

โปรแกรมช่วยออกแบบระบบฟัซซี่

FUZZY SYSTEM DESIGN TOOLS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

ISBN 974-622-913-3

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัซซี่

FUZZY SYSTEM DESIGN TOOLS



วุฒิพงษ์ กิตติรัชพงษ์

WUTTIPONG KITTIRATCHAPONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เลขหมึก.....

เลขทะเบียน..... 37657

วัน, เดือน, ปี..... 19 ก.ย. 2543

ISBN 974-622-913-3

FUZZY SYSTEM DESIGN TOOLS



WUTTIPONG KITTIRATCHAPONG

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

ISBN 974-622-913-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสาร **COPYRIGHT 2000** สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากต้องการอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัชซี
นักศึกษา	นายวุฒิพงษ์ กิตติรัชพงษ์
รหัสประจำตัว	36061178
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ.	2543
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.บุญธีร์ เกียรติราชู

บทคัดย่อ

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เป็นการพัฒนาโปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัชซี ลักษณะของโปรแกรมจะช่วยในการวิเคราะห์และศึกษาตัวควบคุมแบบฟัชซี ในกรณีที่ผู้ใช้เริ่มต้นศึกษาระบบการควบคุมแบบฟัชซี โปรแกรมจะแสดงและอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบสำหรับในแต่ละ อัลกอริทึม เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจถึงขบวนการในการทำงานของระบบ ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการค้นคว้า โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาเอง โปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัชซี เป็น software tool ที่มีลักษณะเป็น Computer - Aided Software Engineering (CASE) โดยผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนฟัชซีเซต และฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต การกำหนดรูปแบบของกฎการควบคุม การเลือกวิธีฟัชซีฟิเคชัน การเลือกวิธีอินเฟอร์เรนซ์ และการเลือกวิธีดีฟัชซีฟิเคชันได้ด้วย ผู้ใช้จะสามารถสังเกตเอาต์พุตที่เปลี่ยนแปลงไปได้ โดยการทดลองจะทำการจำลองระบบควบคุมทั้งหมดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของตัวควบคุม ก่อนที่จะนำตัวควบคุมไปใช้ในการควบคุมกระบวนการจริง ผลที่ได้จากการทดลองของการควบคุมเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ออกแบบไว้ โดยอาศัยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ หลักการในการเรียนรู้ และบทเรียนที่ป้อนให้กับระบบที่จะต้องสัมพันธ์กัน ทำให้ผู้ใช้สามารถออกแบบตัวควบคุมได้โดยไม่ต้องรู้โมเดลทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการเนื่องจากการออกแบบตัวควบคุม ใช้วิธีแปลงความรู้หรือประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญให้เป็นกฎการควบคุมในรูปแบบเงื่อนไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Fuzzy System Design Tools
Student	Mr.Wuttipong Kittiratchapong
Student ID.	36061178
Degree	Master of Engineering
Programme	Electrical Engineering
Year	2000
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Boontee Kruatrachue

ABSTRACT

The purpose of thesis is to invent the design tool for a fuzzy system. The design tool can analyze the function of the fuzzy controller. It also shows details and steps of the execution of each algorithm. This can save user from building everything from scratch. Fuzzy System Design Tools is a computer-aided software engineering (CASE Tool). The user can set the number of fuzzy set, the function of input/output variables, the format of control, rules, fuzzification method, inference method, and defuzzification method. The user can observe the output as well. Any fuzzy system can be tested in the tool before implementing it in the real world. The user does not need to know the mathematics model of the fuzzy system since the design tool acquires knowledge from an expert and then convert it into conditional control rules.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดี เพราะได้รับการช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ซึ่งผู้เขียนขอขอบพระคุณทุกท่าน ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ พี่ชาย พี่สาว พี่เคารพรัยง ผู้ซึ่งให้โอกาสในการศึกษารวมทั้งให้กำลังใจและให้คำปรึกษาเสมอมา อันเป็นแรงบันดาลใจให้ข้าพเจ้ามีมานะในการทำวิจัยและเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ผศ.ดร.บุญธีร์ เครือตราชู อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะแนวทางและให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยตลอดมา รวมทั้งการตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ที่เอื้อเพื่ออุปกรณ์และเครื่องมือทั้งหมดตลอดจนถึงสถานที่ รวมทั้งการอำนวยความสะดวกจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสิ้น

ขอขอบพระคุณ คุณ นิตยา ไชยเนตร ที่ช่วยให้กำลังใจและ ให้การช่วยเหลือมาตั้งแต่ต้น

ขอขอบพระคุณ คุณ สราญา บุบผามาศ ที่ให้การช่วยเหลือมาตลอด

ขอขอบพระคุณ สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ ที่สนับสนุนสถานที่ทำการวิจัย

ขอขอบพระคุณ มูลนิธิเพื่อการศึกษาคอมพิวเตอร์และการสื่อสาร ที่มอบทุนเพื่อสนับสนุนการศึกษาและวิจัย

และขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

วุฒิพงษ์ กิตติรัชพงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
คำย่อและสัญลักษณ์.....	IX
บทที่ 1. บทนำ.....	1
1.1 แนวความคิด.....	1
1.2 ประวัติและความเป็นมาของงานวิจัยในสาขานี้.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 แนวทางของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบผู้เชี่ยวชาญ ฟัชชี.....	5
2.1 ทฤษฎี ฟัชชีเซต.....	5
2.2 ทฤษฎีเซตแบบเดิม และลักษณะหน้าที่.....	7
2.3 ตัวแปรลิงกวิสติก.....	15
2.4 ความสัมพันธ์ฟัชชี.....	16
2.5 การคอมโพสิชันแบบฟัชชี.....	17
2.6 ตัวควบคุมฟัชชี.....	20
2.7 การฟัชชีฟิเคชัน.....	20
2.8 ฐานกฎฟัชชี.....	24
2.9 การให้เหตุผลแบบฟัชชี.....	27
2.10 หลักการอินเฟอร์เรนซ์แบบฟัชชี.....	30
2.11 กระบวนการดีฟัชชีฟิเคชัน.....	37
บทที่ 3. โครงสร้างของ Fuzzy System Design Tools.....	44
3.1 ส่วนของการคำนวณ และการวินิจฉัย.....	44
3.2 โครงสร้างข้อมูลและ Algorithm ที่ใช้.....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ หากมีข้อสงสัยโปรดติดต่อขอข้อมูลเพิ่มเติมที่กองบรรณาธิการของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า ท
ที่ 4. โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม.....	53
4.1 ระบบที่ใช้.....	53
4.2 กำหนด Project สำหรับการควบคุม.....	57
4.3 การหาค่าพีชคณิต.....	59
4.4 การสร้างฐานของกฎควบคุม.....	61
4.5 การหาค่าดีพีชคณิต.....	63
4.6 การจำลองการทำงาน.....	65
บทที่ 5. การทดลอง.....	66
5.1 ตัวอย่างการใช้ โปรแกรมเพื่อการออกแบบระบบการลอยของรถ.....	66
5.2 ผลการทดลอง.....	71
5.3 ตัวอย่างการใช้ โปรแกรมเพื่อการออกแบบระบบการสต็อกสินค้า.....	76
บทที่ 6. บทสรุป.....	82
บรรณานุกรม.....	83
ภาคผนวก ก ผลงานวิจัยเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์.....	84
ประวัติผู้เขียน.....	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงตารางค่าความจริงของการยูเนียนของพีชชีเซต A และ พีชชีเซต B.....	13
2.2 แสดงตารางค่าความจริงของการอินเตอร์เซกของพีชชีเซต A และ พีชชีเซต B.....	13
2.3 แสดงผลของการหาข้อสรุปตามหลักการเหตุผลโดยใช้ GMP.....	23
2.4 แสดงผลของการหาข้อสรุปตามหลักการเหตุผลโดยใช้ GMT.....	24
2.5 ตารางแสดงขอบเขตของตัวแปร อินพุต และเอาต์พุต.....	34
5.1 แสดงความหมายของตัวแปรที่ใช้ควบคุมการถอยรถ.....	66
5.2 แสดงกฎควบคุมที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนดขึ้น.....	70
5.3 แสดงผลของการจำลองการทำงานของโปรแกรม.....	75
5.4 ตารางที่ 5.4 แสดงความหมายของตัวแปรที่ใช้ควบคุมการถอยรถ.....	79
5.5 แสดงกฎที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนดขึ้น.....	79



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แสดงการเป็นสมาชิก.....	6
2.2 รูปแบบของ กริดซปเซต และ ฟัซซีเซต.....	10
2.3 แสดงการยูเนียนของฟัซซีเซต A และฟัซซีเซต B.....	12
2.4 แสดงการอินเตอร์เซกของฟัซซีเซต A และฟัซซีเซต B.....	13
2.5 แสดงคอมพลีเมนต์ของฟัซซีเซต A.....	14
2.6 แสดงโครงสร้างเบื้องต้นของตัวควบคุมฟัซซี.....	20
2.7 แสดงระดับการเป็นสมาชิกของอุณหภูมิจ.....	20
2.8 แสดงตัวแปรฟัซซีแบบต่อเนื่อง (Continuous).....	33
2.9 แสดงตัวแปรฟัซซีแบบ ไม่ต่อเนื่อง (Discrete).....	33
2.10 แสดงลักษณะการอินเฟอร์เรนซ์แบบที่ 1.....	35
2.11 ตัวแปรฟัซซีแบบ Monotonic.....	36
2.12 ภาพแสดงการกำหนดตัวแปรฟัซซี.....	37
2.13 รูปแสดงการหาค่าการเป็นสมาชิกของ อุณหภูมิ.....	41
3.1 แสดงโครงสร้างของของระบบ Fuzzy System Design Tools.....	44
3.2 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของระยะห่างระหว่างรถ.....	46
3.3 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของความเร็ว.....	47
3.4 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอัตราเร่ง.....	47
3.5 ขบวนการหาค่าของกฎ.....	48
3.6 แสดงโครงสร้างข้อมูลหลักของโปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัซซี.....	49
3.7 ลักษณะ โครงสร้างข้อมูลของฟัซซีเซตใน โปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัซซี.....	50
3.8 การแปลค่าจากฟังก์ชันการเป็นสมาชิกเป็นแบบเชิงเส้น ให้เป็นค่าอินพุตของ โปรแกรม.....	50
3.9 แสดงลักษณะ โครงสร้างข้อมูลของตัวแปรแบบฟัซซี ใน โปรแกรมช่วยออกแบบระบบ.....	51
3.10 แสดงรายละเอียด โครงสร้างข้อมูลฐานของกฎใน โปรแกรม.....	52
4.1 แสดงรายชื่อของ โปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัซซี.....	54
4.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมหลัก.....	57
4.3 แสดงหน้าจอของ โปรแกรมหลัก.....	58
4.4 แสดงขั้นตอนการทำงานฟังก์ชันของการเป็นสมาชิก.....	59
4.5 แสดงโปรแกรมคำนวณหาค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิก.....	60

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.6 แสดงฐานของกฎควบคุมของโปรแกรม.....	61
4.7 แสดงการกำหนดฐานของกฎควบคุม.....	62
4.8 แสดงขั้นตอนการหา คีพีชชีพีเคชัน.....	63
4.9 แสดงส่วนของการหาค่าคีพีชชีพีเคชันของโปรแกรม.....	64
4.10 แสดงขั้นตอนการจำลอง การทำงานของระบบ.....	65
5.1 แสดงการจำลองตัวรถ และค่าของตัวแปรในแต่ละจุด.....	66
5.2 ตำแหน่งของ x ให้มีระยะระหว่าง $0 \leq x \leq 100$	67
5.3 มุมของ Truck (angle) ให้มีระยะระหว่าง $-90 \leq \theta \leq 270$	67
5.4 Steering-angle ให้มีระยะระหว่าง $-30 \leq \theta \leq 30$	68
5.5 แสดงข้อมูลภายในไฟล์อินพุตของโปรแกรม	69
5.6 แสดงส่วนของการหาค่าคีพีชชีพีเคชันของโปรแกรม.....	71
5.7 แสดงโปรแกรมขณะทำการจำลองการทำงานของระบบ พีชชี.....	72
5.8 แสดงผลลัพธ์ของกฎหลังจากที่ได้มีการจำลองการทำงาน.....	73
5.9 แสดงผลของการคำนวณในแต่ละรูป.....	74
5.10 ระบบการจัดสต็อกหนังสือโดยใช้พีชชี.....	76
5.11 ระบบการจัดสต็อกหนังสือโดยใช้โปรแกรมช่วยออกแบบระบบพีชชี.....	76
5.12 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของราคาซื้อขาย(Share Price).....	77
5.13 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของปริมาณสินค้าในสต็อก(Trading Volume).....	77
5.14 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของยอดขาย.....	78
5.15 แปรค่าจากฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของยอดขายเพื่อจัดทำสต็อก.....	78
5.16 โปรแกรมแสดงฟังก์ชันการเป็นสมาชิก.....	79
5.17 แสดงผลลัพธ์ของกฎหลังจากที่ได้มีการจำลองการทำงาน.....	80
5.18 แสดงส่วนการคีพีชชีพีเคชันของโปรแกรมในการกระทำ ซื้อหรือขาย(Buy/Sell).....	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อและสัญลักษณ์

GMP (generalized modus ponens) หมายถึง สัจนิรันดร์ที่ใช้ในการหาข้อสรุปจากเหตุไปผล

GMT (generalized modus tollens) หมายถึง สัจนิรันดร์ที่ใช้ในการหาข้อสรุปจากผลไปเหตุ

MOM (mean of maxima) หมายถึง วิธีการตีฟuzzyฟิเคชัน โดยการใช้ค่าที่มีฟังก์ชันการเป็นสมาชิก
สูงสุด

COA (center of area) หมายถึง วิธีการตีฟuzzyฟิเคชัน โดยการหาจุดศูนย์กลางของพื้นที่

COG (center of gravity) หมายถึง วิธีการตีฟuzzyฟิเคชัน โดยการหาจุดศูนย์กลางถ่วงน้ำหนัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวความคิด

จากปัญหาของระบบแบบเดิม ที่มีมักจะพบว่า มีรูปแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear) มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (time-varying) และถูกใช้งานในสภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้การออกแบบตัวควบคุมอัตโนมัติต้องใช้วิธีการประมาณค่าโมเดลทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการซึ่งทำได้ยาก และถ้าการประมาณค่าโมเดลทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการเกิดผิดพลาด จะทำให้ได้สมรรถนะของระบบไม่ดี แต่ปัจจุบันทางภาคอุตสาหกรรมได้มีการนำทฤษฎี ฟัซซีเซต มาพัฒนาประยุกต์ใช้งาน เช่น ระบบช่วยการตัดสินใจเชิงธุรกิจ ด้านปัญญาประดิษฐ์ ระบบควบคุมเชิงวิศวกรรม กระบวนการหลอมโลหะ เป็นต้น ประโยชน์ที่เห็นเด่นชัด ได้แก่ ทางด้านระบบควบคุม (fuzzy controller) ได้มีการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ออกมา เช่น เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า ไปจนถึงการเบรครถยนต์ เหตุผลหนึ่งที่ได้ความนิยมของระบบ ฟัซซี คือ ใช้พลังงานน้อย ทำให้เสียดำไฟน้อยลง เนื่องจากระบบ ฟัซซีเป็นการควบคุมแบบต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่น กรณีของเครื่องปรับอากาศ ถ้าอุณหภูมิห้องลดต่ำลงเล็กน้อย ระบบก็จะทำให้เครื่องมีการทำงานน้อยลง ถ้าอุณหภูมิในห้องสูงขึ้นระบบก็จะทำการควบคุมให้เครื่องทำงานมากขึ้น ตัวอย่างอีกแบบ คือ ในกรณีของเบรครถยนต์ที่ใช้ระบบควบคุมแบบฟัซซี จะทำให้รถไม่ปิดไปมาเวลาเบรคบนถนนลื่น ด้วยการปรับระดับของเบรคให้สัมพันธ์กับความเร็วของรถและสภาพถนน

จากความสนใจดังกล่าวทำให้เกิดความคิดในการที่จะพัฒนาโปรแกรม ใช้สำหรับการออกแบบ วิเคราะห์ ตรวจสอบ ระบบควบคุมแบบฟัซซี ซึ่งทำให้ผู้ใช้ได้ประโยชน์ที่เห็นเด่นชัดดังนี้

1. เพื่อให้มองเห็นภาพของปัญหาในงานที่ระบบฟัซซีถูกนำมาใช้
2. เพื่อให้เข้าใจการทำงานของระบบผู้เชี่ยวชาญแบบฟัซซี

การทำงานของตัวควบคุมฟัซซี จะประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 3 ส่วน คือ

1. การแปลงสัญญาณจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงปริมาณให้เป็นตัวแปรฟัซซีเรียกว่า การฟัซซีฟิเคชัน (fuzzification)
2. การประมวลผลเพื่อหาสัญญาณควบคุมจากกฎการควบคุม โดยใช้วิธีการหาข้อสรุปจากหลักการเหตุผล ตามอัลกอริทึมแบบฟัซซี เรียกว่า การฟัซซีอินเฟอเรนซ์ (fuzzy inference)
3. การหาขนาดของสัญญาณควบคุม โดยการแปลงตัวแปรฟัซซีให้เป็นตัวแปรเชิงปริมาณเรียกว่า การดีฟัซซีฟิเคชัน (defuzzification)

ตัวควบคุมฟัซซีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในเรื่องการควบคุมกระบวนการทางอุตสาหกรรม เนื่องจากมีข้อดีที่เป็นจุดเด่นหลายประการ ดังนี้

1. สามารถควบคุมกระบวนการที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ โดยการกำหนดความสัมพันธ์ของกฎการควบคุมแบบไม่เป็นเชิงเส้น
2. สามารถออกแบบตัวควบคุมได้ โดยไม่ต้องรู้โมเดลทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการ เนื่องจากการออกแบบตัวควบคุม ใช้วิธีแปลงความรู้หรือประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ ให้เป็นกฎการควบคุมในรูปแบบอื่นใด

1.2 ประวัติและความเป็นมาของงานวิจัยในสาขานี้

ทฤษฎีของฟัซซีเซตได้มีการเสนอ โดย Professor Lofti A. Zadeh ศาสตราจารย์ที่มหาวิทยาลัยเบิร์กลีย์ แห่งแคลิฟอร์เนีย (California) ในปี ค.ศ 1965 ซึ่งเขาได้เสนอแนวความคิดของฟัซซีเซตจะมีลักษณะคล้ายกับ คลิซเซต (Crisp Set) เป็นลักษณะของลอจิกแบบเก่า (classical logic) ที่มีสถานะอยู่เพียง 2 สถานะ คือ จริงหรือเท็จ เท่านั้น แต่ในฟัซซีลอจิก สถานะของลอจิกจะเป็นฟัซซีเซต ซึ่งจะให้มีสถานะเป็นจริงบางส่วน หรือเท็จบางส่วนได้ตามค่าความเป็นสมาชิก เป็นการมองนิยามของเซตในรูปของฟังก์ชันที่เรียกว่า “ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก” (membership function) ในปี ค.ศ 1974 Professor E.H. Mamdani ได้นำหลักการนี้มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบตัวควบคุมฟัซซี (fuzzy controller) โดยแปลงความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติการที่อยู่ในรูปเงื่อนไข ถ้า...แล้ว... ให้เป็นกฎการควบคุมที่มีตัวแปรเป็นฟัซซีเซต (fuzzy rule) ตัวควบคุมฟัซซีนีจะเป็นตัวกลางในการเชื่อมโยงระหว่างสัญญาณที่ใช้งานจริง

