมูล 90:10..... 39
3.28	กำลังอัดของคอนกรีตระหว่าง Coring Test กับ Gaussian Function
	ของชุดข้อมูล 90:10..... 40
3.29	ผลการฝึกฝนการเรียนรู้ (Training) ด้วยโมเดล..... 41
3.30	โมเดลที่ใช้ทำนายกำลังของคอนกรีต..... 42
3.31	ความถูกต้องแม่นยำระหว่างข้อมูล Coring Test เทียบกับการทำนายโดย ANFIS..... 48