1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ แนวทางของวิทยานิพนธ์

จากการศึกษาและพัฒนาในแนวทางของ artificial intelligence (AI) โดยเฉพาะในเรื่องเกี่ยวกับการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญหรือระบบความรู้เพื่อให้ใช้งานได้จริงซึ่งจากสาเหตุนี้มีความสนใจที่จะใช้ AI สำหรับขบวนการควบคุมที่มีความซับซ้อน ทำให้เกิดมีสาขาที่เรียกว่า Fuzzy Expert System ขึ้นมา ได้มีการพัฒนานำมาใช้งานได้แล้วในปัจจุบัน แต่ในด้านการออกแบบระบบควบคุมแบบ ฟัซซี นั้น ยังขาดซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการออกแบบ และจำลองการทำงานของระบบ ฟัซซี ส่วนซอฟต์แวร์ของต่างประเทศก็มีราคาสูง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอแนวทางการพัฒนาโปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัซซี เพื่อใช้ในการศึกษาและช่วยในการออกแบบระบบ โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) เพราะปัจจุบันมีราคาถูก และมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยมีส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ทาง กราฟิก (Graphic User Interface)

ช่วยให้ผู้ใช้สามารถทำการทดลองนำรูปแบบอินพุตที่สร้างขึ้นมา เลือกใช้อัลกอริทึมที่ต้องการ ผู้ใช้สามารถสังเกตเอาต์พุตที่ได้จากการทดลองแล้วนำค่าที่ได้ไปปรับแต่งระบบให้ได้ค่าที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

1.4 แนวทางของวิทยานิพนธ์ในแต่ละบทโดยย่อ

โครงร่างวิทยานิพนธ์ในแต่ละบท

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐาน ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโปรแกรมช่วยออกแบบระบบควบคุม

- ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ฟัซซี เช่น ฟัซซีเซต ฟัซซีลอจิก
- อัลกอริทึมที่ใช้กับทฤษฎีฟัซซีเซตเพื่อเป็นหลักการสำหรับเหตุผลโดยใช้ทฤษฎี ฟัซซีลอจิก ความสัมพันธ์แบบฟัซซี การฟัซซีฟิเคชัน การอินเฟอเรนซ์ และการ ดีฟัซซีฟิเคชัน

บทที่ 3 โครงสร้างของ Fuzzy System Design Tools

- โครงสร้างข้อมูลของโปรแกรม

บทที่ 4 ระบบและการทำงานโปรแกรม

- อุปกรณ์และระบบที่ต้องการ
- ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม
- การใช้งาน โปรแกรม
- การทดลองการทำงาน
- ตัวอย่างการใช้โปรแกรม
- ผลการทดลอง โดยการจำลองระบบควบคุม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของตัวควบคุม

บทที่ 5 การทดลอง

- จำลองระบบควบคุมการจอดรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 บทสรุป

- สรุปผลของงานวิจัย ปัญหาที่พบในการวิจัย และข้อเสนอแนะในการพัฒนาโปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟิชชี

บรรณานุกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบผู้เชี่ยวชาญ ฟัซซี

ระบบผู้เชี่ยวชาญ ฟัซซี เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญที่มีการใช้ ฟัซซีลอจิก แทน บูลีนลอจิก ระบบผู้เชี่ยวชาญ ฟัซซี เป็นการรวบรวมของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกและกฎ สำหรับใช้หาเหตุผลของข้อมูล ไม่เหมือนกับระบบผู้เชี่ยวชาญธรรมดาทั่วไป ความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับ ฟัซซีลอจิกได้ถูกนำมาเชื่อมโยงกับการประยุกต์ใช้งานในสาขาปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ทำให้ระบบคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการคิดหาเหตุผลได้ระดับหนึ่งเพื่อประโยชน์ในการแก้ปัญหา

2.1 ทฤษฎี ฟัซซีเซต (Fuzzy Set Theory)

คำว่า “ ฟัซซี ” (Fuzzy) แปลว่า “ คลุมเครือ ไม่ชัดเจน ” ในทาง AI ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า Fuzzy Set ซึ่งหมายถึง เซตที่สมาชิกไม่จำเป็นจะต้องมีค่าการเป็นสมาชิกเพียง จริงกับเท็จ ตัวอย่างเช่น “ เซตของอุณหภูมิ ” ถ้ากล่าวถึง อุณหภูมิในห้องสูงขึ้น ไม่เป็นที่ตกลงกันแน่ชัดว่า อุณหภูมิที่สูง มีระดับความสูงเท่าไร ถ้าถามว่า อุณหภูมิที่ 53 ฟาเรนไฮต์จัดว่ามีระดับอุณหภูมิที่สูงหรือไม่ หลายคนคงให้คำตอบต่างกัน คนที่ไม่รู้สึกร้อนอาจจะบอกว่ายังไม่สูง แต่ถ้าคนมีความรู้สึกร้อนมากคงจะบอกว่าสูงแล้ว เป็นต้น ดังนั้น อุณหภูมิแต่ละค่าจะจัดว่าเป็นสมาชิกของ “ เซตของอุณหภูมิสูง ” หรือไม่ ก็โดยใช้การกำหนดระดับของการเป็นสมาชิกแทน อุณหภูมิที่มีค่า 63 ฟาเรนไฮต์อาจจะมีการเป็นสมาชิกของอุณหภูมิสูงมากหน่อย แต่ถ้าอุณหภูมิที่มีค่า 48 ฟาเรนไฮต์ อาจจะมีการเป็นสมาชิกของอุณหภูมิที่สูงต่ำลงมา

นิยามที่ 2.1.1 ฟัซซีเซต (Fuzzy Set)

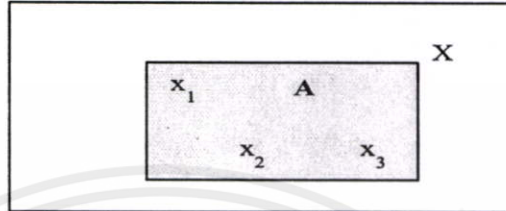
ฟัซซีเซตเป็นวิธีการทางคณิตศาสตร์โดยมีการเสนอเป็นครั้งแรกโดย Lofti A. Zadeh ในปี ค.ศ 1965 โดยเสนอบทความ “ ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก ” (membership function) ดังมีลักษณะดังนี้ ให้ X เป็น universal set และ มีฟัซซีเซต A ของเอกภพสัมพัทธ์หรือซัพเซตของ X ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของ A สามารถนิยามได้เป็น $f_a : X \rightarrow \{0,1\}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามที่ 2.2.2 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต (Membership Function of Fuzzy

$$\text{Set : } \mu_A(x_n)$$

ระดับการเป็นสมาชิกของ X ในฟัซซีเซต A อยู่ในช่วงระหว่างจาก 0 ถึง 1 เมื่อประยุกต์เข้ากับฟัซซีลอจิกค่า μ จะถูกเรียกว่า ค่าความจริงที่แสดงค่าระดับขอบเขตของเซตคือ $0 \leq X \leq 1$



ภาพที่ 2.1 แสดงการเป็นสมาชิก

$$\mu_A = 1 \quad \text{ถ้า } X \text{ เป็นสมาชิกของ } A$$

$$\mu_A = 0 \quad \text{ถ้า } X \text{ ไม่เป็นสมาชิกของ } A$$

การประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีเซตจะแสดงค่าระดับ (degree หรือ grade) ซึ่งค่าดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงการเป็นสมาชิกของเซต เราจะใช้ μ แทนค่าระดับการเป็นสมาชิก สมาชิกแต่ละหน่วยจะใช้ x_n แทน จากตัวอย่างต่อไปนี้ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต A ถูกนิยามให้มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์แสดงได้ดังนี้

$$\mu_A(x_n) : X \rightarrow [0, 1] \quad (2.1)$$

โดยค่า 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกเลย

1 หมายถึง เป็นสมาชิกอย่างสมบูรณ์

ตัวอย่าง

$$\mu_A(x_1) = 0.1 \quad \mu_A(x_2) = 0.5$$

ถ้า $\mu_A(x_1)$ มีค่าเท่ากับ 0.1 แสดงว่า x_1 มีค่าการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต A อยู่ 0.1

ถ้า $\mu_A(x_2)$ มีค่าเท่ากับ 0.5 แสดงว่า x_2 มีค่าการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต A อยู่ 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
แม้ในฟัซซีลอจิก สถานะของลอจิกจะเป็นฟัซซีเซต ซึ่งจะทำให้มีสถานะเป็นจริงบางส่วน หรือเท็จบางส่วนได้ตามค่าการเป็นสมาชิก จากการใช้ค่าการเป็นสมาชิกในการบ่งสถานะนี้ ทำให้

ฟuzzyลอจิกมีส่วนที่เพิ่มเติมจากลอจิกแบบเก่าขึ้นมาคือ เซตของฟuzzyลอจิกจะเป็นเซตของตัวบ่งบอกคุณลักษณะต่างๆได้ คุณลักษณะที่ว่ามีได้แก่ ภาษาที่ใช้แทนคำพูดทั่วไป เช่น ร้อนมาก ค่อนข้างอายุมาก สูง ยาว สั้น ซึ่งการแสดงความเป็นสมาชิกของเซตก็คือ การอ้างถึงค่าการเป็นสมาชิกนั่นเอง

ระดับการเป็นสมาชิกในฟuzzyเซตสามารถกำหนดค่าที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และระยะเหล่านี้เป็นส่วนที่ทำให้ฟuzzyเซตเกิดความแตกต่างจากคลิซปเซต

2.2 ทฤษฎีเซตแบบเดิม และลักษณะหน้าที่ (Crisp Sets)

นิยามที่ 2.2.1 คลิซปเซต

คือ กลุ่มของสมาชิกที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ซึ่งอาจจะมีจำนวนจำกัดหรือไม่จำกัดก็ได้

นิยามที่ 2.2.2 เอกภพสัมพัทธ์ (Universe of Discourse : U)

คือ เซตที่มีสมาชิกทั้งหมดของขอบเขตที่ทำการพิจารณา กำหนดให้ u เป็นสมาชิกใดๆของเอกภพสัมพัทธ์ U เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $u \in U$

- ถ้า u มีลักษณะต่อเนื่อง ฟuzzyเซต R สามารถเขียนได้ดังนี้

$$R = \int U \mu_{R(u)} / u \quad (2.2)$$

- ถ้า u มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง ฟuzzyเซต R สามารถเขียนได้ดังนี้

$$R = \sum_{i=1}^n \mu_{R(u_i)} / u_i \quad (2.3)$$

$$R = \mu_{R(u_1)} / u_1 + \mu_{R(u_2)} / u_2 + \dots + \mu_{R(u_n)} / u_n \quad (2.4)$$

หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ $R = \bigcup_i \mu_i / u_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ (2.5) การค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหมาย “/”, “ \sum ” และ “ $\int U$ ” เป็นการยูเนียนความสัมพันธ์ระหว่างค่าของการเป็นสมาชิกและสมาชิกของเอกภพสัมพัทธ์ U และ ไม่ได้หมายถึงตัวปฏิบัติการ “หาร” ในทางคณิตศาสตร์

นิยามที่ 2.2.3 ปฏิบัติการพื้นฐานของเซต

กำหนด ให้ A, B แทนสับเซตของเอกภพสัมพัทธ์ U

2.2.3.1 ยูเนียน

คือ ตัวปฏิบัติการในการสร้างเซตใหม่จากเซตเดิม 2 เซต โดยที่สมาชิกของเซตใหม่ได้จากการรวมสมาชิกทั้งหมดที่เป็นสมาชิกของเซตใดเซตหนึ่ง หรือทั้ง 2 เซต เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$A \cup B = \{U \mid U \in A \text{ หรือ } U \in B\} \quad (2.6)$$

2.2.3.2 อินเตอร์เซกชัน

คือ ตัวปฏิบัติการในการสร้างเซตใหม่จากเซตเดิม 2 เซต โดยที่สมาชิกของเซตใหม่ได้มาจากการรวมสมาชิกทั้งหมดที่เป็นสมาชิกของเซตเดิมทั้ง 2 เซต เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$A \cap B = \{U \mid U \in A \text{ และ } U \in B\} \quad (2.7)$$

2.2.3.2 คอมพลีเมนต์

คือ ตัวปฏิบัติการในการสร้างเซตใหม่จากเซตเดิม โดยที่สมาชิกของเซตใหม่คือสมาชิกของเอกภพสัมพัทธ์ U ที่ไม่เป็นสมาชิกเดิม เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$A' = \{U \mid U \notin A\} \quad (2.8)$$

นิยามที่ 2.2.4 ซัพพอร์ตของฟัซซีเซต (Support: $S(A)$)

คือ เซตของสมาชิก u ในเอกภพสัมพัทธ์ U ที่มีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตมากกว่า 0 ตัวอย่างเช่น ซัพพอร์ตของฟัซซีเซต R มีลักษณะเป็นคลิซิปเซตทุกจุดของ u ในเอกภพสัมพัทธ์ U เขียนได้ดังนี้

$$S(R) = \{u, u \in U \text{ และ } \mu_R(u) > 0\} \quad (2.9)$$

ถ้าส่วนของ u ในเอกภพสัมพัทธ์ U ที่มีค่า $\mu_R = 0.5$ จะเรียกตำแหน่งนั้นว่า *Crossover Point*

นิยามที่ 2.2.5 ฟัซซีซิงเกิลตัน (Fuzzy Singleton)

คือ ฟัซซีที่มีซัพพอร์ตของเซตมีสมาชิกเพียงตัวเดียว และมีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกเท่ากับ 1 ตัวอย่าง ถ้าซัพพอร์ตของฟัซซีเซต R มีเพียงค่าเดียวใน เอกภพสัมพัทธ์ U ที่ $u \in U$ จาก $\mu_R = 1.0$ จะเรียกว่า ฟัซซีซิงเกิลตัน เขียนได้ดังนี้

$$R = \frac{\mu}{u} \quad (2.10)$$

ตัวอย่างเช่น ค่าสมาชิกของอุณหภูมิจุด $(u_i) = 0.8$ มีความหมายว่า u_i เป็นสมาชิกของเอกภพสัมพัทธ์ U ที่มีระดับ 0.8 จากการเทียบกับ ระดับที่ 0 ซึ่งถือว่าไม่เป็นสมาชิกเลย และระดับที่ 1 ซึ่งถือว่า เป็นสมาชิกโดยสมบูรณ์

$$R = \frac{0.8}{u_i} \quad (i = 1) \quad (2.11)$$

นิยามที่ 2.2.6 เซต α -Level ของฟัซซีเซต (R_α)

เซต α -Level ของฟัซซีเซต R คือ เซตของสมาชิก u ในเอกภพสัมพัทธ์ U ที่มีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต R มากกว่าหรือเท่ากับ α เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

$$R_\alpha = \{ u \in U \mid \mu_R(u) \geq \alpha \} \quad (2.12)$$

นิยามที่ 2.2.7 ฟัซซีนัมเบอร์ (Fuzzy Number)

ฟัซซีนัมเบอร์ คือ ฟัซซีเซตที่มีคุณสมบัติการนอมอลไลซ์และการคอนเวกซ์

นิยามที่ 2.2.8 คุณสมบัติการนอมอลไลซ์ของฟัซซีเซต (Normalization)

ฟัซซีเซต F จะมีคุณสมบัติการนอมอลไลซ์ก็ต่อเมื่อฟัซซีเซต A มีความสูงเท่ากับ 1

$$A \text{ is normalized} \quad \leftrightarrow \quad \text{hgt}(A) = 1$$

$$\text{แบบนอมอลไลซ์ } \max_{u \in U} \mu_F(u) = 1 \quad (2.13)$$

นิยามที่ 2.2.9 คุณสมบัติการคอนเวกซ์ของฟัซซีเซต (Convexity)

ฟัซซีเซต F จะมีคุณสมบัติการคอนเวกซ์ ก็ต่อเมื่อฟังก์ชันการเป็นสมาชิก F สอดคล้องตามเงื่อนไขต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{แบบคอนเวกซ์ } \mu_F(\lambda u_1 + (1 - \lambda)u_2) &\geq \min(\mu_F(u_1), \mu_F(u_2)) \\ \text{โดยที่ } u_1, u_2 \in U, \lambda &\in [0,1] \end{aligned} \quad (2.14)$$

ตัวอย่างเช่น

อุณหภูมิภายในห้อง

$$R(\text{อุณหภูมิ}) = \{ \text{หนาว, เย็น, อุ่น, ร้อน} \}$$

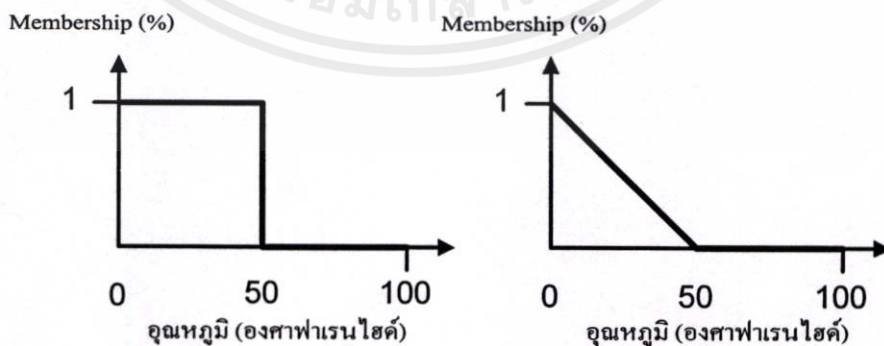
ให้ U เป็นค่า Universal of discourse ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 องศาฟาเรนไฮด์

การแปลความหมาย

ถ้าพูดถึง “หนาว” ก็มีความหมายเหมือนกับ “อุณหภูมิที่มีระดับต่ำกว่า 35 องศาฟาเรนไฮด์”

ถ้าพูดถึง “ร้อน” ก็มีความหมายเหมือนกับ “อุณหภูมิที่มีค่าสูงประมาณ 65 องศาฟาเรนไฮด์ ขึ้นไป”

ลักษณะที่กล่าวมาได้แสดงฟัซซีเซตของอุณหภูมิที่มีค่า Membership Function เหมือนดังภาพ



แบบ NONFUZZY SET

แบบ FUZZY SET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรที่ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.2 แสดงรูปแบบของ คลิซปีเซต และ ฟัซซีเซต

นิยามที่ 2.2.10 ตัวแปรฟัซซี (Fuzzy variable)

การควบคุมอินพุตของกระบวนการและเงื่อนไขที่ใช้ เรียกว่า กฎการควบคุมแบบฟัซซี (fuzzy control rule) กฎการควบคุมแบบฟัซซี สำหรับ อินพุตเดียว, เอาต์พุตเดียว ของกระบวนการ

ตัวอย่างเช่น

ถ้า E เป็น PS , CE เป็น PB แล้ว CO เป็น NM

ถ้า E เป็น ZO , CE เป็น ZO แล้ว CO เป็น ZO

ให้ E เป็น Error ของ Output , CE เป็นการเปลี่ยนแปลงของ Error ที่มีการ Sampling ขณะนั้นและ CO เป็นการเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุต

Fuzzy variable

PB = Positive big

NM = Negative medium

PS = Positive small

ZO = Zero

เป็นสิ่งจำเป็นต่อการกำหนดเซตเอกภพสัมพัทธ์ ในการให้ความหมายของตัวแปรฟัซซี , ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกสามารถบรรยายเอกภพสัมพัทธ์ของ fuzzy control ได้โดยในแต่ละ Discrete (ตัวอย่าง -6 ถึง +6) หรือค่าต่อเนื่องแบบปกติจะอยู่ภายในระยะระหว่าง(-1 , 1) ในแบบของ discrete, ตัวแปรฟัซซีจะเป็นการเลือกแบบปกติ, เหล่านี้เป็นทางเลือกใช้โดยกลุ่มวิจัยของ Mandani's ที่ Queen Mary College เราสามารถเห็นตัวแปรฟัซซีที่อยู่ใน A ได้ดังนี้

$$A = \frac{a_1}{x_1} + \frac{a_2}{x_2} + \frac{1}{x_3} + \frac{a_2}{x_4} + \frac{a_1}{x_5} \quad (2.15)$$

ซึ่งเป็นลักษณะของ 3 ตัวแปร a_1, a_2, x_3 ค่าสูงสุดกำหนดให้เป็น 1

ในแบบของเอกภพสัมพัทธ์ที่ต่อเนื่องตัวแปรฟัซซี เป็นการเลือกแบบปกติ มีการพิจารณาจากฟังก์ชันการเป็นสมาชิกดังตัวอย่างต่อไปนี้

$$A(x) = \exp [-a^2(x-x_0)] \quad (2.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ เราสามารถกำหนดค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต A ได้เหมือน A(x)

โดยทั่วไปแล้วชนิดของตัวแปรฟัซซีมีความสัมพันธ์ต่อวิธีการ fuzzy reasoning โดยการใช้เป็นส่วนประกอบกฎของการอินเฟอเรนซ์ ซึ่งเป็นแบบ Monotone ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรฟัซซี

นิยามที่ 2.2.11 ปฏิบัติการพื้นฐานของฟัซซีเซต

ในฟัซซีเซตมีตัวดำเนินการพื้นฐานที่นำมาใช้มีทั้งตัวดำเนินการแบบ ยูเนียน , อินเตอร์เซก และ คอมพลิเมนต์ ให้ A และ B เป็นฟัซซีเซตใน U โดยมีค่าการเป็นสมาชิก μ_A และ μ_B ตามลำดับ

2.2.11.1 ยูเนียนของฟัซซีเซต A และ ฟัซซีเซต B (Union)

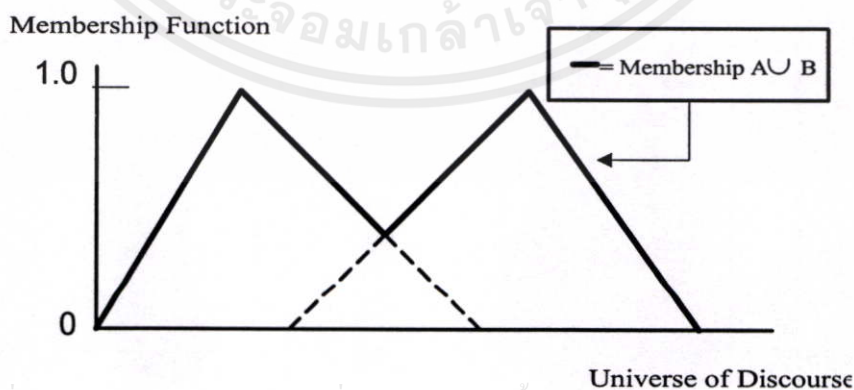
พิจารณาฟัซซีเซตทั้ง 2 คือ A และ B ที่อยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ U เดียวกัน. เอกภพสัมพัทธ์ของฟัซซีเซต A และ B มีลักษณะเป็น “A OR B” และมีสัญลักษณ์เหมือน $A \cdot B$, $A \cup B$ และ $A + B$ เป็นเท็จเมื่อทั้ง A และ B เป็นเท็จ และเป็นจริงอย่างใดอย่างหนึ่งเมื่อแต่ละ A เป็นจริง หรือ B เป็นจริง

$$A \cup B = \{ u | u \in A \text{ หรือ } u \in B \} \quad (2.17)$$

$$\mu_{A \cup B}(u) = \max \{ \mu_A(u), \mu_B(u) \} \quad u \in U \quad (2.18)$$

หรือ
$$\mu_{A \cup B}(u) = \int_u (\mu_A(u) \vee \mu_B(u)) / u \quad (2.19)$$

เอกภพสัมพัทธ์ในฟัซซีลอจิกมีลักษณะเดียวกับตัวปฏิบัติการ OR ใน Boolean algebra



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ภาพที่ 2.3 แสดงการยูเนียนของฟัซซีเซต A และฟัซซีเซต B

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม อีกรหัสบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ประจำบัญชีเงินฝากออมทรัพย์ประจำเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงตารางค่าความจริงของการยูเนียนของฟัซซีเซต A และ ฟัซซีเซต B

B \ A	0	1
0	0	1
1	1	1

2.2.11.2 อินเตอร์เซกชันของฟัซซีเซต A และ ฟัซซีเซต B (Intersection)

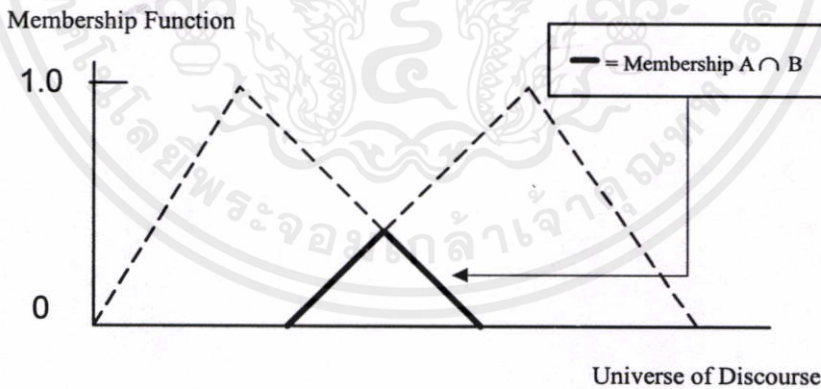
พิจารณาฟัซซีเซตทั้ง 2 คือ A และ B ที่อยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ U เดียวกัน. อินเตอร์เซกชันของฟัซซีเซต $A \cap B$ มีฟังก์ชันการเป็นสมาชิกเป็นไปในลักษณะ ดังนี้

$$A \cap B = \{ u | u \in A \text{ และ } u \in B \} \tag{2.20}$$

$$\mu_{A \cap B}(u) = \min\{ \mu_A(u), \mu_B(u) \} \quad u \in U \tag{2.21}$$

$$\text{หรือ } \mu_{A \cap B}(u) = \int_U (\mu_A(u) \wedge \mu_B(u)) / U \tag{2.22}$$

อินเตอร์เซกในฟัซซีลอจิกมีลักษณะเดียวกับตัวปฏิบัติการ AND ใน Boolean algebra



ภาพที่ 2. 4 แสดงการอินเตอร์เซกของฟัซซีเซต A และฟัซซีเซต B

ตารางที่ 2.2 แสดงตารางค่าความจริงของการอินเตอร์เซกของฟัซซีเซต A และ ฟัซซีเซต B

B \ A	0	1
0	0	0
1	0	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.11.3 คอมพลิเมนต์ \bar{A} ของฟัซซีเซต A (Complement)

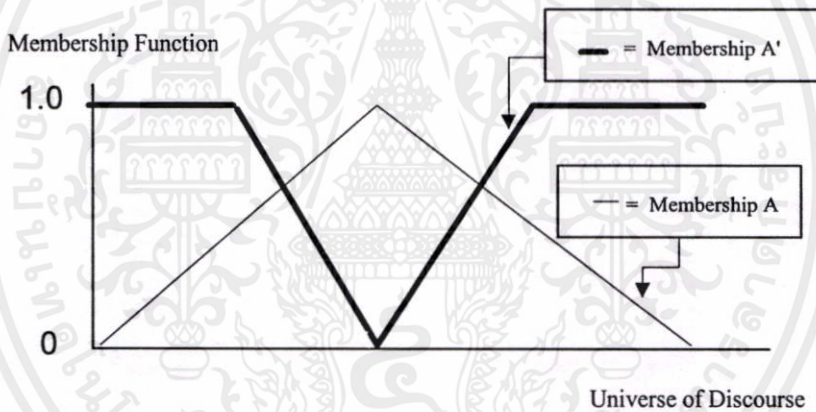
พิจารณาฟัซซีเซต A ในเอกภพสัมพัทธ์ U ถ้าคอมพลิเมนต์ \bar{A} เป็นฟัซซีเซตที่มีฟังก์ชันการเป็นสมาชิกในลักษณะดังนี้

$$A' = \{ u | u \notin A \} \tag{2.23}$$

$$\mu_{\bar{A}}(u) = 1 - \mu_A(u) \quad \text{สำหรับทุกๆ } u \in U \tag{2.24}$$

หรือ
$$\mu_{\bar{A}}(u) = \int_u (1 - \mu_A(u)) / u \tag{2.25}$$

โดยคอมพลิเมนต์มีลักษณะเดียวกับตัวปฏิบัติการ NOT ในพีชคณิตบูลีน



ภาพที่ 2.5 แสดงคอมพลิเมนต์ของฟัซซีเซต A

นิยามที่ 2.2.12 ตัวปฏิบัติการ Triangular norms หรือ T-norms

T-norms คือ ฟังก์ชัน $[0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

$$T(0,0) = 0$$

$$T(\mu_a, 1) = T(1, \mu_a) = \mu_a$$

$$T(\mu_a, \mu_b) \leq T(\mu_c, \mu_d) \quad \text{ถ้า } \mu_a \leq \mu_c \text{ และ } \mu_b \leq \mu_d$$

$$T(\mu_a, \mu_b) = T(\mu_b, \mu_a)$$

$$T(\mu_a, T(\mu_b, \mu_c)) = T(T(\mu_a, \mu_b), \mu_c)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับงานวิจัยที่จัดทำขึ้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามที่ 2.2.13 ตัวปฏิบัติการ Triangular co-norms หรือ S-norms

S-norms คือ ฟังก์ชัน $[0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

$$S(1,1) = 1$$

$$S(0, \mu_a) = S(\mu_a, 0) = \mu_a$$

$$S(\mu_a, \mu_b) \leq S(\mu_c, \mu_d) \quad \text{ถ้า } \mu_a \leq \mu_c \text{ และ } \mu_b \leq \mu_d$$

$$S(\mu_a, \mu_b) = S(\mu_b, \mu_a)$$

$$S(\mu_a, S(\mu_b, \mu_c)) = S(S(\mu_a, \mu_b), \mu_c)$$

2.3 ตัวแปรลิงกวิสติก (Linguistic Variable)

นิยาม 2.3 ตัวแปรลิงกวิสติก

ตัวแปรลิงกวิสติกถูกนิยามด้วยฟังก์ชัน 5 เทอม คือ $(x, T(x), U, G, M)$

โดย x คือ ชื่อของตัวแปร

$T(x)$ คือ เซตของค่าลิงกวิสติกของ x

U คือ เอกภพสัมพัทธ์ โดยที่ $u \in U$

X คือ ชื่อของค่าลิงกวิสติกของ x ที่ถูกสร้างตามกฎ G เรียกว่า เทอม (term)

G คือ Syntactic rule ในการกำหนดชื่อของเทอม X

M คือ Semantic rule ในการนิยามคุณสมบัติของเทอม X

$M(X)$ คือ ฟังก์ชันเซตของเอกภพสัมพัทธ์ U

ตัวแปรลิงกวิสติกที่สำคัญในพีชคณิตได้แก่ ตัวแปร “Probability” และ “Truth”

2.4 ความสัมพันธ์ฟัซซี (Fuzzy Relation)

นิยามที่ 2.4.1 ผลคูณคาร์ทีเซียน (Cartesian Product)

กำหนดให้ A_1, \dots, A_n เป็นฟัซซีเซตในเอกภพสัมพัทธ์ U_1, \dots, U_n ค่าผลคูณคาร์ทีเซียนของ A_1, \dots, A_n เป็นฟัซซีเซตในเอกภพสัมพัทธ์ $U_1 \times \dots \times U_n$ ที่มีฟังก์ชันการเป็นสมาชิกดังนี้

$$\mu_{A_1 \times \dots \times A_n} (u_1 \times \dots \times u_n) = \min \{ \mu_{A_1}(u_1), \dots, \mu_{A_n}(u_n) \} \tag{2.26}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า หรือ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_{A_1 \times \dots \times A_n} (u_1 \times \dots \times u_n) = \mu_{A_1}(u_1) \cdot \mu_{A_2}(u_2) \cdot \dots \cdot \mu_{A_n}(u_n) \tag{2.27}$$

นิยามที่ 2.4.2 ความสัมพันธ์ฟัซซี (Fuzzy Relation)

ความสัมพันธ์ฟัซซีขนาด n มิติของฟัซซีเซต u_1, \dots, u_n ที่อยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ $U_1 \times \dots \times U_n$ คือฟัซซีสับเซตในเอกภพสัมพัทธ์ $U_1 \times \dots \times U_n$ สามารถเขียนแสดงได้ดังนี้

$$R_{u_1 \times \dots \times u_n} = \{((u_1 \times \dots \times u_n), \mu_R(u_1 \times \dots \times u_n))\}$$

$$\text{โดย } (u_1, \dots, u_n) \in U_1 \times \dots \times U_n \quad (2.28)$$

กำหนดให้ R เป็นความสัมพันธ์ฟัซซีจากฟัซซีเซต A ไปยังฟัซซีเซต B

โดยที่ A เป็นฟัซซีเซตในเอกภพสัมพัทธ์ X ; $x \in X$

B เป็นฟัซซีเซตในเอกภพสัมพัทธ์ Y ; $y \in Y$

$$\mu_R(x,y) = A(x) \times B(y) = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(y) \} \quad (2.29)$$

หรือ

$$\mu_R(x,y) = A(x) \times B(y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y) \quad (2.30)$$

นิยามที่ 2.4.3 การปฏิบัติการของความสัมพันธ์ฟัซซี

กำหนดให้ R_1 และ R_2 เป็นความสัมพันธ์ฟัซซีบนระนาบเดียวกัน คือ $U_1 \times \dots \times U_n$

2.4.3.1 ยูเนียน นิยามโดยใช้ตัวปฏิบัติการ maximum ได้ดังนี้

$$\mu_{R_1 \cup R_2}(u_1, \dots, u_n) = \max \{ \mu_{R_1}(u_1, \dots, u_n), \mu_{R_2}(u_1, \dots, u_n) \}$$

$$\text{โดยที่ } (u_1, \dots, u_n) \in U_1 \times \dots \times U_n \quad (2.31)$$

2.4.3.2 อินเตอร์เซกชัน นิยามโดยใช้ตัวปฏิบัติการ minimum ได้ดังนี้

$$\mu_{R_1 \cap R_2}(u_1, \dots, u_n) = \min \{ \mu_{R_1}(u_1, \dots, u_n), \mu_{R_2}(u_1, \dots, u_n) \}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งโดยที่ $(u_1, \dots, u_n) \in U_1 \times \dots \times U_n$ เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการ (2.32)

นิยามที่ 2.4.4 คุณสมบัติของความสัมพันธ์ฟัซซี

กำหนดให้ $R = \{((u,v), \mu_R(u,v)) \mid (u,v) \in U \times V\}$ เป็นความสัมพันธ์ฟัซซี

Reflexivity R จะมีคุณสมบัติเป็น reflexivity ก็ต่อเมื่อ $\mu_R(u,u) = 1 : \forall u \in U$

Irreflexivity R จะมีคุณสมบัติเป็น irreflexivity ก็ต่อเมื่อ $\mu_R(u,u) = 0 : \forall u \in U$

Symmetry R จะมีคุณสมบัติเป็น symmetry ก็ต่อเมื่อ $R(u,v) = R(v,u)$

Antisymmetry R จะมีคุณสมบัติเป็น antisymmetry ก็ต่อเมื่อ ถ้า $u \neq v$ แล้ว $\mu_R(u,v) \neq \mu_R(v,u)$ หรือ $\mu_R(u,v) = \mu_R(v,u) = 0 ; \forall u, \forall v \in U$

Perfectly Antisymmetry R จะมีคุณสมบัติเป็น antisymmetry อย่างสมบูรณ์ ก็ต่อเมื่อ ถ้า $u \neq v$ และ $\mu_R(u,v) > 0$ แล้ว $\mu_R(v,u) = 0 ; \forall u, \forall v \in U$

Transitivity R จะมีคุณสมบัติเป็น transitivity ก็ต่อเมื่อ $R \circ R \subseteq R$ หรือ $\max_{v \in V} \{ \min [\mu_R(u,v), \mu_R(v,w)] \} \leq \mu_R(u,w)$

นิยามที่ 2.4.3 โปรเจกชันของความสัมพันธ์ฟัซซี (Fuzzy Relation Projection)

ให้ $R = \{ (u,v), \mu_R(u,v) \mid (u,v) \in U \times V \}$ เป็นความสัมพันธ์ฟัซซี

First projection $R^{(1)} = \{ (u, \max_v \mu_R(u,v)) \mid (u,v) \in U \times V \}$

Second projection $R^{(2)} = \{ (v, \max_u \mu_R(u,v)) \mid (u,v) \in U \times V \}$

Total projection $R^{(0)} = \{ ((u,v), \max_v \max_u \mu_R(u,v)) \mid (u,v) \in U \times V \}$

2.5 การคอมโพสิชันแบบฟัซซี (Composition of fuzzy Relations)

การคอมโพสิชัน คือ ปฏิบัติการหาความสัมพันธ์ R_c ที่ได้มาจากระหว่าง $R(x,y)$ และ $S(y,z)$ ที่มีการถ่ายทอดต่อเนื่องเป็นลูกโซ่

นิยามที่ 2.5.1 Max-Min Composition

$$R_c = R \circ S \leftrightarrow \mu_{R \circ S}(x,z) = \max_y \{ \min [\mu_R(x,y), \mu_S(y,z)] \}$$

(2.33)

นิยามที่ 2.5.2 Max-Product Composition

$$R_c = R * S \leftrightarrow \mu_{R * S}(x,z) = \max_y \{ \mu_R(x,y) \cdot \mu_S(y,z) \}$$

(2.34)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานที่เกินขอบเขตที่อนุญาตไว้จะถือว่าผิดกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยามที่ 2.5.3 Max-Average Composition

$$R_c = R \text{ av } S \leftrightarrow \mu_{R \text{ av } S}(x,z) = \max_y \left\{ \frac{\mu_R(x,y) + \mu_S(y,z)}{2} \right\} \quad (2.35)$$

นิยามที่ 2.5.4 Min-Max Composition

$$R_c = R \cdot S \leftrightarrow \mu_{R \cdot S}(x,z) = \min_y \{ \max[\mu_R(x,y), \mu_S(y,z)] \} \quad (2.36)$$

วิธีการ Max-Min Composition เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. Distributed w.r.t. union $(R \cup S) \circ R_c = (R \circ R_c) \cup (S \circ R_c)$
2. Non-distributed w.r.t. intersection $(R \cap S) \circ R_c \subset (R \circ R_c) \cap (S \circ R_c)$
3. association property $(R \circ S) \circ R_c = R \circ (S \circ R_c)$
4. inclusion property ถ้า $R \subset S$ แล้ว $(R \circ R_c) \subset (S \circ R_c)$
5. ถ้า R, S มีคุณสมบัติเป็น reflexivity
แล้ว $R \circ S$ จะมีคุณสมบัติเป็น reflexivity
6. ถ้า R, S มีคุณสมบัติเป็น symmetry และ $R \circ S = S \circ R$
แล้ว $R \circ S$ จะมีคุณสมบัติเป็น symmetry
7. ถ้า R, S มีคุณสมบัติเป็น transitivity และ $R \circ S = S \circ R$
แล้ว $R \circ S$ จะมีคุณสมบัติเป็น transitivity
8. ถ้า R มีคุณสมบัติเป็น symmetry และ transitivity
แล้ว $\mu_{R \circ S}(x,z) \leq \mu_{R \circ S}(x,x) ; \forall u, \forall v \in U$
9. ถ้า R มีคุณสมบัติเป็น reflexivity
แล้ว $R \subset R \circ R$
10. ถ้า R มีคุณสมบัติเป็น reflexivity และ transitivity
แล้ว $R \circ R = R$

นิยามที่ 2.5.5 ฟัชซีอิมพลีเคชัน (Fuzzy Implication)

ฟัชซีอิมพลีเคชัน คือ เงื่อนไขของความสัมพันธ์แบบฟัชซีระหว่างส่วนเหตุ(antecedent) และส่วนผล (consequence) ที่ใช้ในการหาข้อสรุปตามหลักการเหตุผล ฟัชซีอิมพลีเคชันจะขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกใช้ตัวปฏิบัติการ t-norms และ s-norms ซึ่งมีผู้เสนอวิธีการทำฟัชซีอิมพลีเคชันแบบต่างๆกัน

Zadeh's Max-Min Rule of Fuzzy Implication

ในตัวดำเนินการ MINI (Mamdani) สำหรับกฎ R_c ของฟัซซีอิมพลิเคชันเพื่อควบคุมการตัดสินใจโดยกฎที่ i สามารถเขียนแสดงได้ดังนี้ $\alpha_i \wedge \mu_{ci}(w)$ ค่าความสัมพันธ์ของ A กับ B จะได้เป็นค่าการเป็นสมาชิกของ C ซึ่งได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$R_c = A \times B \quad (2.37)$$

$$\int_{u \times v} \mu_A(u) \wedge \mu_B(v) / (u, v) \quad (2.38)$$

$$= (\alpha_i \wedge \mu_{c1}(w)) \vee (\alpha_2 \wedge \mu_{c2}(w)) \quad (2.39)$$

Larsen's Implication

ในตัวดำเนินการ Product (Larsen) สำหรับกฎ R_p ของฟัซซีอิมพลิเคชันเพื่อควบคุมการตัดสินใจ โดยกฎที่ i สามารถเขียนแสดงได้ดังนี้ $\alpha_i \wedge \mu_{ci}(w)$ ค่าความสัมพันธ์ของ A กับ B จะได้เป็นค่าการเป็นสมาชิกของ C ซึ่งได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$R_p = A \times B \quad (2.40)$$

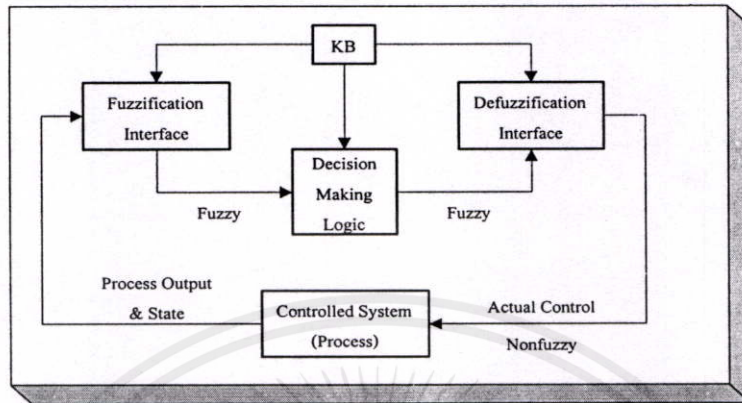
$$\int_{u \times v} \mu_A(u) \mu_B(v) / (u, v) \quad (2.41)$$

$$= (\alpha_1 \circ \mu_{c1}(w)) \vee (\alpha_2 \circ \mu_{c2}(w)) \quad (2.42)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ตัวควบคุมฟัซซี

โครงสร้างเบื้องต้นของตัวควบคุมฟัซซี ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ขั้นตอน คือ



ภาพที่ 2.6 แสดงโครงสร้างเบื้องต้นของตัวควบคุมฟัซซี

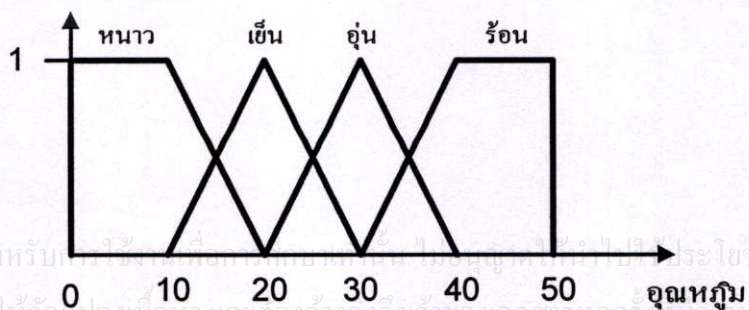
2.7 การฟัซซีฟิเคชัน (Fuzzification)

นิยามที่ 2.7.1 การฟัซซีฟิเคชัน

กระบวนการฟัซซีฟิเคชัน เป็นกระบวนการคำนวณหรือหาค่าของการเป็น สมาชิกของ อินพุตที่ป้อนเข้ามาในระบบ โดยใช้ฟัซซีเซต ค่าการเป็นสมาชิกรูปร่างนี้จะได้จากฟังก์ชันของการเป็น สมาชิกซึ่งหามาได้จากการทดลอง

โดยปกติในระบบต่างๆ ไปแล้วฟังก์ชันของการเป็นสมาชิกจะมีลักษณะเป็นฟังก์ชันแบบ เดิมๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ขณะที่ในระบบฟัซซีมักจะใช้ฟังก์ชันที่มีลักษณะดังเช่นรูป สามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่ก็สามารถใช้ฟังก์ชันอื่นๆ ได้ตามความเหมาะสม ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับ จำนวนของฟัซซีเซตแต่ละอินพุตของระบบ นอกจากนี้ฟังก์ชันของการเป็นสมาชิก ยังสามารถ เปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม ในขณะที่ระบบฟัซซีกำลังทำงาน

ระดับการเป็นสมาชิก



ภาพที่ 2.7 แสดงระดับการเป็นสมาชิกของอุณหภูมิ

ดังตัวอย่างซึ่งมีอินพุตเป็นอุณหภูมิ และหาเอาต์พุตซึ่งเป็นค่าการเป็นสมาชิกจากฟัซซีเซต “หนาว” “เย็น” “อุ่น” และ “ร้อน” จากรูปจะเห็นว่าค่าอุณหภูมิแต่ละค่าจะให้ค่าการเป็นสมาชิกออกมาในแต่ละเซต แต่ไม่ได้หมายความว่าต้องเป็นเช่นนี้เสมอไป เราสามารถเพิ่มฟัซซีเซตใหม่ เช่น ฟัซซีเซต “พอดี” แทรกเข้าไประหว่างฟัซซีเซต “อุ่น” และ “เย็น” ซึ่งจำนวนของฟัซซีเซต และรูปร่างลักษณะของฟังก์ชันของการเป็นสมาชิกจะเป็นเท่าไรหรืออย่างไรนั้น จะขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงการตอบสนองของระบบเสถียรภาพของระบบ และปัจจัยอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งส่วนใหญ่เราจะนิยมใช้ฟังก์ชันของการเป็นสมาชิกในรูปของสามเหลี่ยมหรือ สี่เหลี่ยมคางหมู

ไม่ว่าคุณจะใช้ฟัซซีเซตกี่เซตต่ออินพุตของระบบก็ตาม สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาก็คือฟัซซีเซตเหล่านั้นต้องครอบคลุมทุกอินพุตที่คุณสนใจ และแปลง (mapping) จากค่าอินพุตเหล่านั้นไปเป็นค่าการเป็นสมาชิกซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 กับ 1 บนแกน Y จากรูปจะเห็นว่าขอบเขตของแต่ละฟัซซีเซตสามารถซ้อนทับกันได้ทำให้การทำงานของระบบราบเรียบขึ้น ไม่เกิดการขาดช่วง (Discontinuity) ถึงแม้ว่าการซ้อนทับกันของฟัซซีเซตจะทำให้เกิดค่าการเป็นสมาชิกขึ้นหลายค่า เช่น ที่อุณหภูมิ 63 ฟาเรนไฮต์ จะมีค่าการเป็นสมาชิก 0.2 และ 0.8 ของฟัซซีเซต “เย็น” และ “อุ่น” ตามลำดับ

กระทำการแปลงจากจุดคลิซป $X = (x_1, \dots, x_n)^T \in U$ และให้ฟัซซีเซต A ใน U เราสามารถทำการแปลงได้ 2 วิธี

1. **Singleton fuzzifier** A เป็น fuzzy singleton จาก support X เหล่านั้นเป็น $\mu_A(X') = 1$ สำหรับ $X' = X$ และ $\mu_A(X') = 0$ สำหรับทุกๆ $X' \in U$ โดยที่ $X' \neq X$
2. **Nonsingleton fuzzifier** $\mu_A(X) = 1$ และ $\mu_A(X')$ ระยะเวลาเป็น 1 เช่นกัน เหมือน X' ห่างออกจาก X เช่นกัน

$$\mu_A(X') = \exp \left[\frac{-(x' - x)^T (x' - x)}{\sigma^2} \right] \quad (2.43)$$

ที่ σ^2 เป็นตัวแปรแสดงลักษณะของ $\mu_A(X')$

3. **การฟัซซิฟิเคชัน โดยใช้ไฮบริดนัมเบอร์ (Hybrid number) จะได้ว่า**

fuzzification (X') = A

โดยที่ A เป็นไฮบริดนัมเบอร์

$\mu_A(X) = 1$ เมื่อ $X = X'$

$\mu_A(X)$ ลดลง เมื่อ X อยู่ห่างออกไปจาก X'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาข้อสรุปตามหลักการให้เหตุผลโดยใช้ทฤษฎีฟัซซีลอจิก

ในระบบฟัซซี เราสามารถกำหนดคุณสมบัติของระบบได้จากกฎพื้นฐาน ซึ่งจะมีลักษณะเป็นประโยคที่ประกอบด้วย “ถ้า (if) ” และ “ดังนั้น (then)” โดยในประโยค if จะประกอบด้วยเงื่อนไขต่างๆ ที่เรียกว่า antecedents (หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นก่อน) และประโยค then จะประกอบไปด้วยการกระทำต่างๆ ที่เรียกว่า consequences (ผลที่เกิดขึ้นตามมา) ตัวอย่างเช่นในภาพที่ 2.7 เป็นเครื่องปรับอากาศแบบ ฟัซซี “อุณหภูมิในห้องลดลง และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้น้อยลง ดังนั้น ความเร็วของมอเตอร์ลดลง” จะเห็นว่ากฎพื้นฐานข้างต้นมีเงื่อนไขอยู่ 2 เงื่อนไข คือ อุณหภูมิในห้องลดลง และกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้น้อยลง ซึ่งก็คือ antecedents แต่ละ antecedents ก็จะมีค่าการเป็นสมาชิกของตัวเอง ซึ่งได้มาจากกระบวนการฟัซซีฟิเคชัน ส่วนการกระทำหรือ consequences จะเป็นฟัซซีเอาต์พุต ซึ่งในกฎข้างต้นก็คือ ความเร็วของมอเตอร์นั่นเอง ในการหาเอาต์พุตเราจะใช้ค่าความเป็นสมาชิกจาก antecedents ในการหาค่าโดยทั่วไป เราจะใช้ค่าที่น้อยที่สุด และใช้ค่ามากที่สุดของ consequences จากแต่ละกฎ

Fuzzy Implication inference ยึดหลักการบนส่วนประกอบกฎของการวินิจฉัยสำหรับ approximate reasoning ซึ่งเป็นการใช้ปกติในระบบผู้เชี่ยวชาญ มีอยู่ 2 ลักษณะ

กำหนด A, A', B, B' เหมือนเป็น ฟัซซีเซต

x และ y เป็น linguistic variables

นิยามที่ 2.7.2 Forward data-driven inference

ใน Fuzzy Implication inference เรียกวิธีนี้ว่า generalized modus ponens (GMP) หรือ “วิธี ponens” โดยพิจารณาข้อมูลเริ่มจากข้างหน้าไป

ให้ $A' = A$ และ $B' = B$

ให้ : ถ้า x เป็น A'

ให้ : ถ้า x เป็น A แล้ว y เป็น B

ผลลัพธ์ : y เป็น B'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงผลของการหาข้อสรุปตามหลักการให้เหตุผลโดยใช้ GMP

	x เป็น A' (ให้ เป็น 1)	y เป็น B' (ผลลัพท์)
เกณฑ์ที่ 1	x เป็น A	y เป็น B
เกณฑ์ที่ 2-1	x เป็น A อย่างเดียว	y เป็น B อย่างเดียว
เกณฑ์ที่ 2-2	x เป็น A อย่างเดียว	y เป็น B
เกณฑ์ที่ 3-1	x เป็นมากกว่าหรือน้อยกว่า A	y เป็นมากกว่าหรือน้อยกว่า B
เกณฑ์ที่ 3-2	x เป็นมากกว่าหรือน้อยกว่า A	y เป็น B
เกณฑ์ที่ 4-1	x ไม่เป็น A	y เป็น ไม่รู้
เกณฑ์ที่ 4-2	x ไม่เป็น A	y ไม่เป็น B

นิยามที่ 2.7.3 Backward data-driven inference

ใน Fuzzy Implication inference เรียกวินี้ว่า generalized modus tollens (GMT) หรือ “วิธี tollens” โดยพิจารณาข้อมูลเริ่มจากข้างหลังไป

ให้ $A' = \text{ไม่เป็น A}$ และ $B' = \text{ไม่เป็น B}$

ให้ : ถ้า y เป็น B'

ให้ : ถ้า x เป็น A แล้ว y เป็น B

ผลลัพท์ : x เป็น A'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงผลของการหาข้อสรุปตามหลักการให้เหตุผลโดยใช้ GMT

	y เป็น B' (ให้เป็น 1)	x เป็น A' (ผลลัพธ์)
เกณฑ์ที่ 5	y ไม่เป็น B	x ไม่เป็น A
เกณฑ์ที่ 6	y ไม่เป็น B อย่างเดียว	x ไม่เป็น A อย่างเดียว
เกณฑ์ที่ 7	y เป็นไม่มากกว่าหรือน้อยกว่า B	x เป็นไม่มากกว่าหรือน้อยกว่า A
เกณฑ์ที่ 8-1	y เป็น B	x เป็น 'ไม่รู้'
เกณฑ์ที่ 8-2	y เป็น B	x เป็น A

fuzzy control ใช้หลักการของฟัซซีลอจิกและเป็นความสำเร็จสำหรับการวิจัยโดยใช้ทฤษฎีฟัซซีเซต จากการริเริ่มงานวิจัยเกี่ยวกับ Fuzzy control ของ Mamdani กับผู้ร่วมงาน

จากขบวนการควบคุมในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากขึ้น การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคแบบธรรมดาจึงลดน้อยลง และให้ความสนใจมากขึ้นในวิธีการของ fuzzy logic control. fuzzy logic control จึงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างวิธีควบคุมที่ใช้การคำนวณคณิตศาสตร์แบบธรรมดา กับ การตัดสินใจของมนุษย์

2.8 ฐานกฎของฟัซซี

ฐานกฎของฟัซซีประกอบด้วยกลุ่มของกฎ IF-TTHEN ฟัซซี ในรูปแบบดังต่อไปนี้

$$R^{(i)} : \text{ถ้า } x_1 \text{ เป็น } F_1' \text{ และ } \dots \text{ และ } x_n \text{ เป็น } F_n' \text{ แล้ว } y \text{ เป็น } G' \quad (2.44)$$

ที่ F_i' และ G' เป็นฟัซซีเซตใน $U_i \subset R$ และ $V \subset R$ ตามลำดับ และ $x = (x_1, \dots, x_n)^T \in U_1 \times \dots \times U_n$ และ $y \in V$ ซึ่งเป็น linguistic variables. ให้ M เป็นจำนวนของกฎ IF-THEN ฟัซซีที่มีรูปแบบเหมือนสมการ (2.44) ซึ่งเป็นฐานกฎฟัซซีจากค่า $\lambda = 1, 2, \dots, M$ ในสมการ (2.44) , ให้ x และ y เป็นอินพุต และ เอาต์พุตของระบบ ฟัซซีลอจิก ตามลำดับ

เราพิจารณา หลายอินพุต - หนึ่งเอาต์พุต (Multi-input single-output) ของระบบฟัซซีลอจิกจนถึงระบบหลายเอาต์พุต ที่สามารถจำแนกได้ทุกครั้งภายในกลุ่มของระบบเอาต์พุตเดียว

ในทางปฏิบัติมีการแสดงกฎ IF-THEN ฟัชซีในรูปแบบของสมการ (2.44) ซึ่งมีโครงสร้างที่สะดวกมาก ๆ สำหรับผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ที่สามารถจะแสดงหลักความรู้เหล่านั้น

เราสามารถอธิบายสมการ (2.44) ได้ดังนี้

1. จากกฎในรูปแบบของสมการ (2.44) ประกอบด้วยดังต่อไปนี้ “ กฎ IF-THEN ที่ไม่สมบูรณ์ ”

$$\text{ถ้า } x_1 \text{ เป็น } F_1' \text{ และ ... และ } x_m \text{ เป็น } F_m' \text{ THEN } y \text{ เป็น } G' \quad \text{ที่ } m < n$$

จากเงื่อนไขก่อนหน้านี้อกฎ IF-THEN ที่ไม่สมบูรณ์ มีความหมายดังต่อไปนี้ ถ้า x_1 เป็น F_1' และ ... และ x_m เป็น F_m' และ x_{m+1} เป็น λ_1 และ ... และ x_n เป็น λ_1 แล้ว y เป็น G' ที่ λ_1 เป็นฟัชซีเซตใน R จาก $\mu_{\lambda_1}(x) \equiv 1$ สำหรับทุก $x \in R$. ที่กฎเงื่อนไขก่อนหน้านี้นี้เป็นในรูปแบบของสมการ (2.44) ด้วยเหตุนี้ค่าความจริงที่ได้เป็นจริง

2. กฎในรูปแบบของสมการ (2.44) ประกอบด้วย “ หรือ ” เหมือนดังต่อไปนี้

$$\text{ถ้า } x_1 \text{ เป็น } F_1' \text{ และ ... และ } x_m \text{ เป็น } F_1' \text{ หรือ } x_{m+1} \text{ เป็น } F_{m+1}' \text{ และ ... และ } x_n \text{ เป็น } F_n' \text{ แล้ว } y \text{ เป็น } G'$$

จากเงื่อนไขดังกล่าวมีความหมายดัง 2 กฎต่อไปนี้

$$\text{ถ้า } x_1 \text{ เป็น } F_1' \text{ และ ... และ } x_m \text{ เป็น } F_m' \text{ แล้ว } y \text{ เป็น } G'$$

$$\text{ถ้า } x_{m+1} \text{ เป็น } F_{m+1}' \text{ และ ... และ } x_n \text{ เป็น } F_n' \text{ แล้ว } y \text{ เป็น } G'$$

จากข้อ 1 เรามีเงื่อนไขเป็นแบบ 2 กฎมีลักษณะพิเศษ เพราะฉะนั้นค่าความจริงที่ได้เป็นจริง

3. กฎในรูปแบบของสมการ (2.44) ประกอบด้วยการกำหนดฟัชซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา y เป็น G' ไปถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนลักษณะดังนี้

จากเงื่อนไขการกำหนดฟัซซีเป็นการหาค่าได้ดังนี้

ถ้า x_1 เป็น λ_1 และ ... และ x_n เป็น λ_n แล้ว y เป็น G'

ซึ่งเป็นในแบบของสมการ (2.44)

4. กฎในรูปแบบของสมการ (2.44) ประกอบด้วย “ กฎขนาดเล็ก ” เหมือนดังต่อไปนี้

เล็กมาก เป็น x , ใหญ่มาก เป็น y

กำหนด S เป็นการแทนฟัซซีเซต “ เล็กมาก ” ตัวอย่าง

$$\mu_S(x) = 1 / (1 + \exp(5(x+2)))$$

“ , ” และ B เป็นการแทนฟัซซีเซต “ ใหญ่มาก ” ตัวอย่าง

$$\mu_B(x) = 1 / (1 + \exp(-5(y-2)))$$

จากเงื่อนไขการเป็นกฎเล็กน้อยเราสามารถหาค่าได้ดังนี้

ถ้า x เป็น S , แล้ว y เป็น B

5. กฎในรูปแบบของสมการ (2.44) ประกอบด้วย “ เว้นกฎ ” เหมือนดังต่อไปนี้

y เป็น G' ละเว้น x_1 เป็น F_1' และ ... และ x_n เป็น F_n'

จากเงื่อนไขของ “ การละเว้น ” จากกฎที่กล่าวมาเป็นเหมือนดังต่อไปนี้

ถ้า ไม่ (x_1 เป็น F_1' และ ... และ x_n เป็น F_n') แล้ว y เป็น G'

ซึ่งอาศัยพื้นฐานของกฎ De Morgan's เป็นเหมือนดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้ง ถ้า x_1 ไม่เป็น F_1' หรือ ... หรือ x_n ไม่เป็น F_n' แล้ว y เป็น G' ครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการไม่เป็น F_1' เหมือนฟัซซีเซตเดียว ซึ่งจะได้ค่าความจริงเป็นเหมือนข้อ 2

2.9 การให้เหตุผลแบบฟัซซี (Fuzzy Reasoning)

วิธีโดยทั่วไปของ Fuzzy reasoning แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี

1. พื้นฐานส่วนประกอบกฎของการอินเฟอเรนซ์
2. พื้นฐานของฟัซซีลอจิก , Fuzzified hukasiewicz logic

ในการควบคุมแบบฟัซซี

วิธีที่ 1 ของการให้เหตุผลแบบฟัซซี (Fuzzy reasoning)

ตัวอย่าง

กำหนด x_1 และ x_2 เป็นอินพุต และ y เป็นเอาต์พุตสมมติเรามี 2 ส่วนที่เกี่ยวข้องกัน

ถ้า x_1 เป็น A_{11} , x_2 เป็น A_{12} แล้ว y เป็น B_1

ถ้า x_1 เป็น A_{21} , x_2 เป็น A_{22} แล้ว y เป็น B_2

ให้ x_1^0 และ x_2^0 , คำนวณหาค่า weight ที่แท้จริงโดยกำหนดให้ w_1 และ w_2 เป็นค่าที่ได้ของเงื่อนไข

$$w_1 = A_{11}(x_1^0) \wedge A_{12}(x_2^0) \quad (2.45)$$

$$w_2 = A_{21}(x_1^0) \wedge A_{22}(x_2^0) \quad (2.46)$$

หรือ

$$w_1 = A_{11}(x_1^0) \times A_{12}(x_2^0) \quad (2.47)$$

$$w_2 = A_{21}(x_1^0) \times A_{22}(x_2^0) \quad (2.48)$$

การคูณน้ำหนัก (Weight) มีการใช้บ่อยกว่าแบบอื่น ตั้งแต่นั้นมาเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงเรียบมาก จากการอินเฟอเรนซ์อันแรก $w_1 B_1$ และนำมาซึ่งอันที่ 2 $w_2 B_1$ ที่

$$(w_i B_i)(y) = w_i \times B_i(y) \quad \text{ที่ } i = 1, 2 \quad (2.49)$$

แล้วแบบฟัซซีเซต B^* เหมือน

$$B^* = w_1 B_1 \cup w_2 B_2 \quad (2.50)$$

ค่าเอาต์พุตที่ได้ y^0 เป็นการอินเฟอเรนซ์โดยการเอาศูนย์กลางของมวลของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก $B^*(y)$

$$y^0 = \frac{\int B^*(y) y dy}{\int B^*(y) dy} \quad (2.51)$$

วิธีที่ 2 ของ fuzzy reasoning เป็นวิธีที่มีความง่ายอีกวิธีหนึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของพีชคณิตที่มีตัวแปรฟัซซีโดยใช้ค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกแบบ monotone

กำหนดให้

ถ้า x_1 เป็น N, x_2 เป็น P แล้ว y เป็น N

ถ้า x_1 เป็น P, x_2 เป็น N แล้ว y เป็น P

ที่ N เป็น Negative และ P เป็น Positive

$$w_1 = N(y_1) \quad (2.52)$$

$$w_2 = P(y_2) \quad (2.53)$$

สำหรับ อินพุต x_1^0, x_2^0 และ เอาต์พุต y^0 มีการอินเฟอเรนซ์ได้ดังนี้

$$y^0 = \frac{w_1 y_1 + w_2 y_2}{w_1 + w_2} \quad (2.54)$$

ที่ w_1 และ w_2 เป็นน้ำหนักของสมการที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารใช้กฎควบคุม (control rule) ในทั้ง 2 วิธีของขบวนการ fuzzy reasoning สามารถทำการตีความได้จากภาษา จากสิ่งเหล่านี้ทำให้บางครั้งมีการเรียกว่า ภาษาควบคุม (linguistic control) ในการอินเฟอเรนซ์สามารถทำได้ดังนี้

วิธีที่ 1. จากปกติที่มีการใช้ตัวแปรน้อยกว่า 5 ตัวสำหรับแต่ละอินพุต x ถ้าเหล่านี้เป็น n อินพุต จำนวนของกฎที่เป็นไปได้กลายเป็น 5^n ซึ่งไม่สามารถเป็นเครื่องมือสำหรับ n ที่มีขนาดใหญ่ ชนิด กฎของฟัซซีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของฟัซซี กฎของฟัซซีมีลักษณะเหมือนดังนี้

ถ้า E เป็น PB , CE เป็น PS แล้ว CO เป็น PB

ผลของค่าคลิขป จากขบวนการฟัซซีพีเคชัน

ถ้า E เป็น 0.8 , CE เป็น 0.2 แล้ว CO เป็น 0.9

วิธีที่ 2. สามารถทำการลดจำนวนกฎที่จำเป็น สำหรับตัวอย่าง ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (linear) ระหว่าง x_1, x_2 เป็น y สามารถเป็นการแสดงอย่างแน่นอนโดย 4 กฎของชนิดที่ 2 กฎควบคุมเป็น ความสัมพันธ์ของจำนวนฟัซซีจนถึงการแสดงผลที่ต้องปฏิบัติสำหรับค่าฟัซซีของเอาต์พุต y

เราสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายจากโจทย์ที่ว่า " x_1 เป็น ใหญ่ , x_2 เป็น เล็ก" เหมือนเป็นการ แสดงระยะย่อยของระยะ $x_1 - x_2$ แต่จากเซตของกฎมีลักษณะของ fuzzy partition ที่เป็นระยะอินพุต ระยะย่อย(a) สามารถแสดงได้เป็น " x_1 เป็น เล็ก " และ " x_2 เป็น เล็ก " และ ระยะย่อย (c) เท่านั้นที่ " x_2 เป็น ใหญ่ "

วิธีที่ 3. ของการอินเฟอเรนซ์เราสามารถทำการแสดงได้ดังนี้

ถ้า x_1 เป็น A_{11} , x_2 เป็น A_{12} แล้ว $y = f_1(x_1, x_2)$

ถ้า x_1 เป็น A_{21} , x_2 เป็น A_{22} แล้ว $y = f_2(x_1, x_2)$

สำหรับอินพุต x_1^0, x_2^0 และเอาต์พุต y^0 มีการอินเฟอเรนซ์เป็นดังนี้

$$y^0 = \frac{w_1 f_1(x_1^0, x_2^0) + w_2 f_2(x_1^0, x_2^0)}{w_1 + w_2} \quad (2.55)$$

w_i เป็นน้ำหนักของจำนวน i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 หลักการอินเฟอเรนซ์แบบฟัซซี

กฎการควบคุมฟัซซีเป็นการรวมกฎในรูปแบบ IF-THEN ฟัซซีจากฐานกฎควบคุมฟัซซีภายใน โดยการแปลงจากฟัซซีเซตใน $U = U_1 \times \dots \times U_n$ จนถึง ฟัซซีเซตใน V

2.10.1 การแปลความหมายของกฎควบคุมฟัซซีในรูปแบบ IF-THEN

จากกฎควบคุมฟัซซีในรูปแบบ IF-THEN เป็นการอธิบายเหมือนความหมายฟัซซีที่ $F'_1 \times \dots \times F'_n \rightarrow G'$ ใน $U \times V$ กำหนดให้ฟัซซีเซต A' ใน U เป็นอินพุต ไปยังกลไกการอินเฟอเรนซ์ฟัซซี แล้วแต่ละกฎ IF-THEN ฟัซซี สมการ (2.57) กำหนดให้ฟัซซีเซต B' ใน V เหมือนส่วนประกอบ sup-star

$$\mu_{R \circ s}(u, w) = \sup_{v \in V} [\mu_R(u, v) * \mu_S(v, w)] \quad (2.56)$$

ได้เป็น

$$\mu_{B'}(y) = \sup_{x \in U} [\mu_{F'_1 \times \dots \times F'_n \rightarrow G'}(x, y) * \mu_A(x)] \quad (2.57)$$

เราเห็นสมการเหล่านี้มี 6 ความหมายสำหรับความสัมพันธ์ฟัซซี และในแต่ละความหมายเราอาจใช้ t-norm หรือ t-conorms ต่างกัน ตัวอย่างลักษณะปกติของการแปลความหมายสำหรับกฎ IF-THEN ฟัซซี กำหนดให้ $F'_1 \times \dots \times F'_n = A$ และ $G' = B$ และกฎ (*) เป็นการกำหนดโดย

$A \rightarrow B$

2.10.2 กฎการดำเนินการ Mini ของความหมายฟัซซี

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min[\mu_A(x), \mu_B(y)] \quad (2.58)$$

2.10.3 กฎการดำเนินการ Product ของความหมายฟัซซี

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_A(x) \mu_B(y) \quad (2.59)$$

2.10.4 กฎเลขคณิตของความหมายฟัซซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min[1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y)] \quad (2.60)$$

2.10.5 กฎ Maxmin ของความหมายฟัซซี

$$\mu_{A \rightarrow B}(X, Y) = \max[\min[\mu_A(X), \mu_B(Y)], 1 - \mu_A(X)] \quad (2.61)$$

2.10.6 กฎ Boolean ของความหมายฟัซซี

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \max[1 - \mu_A(x), \mu_B(y)] \quad (2.62)$$

2.10.7 กฎ Goguen's ของความหมายฟัซซี

$$\mu_{A \rightarrow B}(X, Y) = \begin{cases} 1 & \mu_A(X) \leq \mu_B(Y) \\ \mu_B(Y) / \mu_A(X) & \mu_A(X) > \mu_B(Y) \end{cases} \quad (2.63)$$

$\mu(x) = \mu_{F_1} \times \dots \times \mu_{F_n}(x)$ เป็นการกำหนดแต่ละความสอดคล้องต่อกฎการดำเนินการ mini

$$\mu_{F_1 \times \dots \times F_n}(X) = \min \{ \mu_{F_1}(X_1), \dots, \mu_{F_n}(X_n) \} \quad (2.64)$$

หรือความสอดคล้องต่อกฎการดำเนินการ product

$$\mu_{F_1 \times \dots \times F_n}(X) = \mu_{F_1}(X_1) \dots \mu_{F_n}(X_n) \quad (2.65)$$

2.10.8 ระบบการอินเฟอเรนซ์

ระบบการอินเฟอเรนซ์เป็นเสมือนความรู้ของระบบฐานกฎฟัซซี(fuzzy rule-base systems), รูปแบบฟัซซี (fuzzy models) , การจัดการหน่วยความจำในแบบฟัซซี (FAM) , หรือตัวควบคุมระบบฟัซซี (fuzzy controllers) จะมีลักษณะเหมือน Controllers

ลำดับของการอินเฟอเรนซ์ (การปฏิบัติการอินเฟอเรนซ์ตามกฎแบบฟัซซี)

1. การเปรียบเทียบตัวแปรอินพุต จากหน้าที่การเป็นสมาชิกบนส่วนที่กำหนดให้ว่ามีค่าสมาชิก (หรือการวัดสิ่งที่ตรงกัน) ของแต่ละการระบุภาษาที่ใช้แทน (ลำดับเหล่านี้เป็นการเรียกในภายหลังว่า fuzzification)

2. การรวม หมายถึง (ทั้งในแบบตัวปฏิบัติการ T-norm , การคูณ หรือ min) ค่าสมาชิกของส่วนที่กำหนดให้ว่ามีน้ำหนัก (weight) ของแต่ละกฎเท่าไร
3. การก่อให้เกิดลักษณะผลที่เกิดในภายหลัง (แต่ละฟัซซี หรือ คลิซป) ของแต่ละกฎ การกำหนดบนน้ำหนัก
4. สรุปลักษณะผลลัพธ์ที่เกิดในภายหลังที่ได้ค่าคลิซป ของเอาต์พุต (เรียกว่า คีฟัซซี ฟิเคชัน)

การกำหนดชนิดของการให้เหตุผลแบบฟัซซี และกฎ IF-THEN ของฟัซซี ในระบบการอินเฟอเรนซ์ฟัซซี สามารถแบ่งออกได้ 3 ชนิด

ชนิดที่ 1 เอาต์พุตทั้งหมดเป็นการเปลี่ยนน้ำหนักของแต่ละค่าคลิซป ของเอาต์พุตการก่อให้เกิดโดย น้ำหนักของกฎ (product หรือ ค่าต่ำสุดของระดับของการเข้าคู่จากส่วนที่ให้มา) และฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเอาต์พุตเป็นการใช้ในลำดับขั้นเหล่านี้ต้องเป็นหน้าที่ monotonic

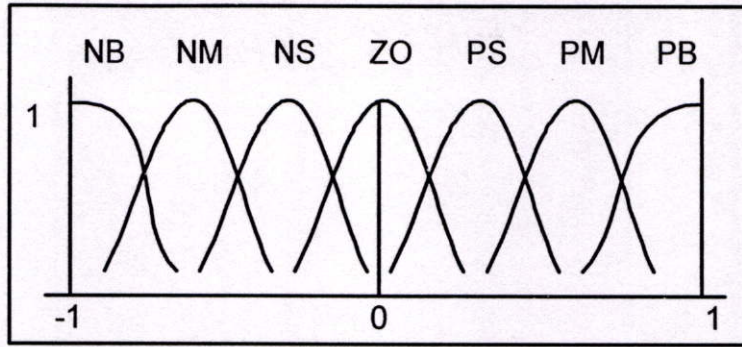
ชนิดที่ 2 ฟัซซีเอาต์พุตทั้งหมดเป็นการได้มาโดยการใช้ตัวปฏิบัติ "max" ไปยังคุณสมบัติเอาต์พุตของฟัซซี (แต่ละอันเป็นสมการ minimum ของน้ำหนัก และ หน้าที่การเป็นสมาชิกของเอาต์พุตแต่ละกฎ)

แบบแผนหลายชนิดมีการเสนอทางเลือกค่าคลิซปเซตของเอาต์พุต สุดท้าย พื้นฐานเอาต์พุตของฟัซซีทั้งหมด , บางศูนย์กลางของพื้นที่ , ส่วนที่เท่าๆ กันของพื้นที่ , ค่าเฉลี่ยของ max-min , เกณฑ์ค่าสูงสุด

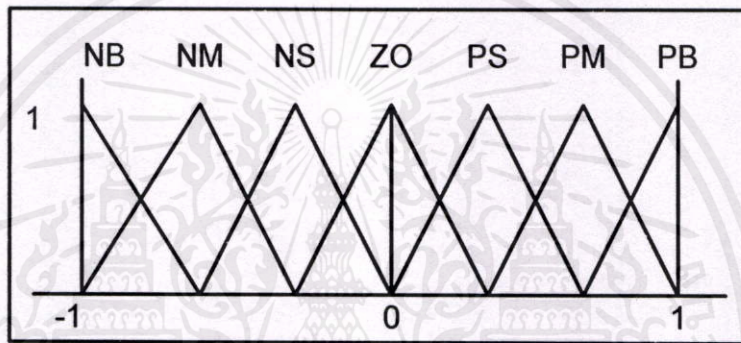
ชนิดที่ 3 Takagi และ Sugeno's กฎ IF-THEN ฟัซซีเป็นการให้เอาต์พุตของแต่ละกฎเป็นการรวมเส้นตรงของตัวแปรอินพุตบวกในแบบคงที่ และเอาต์พุตสุดท้ายเป็นน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละเอาต์พุตของกฎ

การอินเฟอเรนซ์วิธีที่ 1

ตัวแปรฟัซซีมี 2 ชนิด คือแบบต่อเนื่อง(Continuous) กับ แบบไม่ต่อเนื่อง(Discrete). ตัวแปรแบบต่อเนื่องมีลักษณะดังรูป 2.8 เป็นแบบระฆัง และ 2.9 เป็นแบบสามเหลี่ยม



ภาพที่ 2.8 แสดงตัวแปรฟัซซีแบบต่อเนื่อง (Continuous)



ภาพที่ 2.9 แสดงตัวแปรฟัซซีแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete)

ซึ่งทั้ง 2 แบบนี้สำหรับตัวแปรฟัซซีที่มาจาก 2 พารามิเตอร์ กำหนดให้ NB , ZO , PS มีความหมายดังนี้ Negative Big , Zero และ Positive small ตามลำดับ เหล่านี้เป็น fuzzy subsets หรือ fuzzy numbers ของระยะระหว่าง $[-1, 1]$ ในขอบเขตของการควบคุมแบบฟัซซี ขอบเขตของตัวแปรอินพุต และ เอาต์พุต เหล่านี้สามารถมีแต่ละค่าที่เป็น positive หรือ negative ในระยะปกติระหว่าง $[1, -1]$ และมีเฉพาะค่า positive ที่เป็น $[0, 1]$ เนื่องจากสามารถให้ positive ที่เป็น $[0, 1]$ เราจึงใช้ตัวแปรแบบฟัซซีได้ทุกตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงขอบเขตของตัวแปร อินพุต และเอาต์พุต

	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6
PB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	10
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	10	7	3
PS	0	0	0	0	0	0	3	7	10	7	3	0	0
ZO	0	0	0	0	3	7	10	7	3	0	0	0	0
NS	0	0	3	7	10	7	3	0	0	0	0	0	0
NM	3	7	10	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0
NB	10	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ซึ่งมีลักษณะของตัวแปรฟัซซีแบบ discrete ที่มีระดับค่าเป็นจำนวนเต็มจาก 0 ถึง 10 ขอบเขตของตัวแปรอินพุต และ เอาต์พุต เป็น discrete ระยะเวลาจำนวนเต็มจาก -6 ถึง 6 และ ตัวแปรฟัซซีหนึ่งมี 3 พารามิเตอร์

ในวิธีการอินเฟอเรนซ์ฟัซซีแบบที่ 1 เป็นธรรมดาที่จะมี 5 ถึง 7 ตัวแปรฟัซซีและตัวแปรธรรมดาก็สามารถใช้ได้

ตัวอย่างของวิธีการอินเฟอเรนซ์แบบนี้มี ซึ่งจะ มี 2 อินพุต และ 1 เอาต์พุต กำหนด x_1 และ x_2 เป็นอินพุต และ y เป็นเอาต์พุต สมมติเรามี 2 ส่วนที่เกี่ยวข้องกัน

$$\begin{aligned} \text{ถ้า } x_1 \text{ เป็น } A_{11}, \quad x_2 \text{ เป็น } A_{12} \quad \text{แล้ว } y \text{ เป็น } B_1 \\ \text{ถ้า } x_2 \text{ เป็น } A_{21}, \quad x_1 \text{ เป็น } A_{22} \quad \text{แล้ว } y \text{ เป็น } B_2 \end{aligned}$$

ให้อินพุตเป็น $x_1 = x_1^0$ และ $x_2 = x_2^0$ เราหาสิ่งที่ตรงกันสำหรับแต่ละสภาวะ antecedent ของกฎในอินพุต โดยทั่วไป เรากำหนดสิ่งที่ตรงกันสำหรับ antecedent " x เป็น A " เป็น $A(x^0)$ ที่มีหน้าที่ของการเป็นสมาชิกของ x^0 สำหรับฟัซซีเซต A ที่ antecedent เป็น 2 มิติ โดยเรากำหนดสิ่งที่ตรงกันเป็น

$$w_i = A_{i1}(x_1^0) * A_{i2}(x_2^0) \quad i = 1, 2.. \quad (2.66)$$

โดย i เป็นจำนวนของกฎและ $*$ เป็นการคูณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรากำหนดผลของการอินเฟอเรนซ์สำหรับ i กฎเป็นเหมือนสมการนี้

$$\text{ที่ } y \text{ เป็น } w_i B_i, \text{ แต่ } (w_i B_i)(y) = w_i x B_i(y) \quad (2.67)$$

กรณีเหล่านี้มีตัวปฏิบัติการ \min มีหน้าที่แทนการคูณ เหมือนสมการ

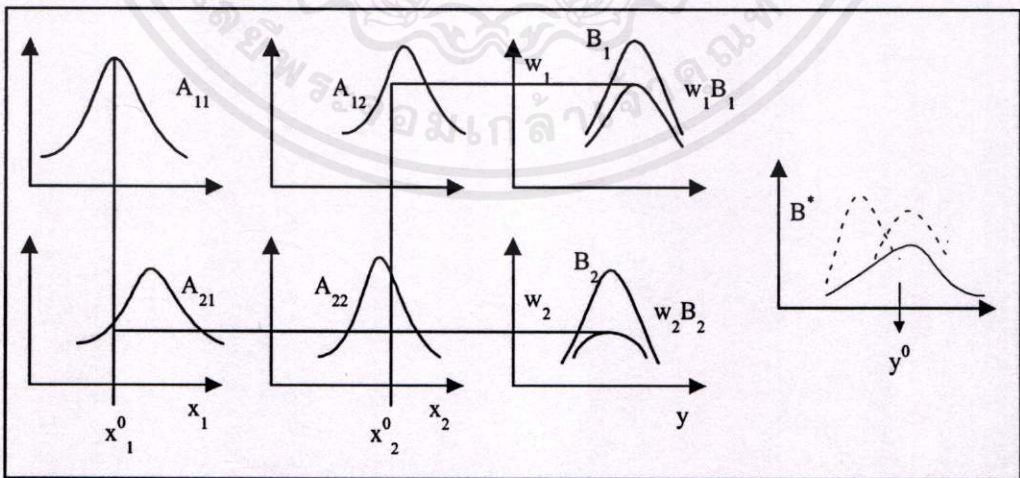
$$(w_i B_i)(y) = w_i \wedge B_i(y) \quad (2.68)$$

ผลการอินเฟอเรนซ์ที่สมบูรณ์ y_0 เป็นการได้มาจาก $w_1 B_1$ และ $w_2 B_2$

$$B^* = w_1 B_1 \cup w_2 B_2 \quad (2.69)$$

ค่าเอาต์พุตที่ได้ y_0 เป็นการอินเฟอเรนซ์โดยการเอาศูนย์กลางของมวลของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก $B^*(y)$

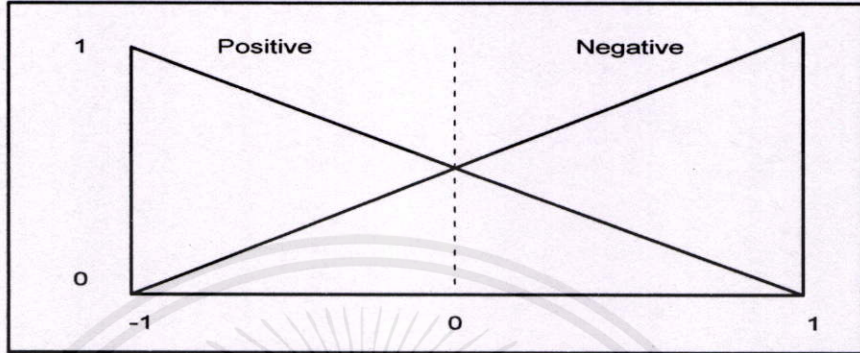
$$y_0 = \frac{\int B^*(y) y dy}{\int B^*(y) dy} \quad (2.70)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์เชิงการค้า
ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะการอินเฟอเรนซ์แบบที่ 1
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอินเฟอเรนซ์วิธีที่ 2

วิธีนี้เหมาะสำหรับตัวแปรฟัซซีที่มีหน้าที่การเป็นสมาชิกแบบ Monotonic เหมือนดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 2.11 ตัวแปรฟัซซีแบบ Monotonic

ลักษณะตัวแปรฟัซซีแบบ Monotonic จะมีค่าอยู่ 2 ชนิดคือ Positive และ Negative แต่เรากำหนด $\arctan(x)$ เป็นการใช้สำหรับหน้าที่การเป็นสมาชิกที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในรูปของความชัน (slope)

ตัวอย่าง กำหนดให้พิจารณา 2 กฎต่อไปนี้

ถ้า x_1 เป็น N , x_2 เป็น P แล้ว y เป็น N

ถ้า x_1 เป็น P , x_2 เป็น N แล้ว y เป็น P

จากลักษณะของ antecedents ที่ตรงกันสำหรับในอินพุต x_1^0 และ x_2^0 เป็นการหาค่าเหมือนในวิธีที่ 1. ให้ w_1 และ w_2 สำหรับผลการอินเฟอเรนซ์ y_1 และ y_2 (เป็นค่าที่ไม่ใช่ฟัซซี) สำหรับในแต่ละกฎมีการใช้ความสัมพันธ์เหมือนกับสมการดังต่อไปนี้

$$w_1 = N(y_1) \quad , \quad w_2 = P(y_2) \quad (2.71)$$

ผลการอินเฟอเรนซ์ทั้งหมดหาได้จาก

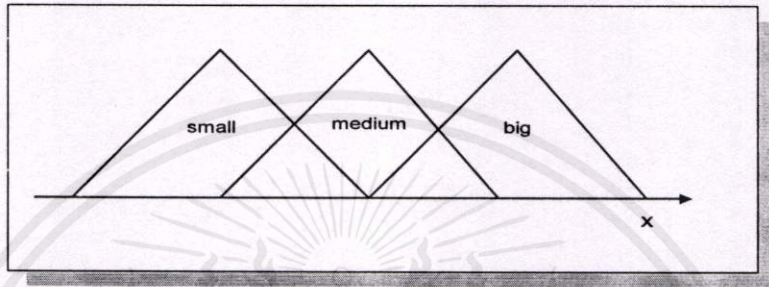
$$y_0 = \frac{w_1 y_1 + w_2 y_2}{w_1 + w_2} \quad (2.72)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ โดยสิ่งที่ได้เป็นค่านำหนักเฉลี่ยของ y_1 และ

การอินเฟอเรนซ์วิธีที่ 3

การใช้ antecedents ในวิธีเหล่านี้เป็นการทำขึ้นของโจทช์ฟัซซี (fuzzy propositions) และ consequents เป็นสมการความสัมพันธ์มาตรฐานของอินพุต และ เอาต์พุตเหล่านี้เป็นการประกอบขึ้นของรูปแบบขบวนการฟัซซีมากกว่า เพื่อใช้สำหรับการควบคุมแบบฟัซซี

การใช้ตัวแปรแบบฟัซซีในส่วนของ antecedent จะเหมือนกับที่แสดงในภาพ



ภาพที่ 2.12 ภาพแสดงการกำหนดตัวแปรฟัซซี

จากรูปจะเห็นได้ว่าหน้าที่ของการเป็นสมาชิกแบบสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นการสร้างจากเส้นตรง

กำหนด ให้พิจารณาจาก 2 กฎดังต่อไปนี้

ถ้า x_1 เป็น A_{11} , x_2 เป็น A_{12} แล้ว $y = f(x_1, x_2)$

ถ้า x_1 เป็น A_{21} , x_2 เป็น A_{22} แล้ว $y = f(x_1, x_2)$

กำหนดสิ่งที่ตรงกันของ antecedents สำหรับ x_1^0 และ x_2^0 เป็นน้ำหนัก w_1 และ w_2 ผลการอินเฟอเรนซ์สำหรับแต่ละกฎเป็นการคำนวณโดยตรงจากสมการที่เขียนอยู่ใน consequent ผลการอินเฟอเรนซ์ที่สมบูรณ์เป็นการหาได้จากสมการดังต่อไปนี้เหมือนกับวิธีที่ 2

$$y_0 = \frac{w_1 f(x_1^0, x_2^0) + w_2 f(x_1^0, x_2^0)}{w_1 + w_2} \quad (2.73)$$

ที่ f เป็นสมการความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

2.11 กระบวนการดีฟัซซีฟิเคชัน (Defuzzification)

กระบวนการดีฟัซซีฟิเคชัน โดยทั่วไปจะนิยมใช้วิธีที่เรียกว่า วิธีหาจุดศูนย์กลางถ่วง (Center of Gravity Method) ซึ่งเริ่มจากการหาจุดเซนทรอยด์ (Centroid) บนแกน X สำหรับแต่ละฟังก์ชัน

ของการเป็นสมาชิกของเอาต์พุต จากนั้นใช้เอาต์พุตที่ได้จากฐานกฎ มาช่วยคำนวณพื้นที่ใต้กราฟของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกหาค่าถ่วง (Weight) ซึ่งความจริงก็เป็นเพียงการหาจุดศูนย์กลางถ่วงของพื้นที่ใต้แรเงาของกราฟเท่านั้นเอง

กระบวนการดีฟัซซีฟิเคชันอาจไม่จำเป็นต้องใช้วิธีหาจุดศูนย์กลางถ่วงเสมอไป เราอาจใช้วิธีที่เรียกว่า ซิงเกิลตัน (Singleton) ก็ได้ ซึ่งฟังก์ชันของการเป็นสมาชิกของเอาต์พุตจะถูกแทนด้วยเส้นตรงในแนวดิ่ง ทำให้การคำนวณง่ายขึ้นและผลลัพธ์ก็มีค่าใกล้เคียงกับวิธีหาจุดศูนย์กลางถ่วง

ตัวอย่างวิธีการดีฟัซซีฟิเคชัน

1. Mean of Maxima (MOM)

เป็นวิธีที่ขยายมาจากวิธี Max Procedure เพื่อใช้ในกรณีที่ค่าเอาต์พุตมีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกสูงสุดเท่ากันหลายค่า ให้ทำการหาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของเอาต์พุตที่มีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกสูงสุดเท่ากัน โดยใช้สมการดังนี้

$$v_o = \text{MOM}(B) = \frac{\sum_{j=1}^J v_j}{J} \quad (2.74)$$

เมื่อ v_j คือ ค่าเอาต์พุตแต่ละค่าที่มีฟังก์ชันการเป็นสมาชิกสูงสุดเท่ากัน

J คือ จำนวนเอาต์พุตที่มีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกสูงสุดเท่ากัน

วิธี Max Procedure เป็นการดีฟัซซีฟิเคชัน โดยเลือกค่าเอาต์พุตที่มีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกมากที่สุด เพื่อใช้เป็นตัวแทนของฟัซซีเอาต์พุต สามารถแสดงด้วยสมการดังนี้

$$v_o = \max_{v \in V} \mu_B(v) \quad (2.75)$$

2. Center of Area(COA) / Center of Gravity (COG)

วิธี COA เป็นวิธีหาจุดศูนย์กลางของพื้นที่ใต้กราฟของฟังก์ชันการเป็นสมาชิก เพื่อใช้เป็นตัวแทนของฟัซซีเอาต์พุต ซึ่งทำได้โดยการแบ่งพื้นที่ใต้กราฟของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน และค่า v_o จะหาได้จากค่าของ v ที่ตำแหน่งของเส้นแบ่งครึ่ง สามารถแสดงด้วยสมการดังนี้

$$\int_{-\infty}^{\text{COA}(B)} \mu_B(v) dv = \int_{\text{COA}(B)}^{\infty} \mu_B(v) dv \quad (2.76)$$

ในทางปฏิบัติ การคำนวณโดยใช้สมการที่ ทำได้ยาก จึงประมาณการคำนวณของวิธี COA โดยใช้วิธี COG ซึ่งเป็นการหาจุดศูนย์กลางการถ่วงน้ำหนักแทนการหาจุดศูนย์กลางของพื้นที่ใต้กราฟ สมการของการดีฟัซซิฟิเคชัน โดยใช้วิธี COG สามารถแสดงด้วยสมการดังนี้

$$v_o = \text{COG}(B) = \frac{\int v \mu_B(v) dv}{\int \mu_B(v) dv} \quad (2.77)$$

ในกรณีที่เอกภพสัมพัทธ์ V มีสมาชิกเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง (discrete) สามารถหาค่า v_o ได้จากสมการดังนี้

$$v_o = \text{COG}(B) = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \mu_B(v_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_B(v_i)} \quad (2.78)$$

เมื่อ n คือ ระดับการควอนไทซ์

v_i คือ ค่าเอาต์พุตของแต่ละค่าในการควอนไทซ์

3. Weighted Fuzzy Mean Method (WFM)

เป็นวิธีที่ขยายมาจากวิธี FM โดยเพิ่มการคูณสัมประสิทธิ์ถ่วงน้ำหนักของตัวแปรเอาต์พุตในแต่ละเทอม สมการของการดีฟัซซิฟิเคชันโดยใช้วิธี WFM สามารถแสดงได้ดังนี้

$$v_o = \text{WFM}(B) = \frac{\sum_{k=1}^n \omega_k \gamma_k v_k}{\sum_{k=1}^n \omega_k \gamma_k} \quad (2.79)$$

คือ สัมประสิทธิ์การถ่วงน้ำหนักของแต่ละเทอมของตัวแปรเอาต์พุต ภายในเอกภพ

สัมพัทธ์ V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Fuzzy Mean Method (FM)

เป็นวิธีที่ปรับปรุงมาจากวิธี COG เพื่อลดเวลาในการคำนวณ โดยการลดระดับการควอนไทซ์ลงให้เท่ากับจำนวนเทอมของตัวแปรเอาต์พุตในเอกภพสัมพัทธ์ V และใช้ค่าเฉลี่ยของแต่ละเทอมเป็นตัวแทนของค่าเอาต์พุตของแต่ละค่าการควอนไทซ์สมการของการดีฟัซซิฟิเคชันโดยใช้วิธี FM สามารถแสดงได้ดังนี้

$$v_o = FM(B) = \frac{\sum_{k=1}^n \gamma_k v_k}{\sum_{k=1}^n \gamma_k} \quad (2.80)$$

เมื่อ n คือ จำนวนฟังก์ชันเซตของตัวแปรเอาต์พุตในเอกภพสัมพัทธ์ V

γ_k คือ ค่าเฉลี่ยที่ใช้เป็นตัวแทนของฟังก์ชันเซตของตัวแปรเอาต์พุตแต่ละเทอม บนเอกภพสัมพัทธ์ V

v_k คือ ค่าเฉลี่ยที่ใช้เป็นตัวแทนของฟังก์ชันเซตของตัวแปรเอาต์พุตแต่ละเทอม บนเอกภพสัมพัทธ์ V

การออกแบบโครงสร้างของตัวควบคุม ประกอบด้วยขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1. การกำหนดจำนวนตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต
2. การนอมอลไลซ์ตัวแปรอินพุตให้อยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ที่กำหนดจะต้องรู้ช่วงหรือเอกภพสัมพัทธ์ที่แท้จริงของตัวแปรอินพุต และใช้การนอมอลไลซ์กับตัวแปรเอาต์พุตด้วย
3. การกำหนดค่าเกนของตัวแปรอินพุตและเอาต์พุต ค่าเกนของตัวแปรอินพุตและเอาต์พุตคือสัมประสิทธิ์ในการถ่วงน้ำหนัก เพื่อกำหนดความสำคัญของตัวแปรสถานะแต่ละตัวของกระบวนการ โดยจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตสูงสุดของตัวแปรสถานะแต่ละตัว
4. การเลือกวิธีและระดับการควอนไทซ์ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ออกแบบ และข้อจำกัดทางฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการสร้าง
5. การเลือกวิธีการฟัซซิฟิเคชัน ตัวดำเนินการฟัซซิฟิเคชัน ทำหน้าที่เป็นกระบวนการแปลง (mapping) ค่า Crip Data ให้มาเป็นตัวแปรแบบฟัซซี ในการสร้าง Fuzzfier จะเริ่มต้นด้วยการนิยามเซตทางภาษา (linguistic set) นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

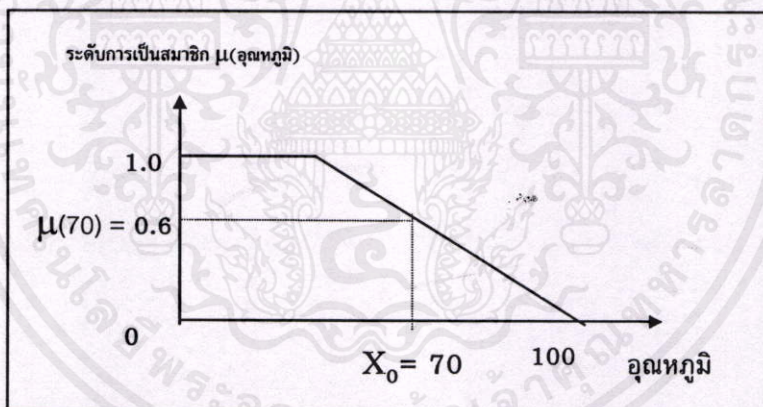
$$X = \text{fuzzifier}(x_0) \quad (2.81)$$

โดย x_0 แทนค่าแบบปกติ (crisp input value) ของขบวนการ, X เป็นฟัซซีเซต และ fuzzifier เป็นการแทนตัวดำเนินการฟัซซีฟิเคชัน

การเลือกวิธีการฟัซซีฟิเคชันจะขึ้นอยู่กับลักษณะของสัญญาณอินพุตของตัวควบคุมในที่นี้คือสัญญาณป้อนกลับจากกระบวนการซึ่งได้จากอุปกรณ์ตรวจวัด หลักเกณฑ์ในการเลือกวิธีการฟัซซีฟิเคชันมีดังนี้

- ในกรณีที่ค่าที่วัดได้มีลักษณะเป็นซิงเกิลตันและมีระดับของการถูกรบกวนต่ำ ควรเลือกวิธีการฟัซซีฟิเคชัน โดยใช้ฟัซซีซิงเกิลตัน เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่าย และได้ผลดี
- ในกรณีที่ค่าที่วัดได้มีระดับของการถูกรบกวนสูง ควรเลือกวิธีการฟัซซีฟิเคชันโดยใช้ ฟัซซีนิมเบอร์ซึ่งจะได้ผลดีกว่า แต่ในการฟัซซีฟิเคชันโดยใช้วิธีนี้จะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่า

ตัวอย่าง การกำหนดค่าการเป็นสมาชิก อุณหภูมิ 70 องศา จะมีระดับการเป็นสมาชิก 0.6 ของความเย็น



ภาพที่ 2.13 รูปแสดงการหาค่าการเป็นสมาชิกของ อุณหภูมิ

6. การกำหนดจำนวนฟัซซีเซตของตัวแปรอินพุต จะเป็นการกำหนดความซับซ้อนของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอินพุตและตัวแปรเอาต์พุต โดยจำนวนฟัซซีเซตของตัวแปรอินพุตแต่ละตัว จะมีผลต่อขนาดของฐานกฎ
7. การกำหนดฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรอินพุตจะเป็นการกำหนดความสัมพันธ์ในการแมปปีงค่าของอินพุตในเอกภพสัมพัทธ์กับฟัซซีเซตของตัวแปร ถ้าต้องการให้ความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น ควรจะกำหนดรูปร่างของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกเป็นแบบเชิงเส้น

เช่น รูปสามเหลี่ยม หรือ รูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่ถ้าต้องการให้ความสัมพันธ์ไม่เป็นเชิงเส้น ควรกำหนดรูปร่างของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกแบบไม่เป็นเชิงเส้น รูปประจักษ์ว่า

8. การกำหนดรูปแบบของกฎ รูปแบบทั่วไปของกฎจะอยู่ในรูป เงื่อนไข IF-THEN โดยใน ส่วนเหตุเป็นการกำหนดเงื่อนไขของตัวแปรอินพุตในรูปฟัซซีเซต และในส่วนผลแสดง ถึงผลลัพธ์ คือค่าของตัวแปรเอาต์พุตในรูปฟัซซีเซต เมื่อตัวแปรอินพุตเป็นไปตามเงื่อนไข ส่วนเหตุ

9. การดำเนินการเชื่อมประโยค (Sentence Connective Operators)

ประกอบด้วยเซตของ Fuzzy Rule ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของ Fuzzy Implication ที่ ควบคุมตั้งแต่อินพุตจนไปถึงขบวนการและ sup-star composition ของกฎการวินิจฉัย. Fuzzy Rule เป็นการรวมโดยใช้ตัวเชื่อมประโยค ” และ “ หรือ “เหมือนกัน” ตั้งแต่นั้นมา แต่ละ Fuzzy Rule สามารถแทนโดยใช้ Fuzzy Relation. Fuzzy Relation สามารถใช้อธิบายพฤติกรรมทั้งหมดของระบบฟัซซี หรือ ระบบฟัซซีสามารถอธิบายลักษณะโดย Fuzzy Relation เดียวซึ่งเป็นการรวมของ Fuzzy Relation ในเซตของกฎ การรวมกันของ คำถามก่อให้เกิดตัวเชื่อมประโยค “เหมือนกัน”

$$R = \text{เหมือนกัน}(R_1, R_2, \dots, R_n)$$

ให้ “เหมือนกัน” แทน เป็นตัวเชื่อมประโยค

10. การดำเนินการส่วนประกอบ (Composition Operator) ให้ Z เป็นเอาต์พุตที่ได้จากการ กำหนดขบวนการ x, y และ R ซึ่ง R เป็น Fuzzy Relation. sup-star composition ของ การวินิจฉัยเป็นการประยุกต์จาก

$$Z = y \circ (x \circ R) \quad (2.82)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสาร เครื่องหมาย \circ เป็นการแสดงถึงส่วนประกอบ sup-star หมายความว่านำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. การเลือกวิธีการตีฟัซซีฟิเคชัน การตีฟัซซีฟิเคชันเป็นการทำหน้าที่แปลงตัวแปรฟัซซี เอาต์พุตให้กลับมาเป็นตัวแปรปกติที่สามารถนำไปใช้งานได้ เอาต์พุตของขบวนการ

วินิจฉัยเท่านั้นที่เป็นฟัซซีเซต เป็นความต้องการที่จะทำการควบคุมสิ่งที่ไม่เป็นฟัซซี (คลิซป) ดังนั้นจำเป็นต้องมีฟัซซีไฟล้การกระทำ Fuzzy Control(เอาต์พุต) โดยวินิจฉัยจากขั้นตอนของ Fuzzy Control

$$z_0 = \text{defuzzifier (Z)} \quad (2.83)$$

ให้ z_0 แทน เอาต์พุตที่ไม่เป็นฟัซซี และ คีฟัซซีไฟล้เป็นตัวดำเนินการ Defuzzification

การเลือกวิธีการคีฟัซซีไฟล้ จะเป็นการกำหนดความละเอียดของสัญญาณ เอาต์พุต โดยจะต้องสัมพันธ์กับการกำหนดฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรอินพุตและ ตัวแปรเอาต์พุต การเลือกวิธีการคีฟัซซีไฟล้ จะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ออกแบบ ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดี-ข้อเสียดังต่อไปนี้

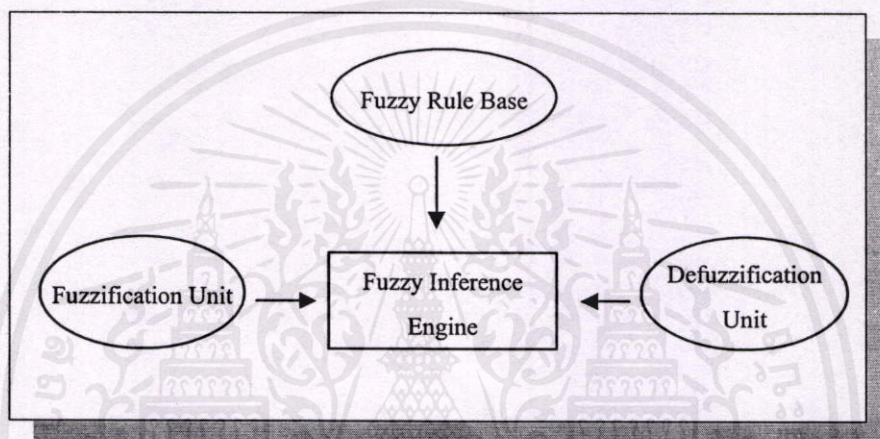
- วิธี **MOM** เป็นวิธีการที่สามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว ซึ่งการคีฟัซซีไฟล้ด้วยวิธีนี้ จะได้ผลเช่นเดียวกับการกำหนดฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรอินพุตเป็นฟัซซีจึง เกิดตัน เนื่องจากค่าของตัวแปรอินพุตที่ตำแหน่งอื่นที่มีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกต่ำกว่าค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกสูงสุด จะไม่มีผลต่อค่าของเอาต์พุต วิธีนี้จะให้สัญญาณควบคุมหยาบและ ผลการควบคุมไม่ดีเท่าที่ควร แต่จะถูกเลือกใช้ในกรณีที่ต้องการ ใช้เวลาในการคำนวณน้อย และไม่ต้องการความถูกต้องมากนัก
- วิธี **COG** เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากเป็นการหาจุดศูนย์กลางสำหรับเป็นตัว แทนของเอาต์พุตที่แท้จริง โดยพิจารณาผลจากอินพุตทุกตัว ทำให้ได้ค่าที่ถูกต้อง กว่าวิธีอื่น แต่จะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าวิธีอื่นๆ
- วิธี **FM** เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธี COG โดยใช้ระดับการควอไตซ์ที่น้อยกว่า เพื่อลด เวลาที่ใช้ในการคำนวณ ในการคีฟัซซีไฟล้ด้วยวิธีนี้ จะได้ผลเช่นเดียวกับการ กำหนด ค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรเอาต์พุตเป็นฟัซซีจึงเกิดตัน แต่มี ข้อจำกัดคือ ควรใช้กับกรณีที่ออกแบบโดยกำหนดค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรเอาต์พุตแบบสมมาตรเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากการคีฟัซซีไฟล้ด้วยวิธีนี้จะใช้ค่าที่ จุดกึ่งกลาง ของฟัซซีเซตของตัวแปรเอาต์พุตเพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละเซต

บทที่ 3

โครงสร้างของ Fuzzy System Design Tools

คุณสมบัติพื้นฐานของโปรแกรม

3.1 ส่วนของการคำนวณ และการวินิจฉัย



ภาพที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของระบบ Fuzzy System Design Tools

โครงสร้างเบื้องต้นของระบบ ฟัซซี ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ขั้นตอน คือ

1. Fuzzification Interface

หน่วยฟัซซีฟิเคชันทำหน้าที่นอมอลไลซ์ตัวแปรสถานะของระบบ $x = [x_1, \dots, x_m]^T$ ที่จะใช้เป็นอินพุตให้อยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ที่กำหนด และทำการแปลงตัวแปรอินพุต x ให้เป็นตัวแปรฟัซซี x' โดยมีลักษณะเป็นแบบ ฟัซซีซิงเกิลตัน ฟัซซีนัมเบอร์ หรือ ไฮบริดนัมเบอร์

หน่วยฟัซซีฟิเคชันจึงทำหน้าที่ดังนี้

- วัดค่าตัวแปรสัญญาณเข้า
- ทำการเพิ่มหรือลดค่าขอบเขตของตัวแปรสัญญาณเข้าให้อยู่ในขอบเขตที่สนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสาร - แปลงข้อมูลสัญญาณเข้า ให้เป็นค่าเชิงภาษาซึ่งสามารถพิจารณาให้เป็น labels of fuzzy rule ถ้าไม่ทราบค่าใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Knowledge Base (KB)

จะเป็นที่รวมขอบเขตการประยุกต์และเป้าหมายซึ่งจะมีทั้งฐานข้อมูล (Database) และฐานกฎ (rule base)

- **ฐานข้อมูล** ทำหน้าที่ในการจัดเก็บข้อมูล
- **ฐานกฎ** จะเป็นตัวกำหนดเป้าหมายและวิธีการให้อยู่ภายในขอบเขต ที่มีรูปแบบ IF...THEN...

กำหนดให้ กฎอยู่ในรูปแบบดังนี้

ถ้า x_1 เป็น X_1^k และ ... และ x_m เป็น X_m^k แล้ว Y เป็น Y^k ; $k = 1, 2, \dots, M$

โดย x คือ ตัวแปรสถานะของกระบวนการ ซึ่งใช้เป็นอินพุตของฟัซซี

$$x = [x_1, \dots, x_m]^T$$

X^k คือ ฟัซซีเซตของตัวแปรอินพุต ในส่วนเหตุของกฎ

$$X^k = X_1^k \times \dots \times X_m^k$$

m คือ จำนวนตัวแปรอินพุต

y คือ ตัวแปรเอาต์พุตของฟัซซี

Y^k คือ ฟัซซีเซตของตัวแปรเอาต์พุตในส่วนผลของกฎที่ k

M คือ จำนวนกฎทั้งหมดในฐานกฎ

3. Decision-Making logic

จะเรียกว่าเป็นหัวใจของระบบ ฟัซซี ทำหน้าที่ จำลองรูปแบบการตัดสินใจแบบมนุษย์ โดยใช้หลักการของฟัซซี ที่ทำหน้าที่หาค่าเอาต์พุตของระบบฟัซซีจากค่าตัวแปรอินพุตแบบฟัซซี x' โดยใช้วิธี GMP หาค่าระดับการเป็นสมาชิก (fire strength) ของแต่ละกฎจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอินพุตแบบฟัซซี x' กับฟัซซีเซตในส่วนเหตุของแต่ละกฎ X^k ทำการคำนวณหาค่าเอาต์พุตแบบฟัซซี จากระดับการเป็นสมาชิกกับฟัซซีเซตในส่วนผลของแต่ละกฎ Y^k

4. กระบวนการแปลงค่ากลับ (Defuzzification Interface)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยดีฟัซซีฟิเคชัน ทำหน้าที่แปลงตัวแปรฟัซซีเอาต์พุตให้เป็นค่าเชิงเกิลตัน และ

ทำการดัดแปลงโมเดลให้อยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ที่ต้องการ เพื่อใช้เป็นค่าเอาต์พุตของระบบ

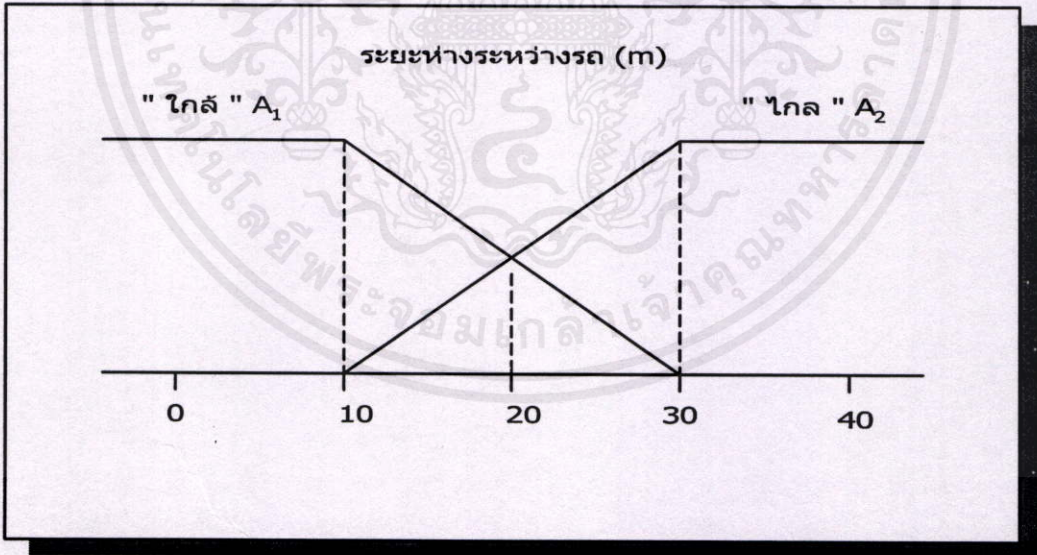
- ทำการเพิ่มหรือลดค่าขอบเขตของตัวแปรสัญญาณ (scale mapping) ออกให้อยู่ในขอบเขตที่สนใจ
- แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของการกระทำ หรือเป็นสัญญาณควบคุม

ตัวอย่าง การคำนวณแบบพีชชี

- X : ระยะห่างระหว่างรถ
- Y : ความเร็ว
- Z : การปรับความเร็ว (อัตราเร่ง)

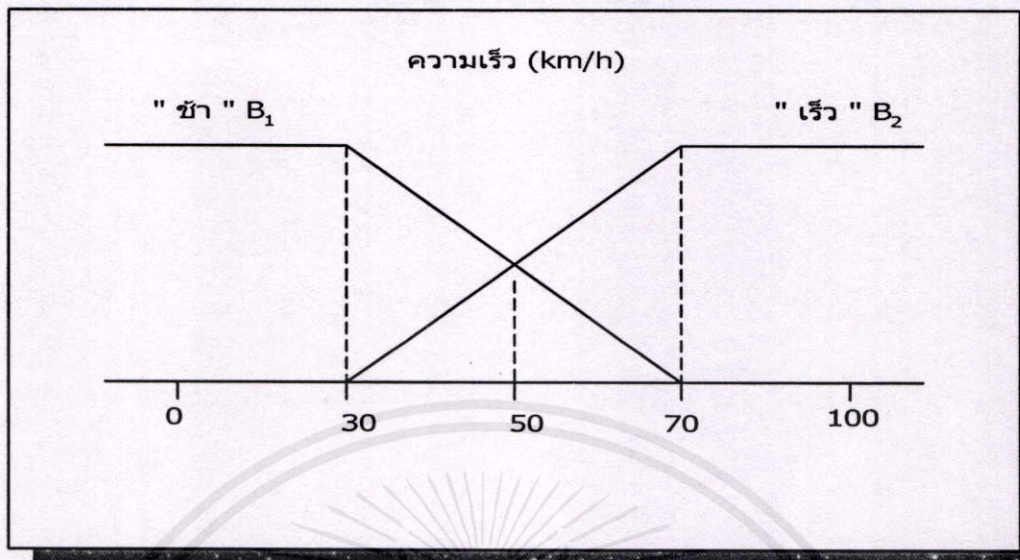
ทุกเขตสามารถกำหนดได้ดังนี้

$X = \{x | 0 \leq x \leq 40\}$ หน่วยเป็น m
 $Y = \{Y | 0 \leq Y \leq 100\}$ หน่วยเป็น km/h
 $Z = \{Z | -20 \leq Z \leq 20\}$ หน่วยเป็น km/h²

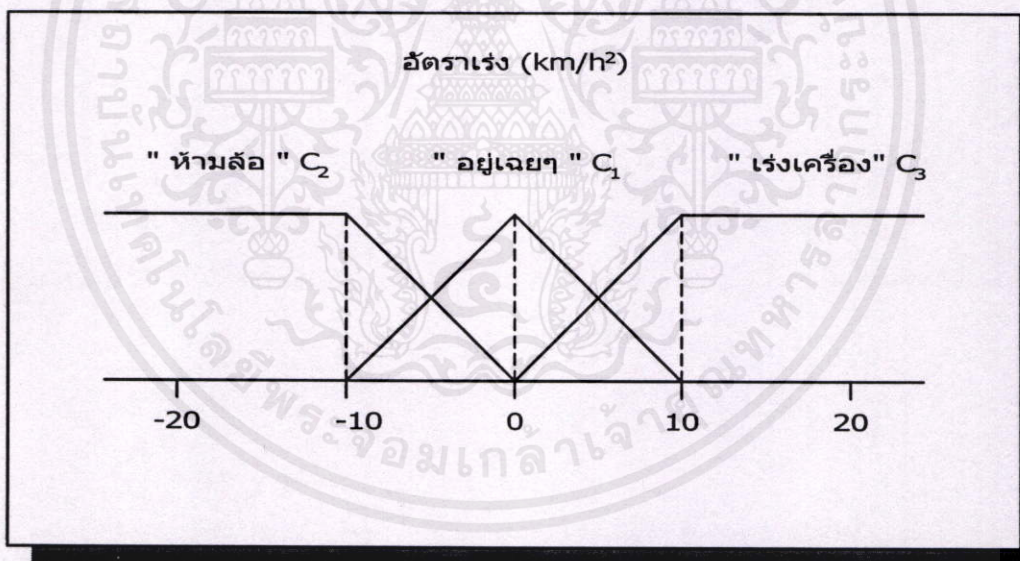


ภาพที่ 3.2 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของระยะห่างระหว่างรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของความเร็ว



ภาพที่ 3.4 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของอัตราเร่ง

A_1 : “ไกล” ระยะห่างระหว่างรถ

A_2 : “ใกล้” ระยะห่างระหว่างรถ

B_1 : “ช้า” ความเร็ว

B_2 : “เร็ว” ความเร็ว

C_1 : “รักษาระดับ” อัตราเร่ง

C_2 : “ลด” อัตราเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตอย่างอภัยถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C_3 : “เพิ่ม” อัตราเร่ง

กฎข้อที่ 1 ถ้าระยะห่างระหว่างรถเป็น ใกล้เคียง และ ความเร็วเป็น ช้า
แล้ว รักษาระดับอัตราเร่ง

กฎข้อที่ 2 ถ้าระยะห่างระหว่างรถเป็น ใกล้เคียง และ ความเร็วเป็น เร็ว
แล้ว ลดอัตราเร่ง (ทำการห้ามล้อรถ)

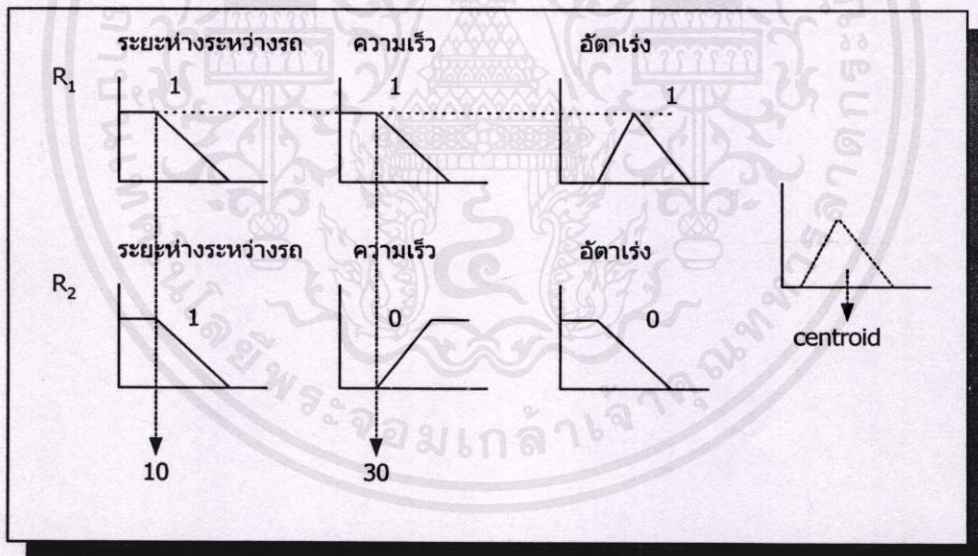
จากกฎในคำพูดธรรมดาเราแปลให้สั้นลงได้ว่า

กฎข้อที่ 1 ถ้า x เป็น A_1 และ y เป็น B_1 แล้ว z เป็น C_1

กฎข้อที่ 2 ถ้า x เป็น A_1 และ y เป็น B_2 แล้ว z เป็น C_2

การหาค่าจากการ Reasoning โดยใช้ความสัมพันธ์ฟัซซี และ การคอมโพสิชันของฟัซซี

กำหนดให้ ระยะห่างของรถเท่ากับ 10 m และความเร็วเท่ากับ 30 km/h



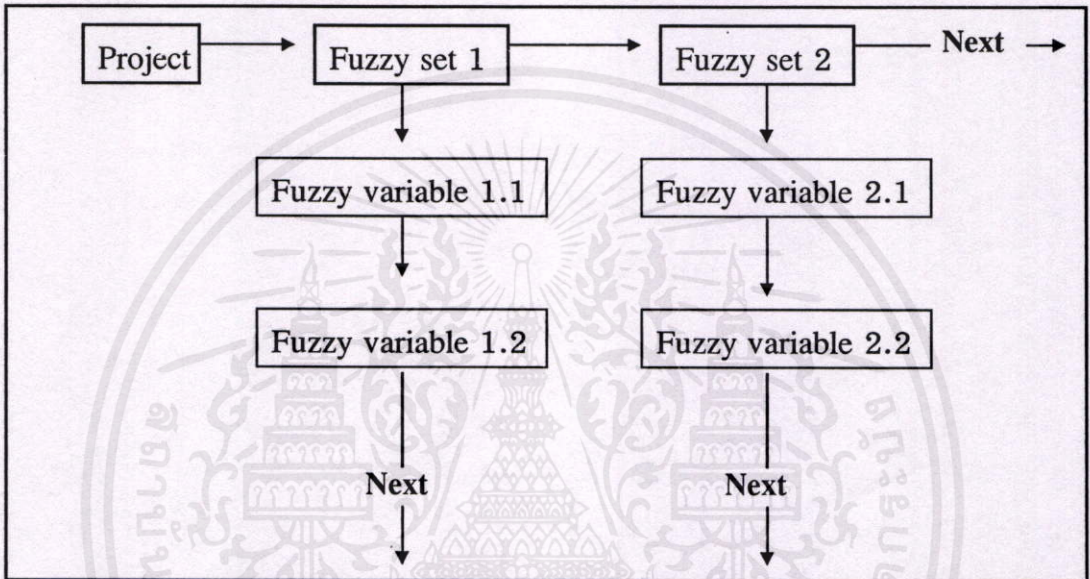
ภาพที่ 3.5 ขบวนการหาค่าของกฎ

$$\text{พื้นที่ใต้กราฟ} := \frac{1(20+0)}{2} = 10$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ **หาค่า center of gravity** = $\frac{-10(0) + 10(0)}{0+10}$ เป็น ไม่นอนศูนย์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา แล $0+10$ จึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
= 0

3.2 โครงสร้างข้อมูลและ algorithm ที่ใช้

โครงสร้างข้อมูล (Data Structure) ของ Fuzzy System Design Tools จะมีลักษณะเป็นแบบ ลิงก์ลิสต์ (Linked Lists) ซึ่งประกอบด้วย หน่วยข้อมูล (Node) ที่เชื่อมต่อกันเป็นสายยาวโดยอาศัย ตัวชี้ (Pointer) การเข้าถึงหน่วยข้อมูลแต่ละหน่วยจะอาศัยตัวชี้จากหน่วยที่อยู่ก่อนหรือถัดไป ซึ่งทำให้ Fuzzy System Design Tools ที่แต่ละหน่วยข้อมูลของอินพุตก็จะมีกรชี้ไปยังลิงก์ลิสต์ ของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของแต่ละอินพุต ประกอบด้วยโมดูลดังนี้



ภาพที่ 3.6 แสดงโครงสร้างข้อมูลหลักของโปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัชซี

จากรูปข้างต้นเราต้องมีการสร้าง Project เพื่อที่เราจะได้มีการกำหนดจำนวนโหนดฟัชซี เซตในรูปแบบไดนามิก และในแต่ละโหนดของฟัชซีเซตยังเป็นตัวชี้ไปยังลิงก์ลิสต์ของ fuzzy variable ของแต่ละ Fuzzy set ซึ่งทำให้เราสามารถกำหนดจำนวนของ Fuzzy variable เป็นแบบ ไดนามิกได้ด้วย

ลักษณะส่วนย่อยของลิงก์ลิสต์ในแต่ละ โหนดของอินพุตจะประกอบด้วยชื่อของฟัชซีเซต ระบบของฟัชซีเซต ค่าสูงสุด ค่าสุดของฟัชซีเซต ระยะของฟัชซีเซต และ value เป็นฟิลด์ที่ใช้เก็บ ค่าความเป็นสมาชิกที่ได้จากการคำนวณ นอกจากนี้แต่ละ โหนดของอินพุตยังมีพอยเตอร์ชี้ไปยัง ลิงก์ลิสต์ของตัวแปรฟัชซี และ ฟัชซีเซต โหนดถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

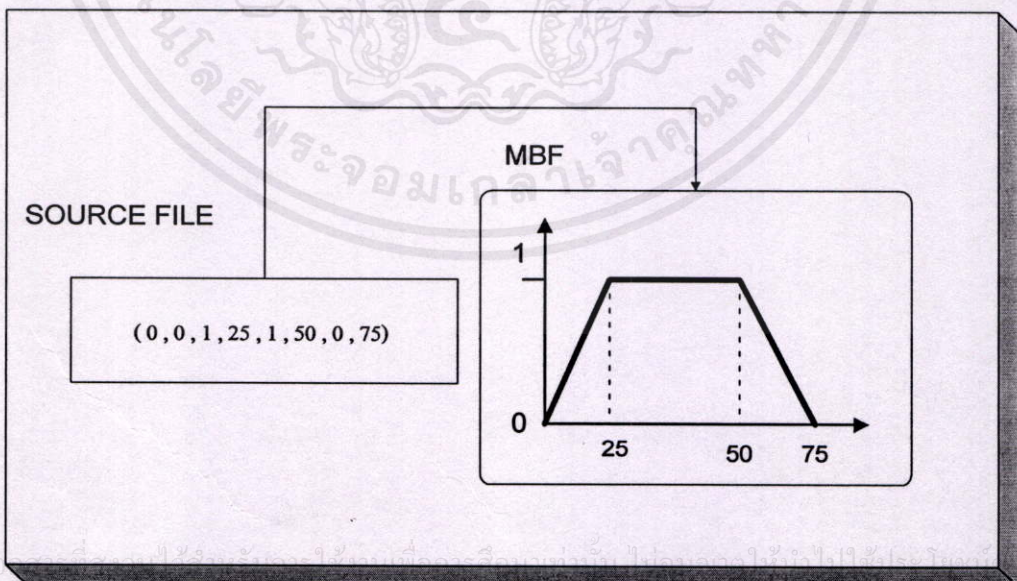
struct fuzzy_set
{
    char name[20];           /* กำหนดชื่อฟัซซีเซต */
    char system[20];        /* กำหนดระบบของฟัซซีเซต */
    int low;                 /* กำหนดค่าต่ำสุดของฟัซซีเซต */
    int high;                /* กำหนดค่าสูงสุดของฟัซซีเซต */
    int step;                /* กำหนดการแบ่งค่าในแต่ละระยะของฟัซซีเซต */
    int value;               /* ค่าที่ได้จากขบวนการให้เหตุผลของฟัซซีเซต */

    struct fuzzy_variable *fv_type; /* ตัวชี้ไปยัง fuzzy variable */
    struct fuzzy_set *next;
}

```

ภาพที่ 3.7 ลักษณะโครงสร้างข้อมูลของฟัซซีเซตในโปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัซซี

ลักษณะส่วนย่อยของลิ่งกัลิสต์ในแต่ละ โหนดของอินพุตจะประกอบด้วยชื่อของฟัซซีเซต ระบบของฟัซซีเซต ค่าสูงสุด ค่าสุดของฟัซซีเซต ระยะของฟัซซีเซต และ value เป็นฟิลด์ที่ใช้เก็บค่าความเป็นสมาชิกที่ได้จากการคำนวณ นอกจากนี้แต่ละ โหนดของอินพุตยังมีพอยเตอร์ชี้ไปยัง ลิ่งกัลิสต์ของตัวแปรฟัซซี และ ฟัซซีเซต โหนดถัดไป ซึ่งทำให้ง่ายต่อการเข้าถึงของข้อมูล



ภาพที่ 3.8 การแปลค่าจากฟังก์ชันการเป็นสมาชิกเป็นแบบเชิงเส้น ให้เป็นค่าอินพุตของโปรแกรม

ลักษณะส่วนย่อยของลิสต์ในแต่ละโหนดของตัวแปรฟัซซีอินพุตจะประกอบด้วยชื่อของตัวแปรฟัซซี ฟังก์ชันของความเป็นสมาชิกที่ประกอบด้วยจุดบนแกน x ทั้ง 4 จุด นอกจากนี้แต่ละโหนดของอินพุตมีพอยเตอร์ที่ชี้ไปยังโหนดของตัวแปรฟัซซีถัดไป

```

struct fuzzy_variable
{
    char name[20]; /* กำหนดชื่อของตัวแปรฟัซซี */
    int point1; /* แทนจุดที่ 1 ตำแหน่งบนแกน x */
    int point2; /* แทนจุดที่ 2 ตำแหน่งบนแกน x */
    int point3; /* แทนจุดที่ 3 ตำแหน่งบนแกน x */
    int point4; /* แทนจุดที่ 4 ตำแหน่งบนแกน x */
    int degree1; /* แทนฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของจุดที่ 1 */
    int degree2; /* แทนฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของจุดที่ 2 */
    int degree3; /* แทนฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของจุดที่ 3 */
    int degree4; /* แทนฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของจุดที่ 4 */
    struct fuzzy_variable *next; /* ตัวชี้ ตัวแปรฟัซซี ตัวต่อไป */
};

```

ภาพที่ 3.9 แสดงลักษณะโครงสร้างข้อมูลของตัวแปรแบบฟัซซี ในโปรแกรมช่วยออกแบบระบบ

ลักษณะโครงสร้างข้อมูลของกฎพื้นฐานจะมีลักษณะเป็นแบบลิสต์เช่นกัน เริ่มด้วยพอยเตอร์ที่ชี้ไปยังหน่วยข้อมูลของส่วนที่เป็นเงื่อนไขต่างๆที่มีความหมายว่าสิ่งที่เกิดขึ้น (Antecedent) ส่วนการชี้ไปยังหน่วยข้อมูลที่เป็นผลที่ได้จากสิ่งที่เกิดขึ้นอันจะเป็นข้อกระทำต่างๆ (Consequence) ในการหาค่าของกฎ(strength)ก็จะทำการคำนวณจากส่วน Antecedent แล้วเก็บเอาไว้ในฟิลด์ Value เพื่อนำมาใช้คำนวณในส่วนของ Consequence เพื่อใช้หาค่าสูงสุดของระบบเอาต์พุต

จากรูป ในแต่ละโหนดของกฎที่มีการกำหนดขึ้นเป็นแบบไดนามิกจะประกอบไปด้วยพอยเตอร์ที่ชี้ไปยังส่วนของ antecedent และพอยเตอร์ที่ชี้ไปยังส่วนของ consequence ตามลำดับ และพอยเตอร์ที่ชี้ไปยังกฎลำดับถัดไป โดยแต่ละโหนดของ antecedent และ consequence จะประกอบด้วยฟิลด์ของ value ที่เก็บค่า strength จากกฎ กับโอเปอเรเตอร์ “และ” เท่านั้น สำหรับโอเปอเรเตอร์อื่นๆเช่น “มากกว่า” นั้นก็สามารถดัดแปลงได้โดยไม่ยาก

```

Struct Rulebase_system
{
    struct Rulebase_value *Antecedent;
    struct Rulebase_value *Consequence;
    struct Rulebase_system *next;
};

Struct Rulebase_value
{
    int *value;
    char operator;
    struct Rulebase_value *next;
}

```

ภาพที่ 3.10 แสดงรายละเอียดโครงสร้างข้อมูลฐานของกฎในโปรแกรม

จากนั้นทำการสร้าง Rule base ซึ่งมีลักษณะดังนี้

rule : IF E_1 is PB AND Y_1 is B_1 THEN Z_1 is C_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

โครงสร้างการทำงานโปรแกรม

4.1 ระบบที่ใช้

โครงสร้างของ Fuzzy System Design Tools ได้มีการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน โดยส่วนแรก เป็นส่วนของการคำนวณมีการพัฒนาบนภาษา C ของ Watcom ทำการสร้างในแบบฟังก์ชันไดนามิกลิงค์ไลเบอรี (Dynamic Link Library) และส่วนที่ 2 เป็นส่วนของการแสดงผล โดยมีลักษณะเป็นแบบ Graphic User Interface พัฒนามาบนโปรแกรม Visual Basic ของไมโครซอฟต์ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการบนวินโดวส์ โดยมีอุปกรณ์ที่ต้องการสำหรับระบบดังต่อไปนี้

- เครื่องคอมพิวเตอร์ตระกูล IBM ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) 80486 ขึ้นไป
- หน่วยความจำไม่ต่ำกว่า 8 Mbytes
- ฮาร์ดิสก์จำนวน 1 ตัว มีเนื้อที่ว่างอย่างน้อย 5 Mbytes
- ไมโครซอฟต์เมาส์ 1 ตัว
- ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 3.11 ขึ้นไป

การทดลองจะทำการจำลองระบบทั้งหมดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของตัวควบคุม ก่อนที่จะนำตัวควบคุมไปใช้ในกระบวนการจริง

จากการศึกษา ได้พบว่ามีโครงสร้างโปรแกรมที่ช่วยออกแบบระบบ ฟัชซี อยู่หลายแบบ แต่ละโปรแกรมจะมีความสามารถไม่เหมือนกัน และการพัฒนาจากหลายภาษา ดังแสดงในภาพที่

4.1

Program	Computer Media	Developer(s)	Special features
1. Fuzzy-C	Personal Computers and Macintosh	Togai InfraLogic Irvine, CA	Fuzzy TIL Language
2. TIL Shell	Personal Computer	Togai InfraLogic Irvine, CA	Graphical design Under MS Windows
3. Fuzzy Micro Controller	Personal Computer	Neuralogix Sanford, FL	Runs with PC hardware card for real-time control
4. FLCG	Macintosh	Univ. New Mexico Albuquerque, NM	Fuzzy logic code generator
5. FULDEK	Personal Computer	Bell Helicopter Textron, Inc. Fort Worth, TX	Complete fuzzy control simulation environment under MS Windows
6. FL_Control	Personal Computer	Texas A&M U. College Str., TX	Adaptive and non-adaptive fuzzy controllers
7. FIDE	Personal Computer	Apronix, Inc. Palo Alto, CA	Software, Simulation Code Generation

ภาพที่ 4.1 แสดงรายชื่อของโปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัชซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 โปรแกรม Fuzzy-C มีลักษณะ เป็น โปรแกรมที่ทำการสร้างไฟล์อินพุต สำหรับโปรแกรม
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำมาเผยแพร่
 TIL SHELL เป็นการผลิตโดยบริษัท Togai Infraclogic Inc. (TIL) โดย Dr. Masaki Togai

โปรแกรม TIL Shell+ เป็นการผลิตโดยบริษัท Togai Infralogic Inc. (TIL) โดย Dr. Masaki Togai โดยใช้ฟลัดอินพุตที่ทำการสร้างโดยโปรแกรม Fuzzy-C ซึ่งโปรแกรม TIL Shell+ เป็นเครื่องมือในการออกแบบฟัชชีลอจิก ลักษณะของเครื่องมือนี้สามารถทำการการคอมไพล์ระบบที่เราออกแบบมาเป็นโมดูลภาษาทางคอมพิวเตอร์ เวลาใช้งานผู้ใช้ก็เพียงแต่ผ่านค่าอินพุตเข้าไปในโมดูลนั้นๆ และจะได้ค่าเอาต์พุตที่ต้องการออกมา โดยแสดงออกมาเป็นรูปภาพกราฟฟิกได้

โปรแกรม Fuzzy Micro Controller เป็นโปรแกรมที่ผลิตโดย Neuralogix Sanford, FL เป็นการพัฒนาคาร์ดอินเตอร์เฟสเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการควบคุมแบบ ฟัชชี มีลักษณะเป็นการควบคุมแบบ real-time

โปรแกรม Fuzzy Logic Source Code Generator (FLCG) ผลิตโดย Univ. New Mexico Albuquerque, NM FLCG เป็นโปรแกรมที่ใช้แนวความคิดแบบฟัชชีและให้คุณสร้างชุดตัดสินใจแบบฟัชชีได้ในโปรแกรมของคุณ สามารถแสดงกระบวนการตัดสินใจโดยรูปภาพกราฟฟิ ทำให้เห็นภาพของระบบการตัดสินใจนั้นได้ นอกจากนี้ยังสามารถทำหน้าที่สร้าง Source code ในภาษาคอมพิวเตอร์ต่างๆ ได้ คือ PASCAL, BASIC, และ C

โปรแกรม FULDEK พัฒนาโดยBell Helicopter Textron, Inc. Fort Worth, TX , มีลักษณะเป็นการจำลองการทำงานแบบฟัชชี โดยแบ่งส่วนของโปรแกรมออก 2 ส่วน ส่วนของการเขียน กับ ส่วนของการรันโปรแกรม โดยส่วนของการเขียนจะเป็นส่วนที่ใช้ในการกำหนดค่าอินพุตต่างๆ กำหนดจำนวนฟัชชีอินพุต และกฎที่ใช้ในการควบคุม ส่วนที่ 2 คือส่วนของการรัน จะมีการแสดงผลออกมาโดยวาดรูปร่างในแบบที่มีพื้นผิวเป็น 3D

โปรแกรม FL_Control พัฒนาโดย Texas A&M U. College Stn., TX การทำงานของโปรแกรมมีลักษณะเป็นการการควบคุมที่เป็นแบบ Adaptive กับ ไม่เป็น โดยใช้การจำลองการควบคุมระบบเพนดูลัม ระบบประกอบด้วยแกนของเพนดูลัม โดยมีน้ำหนักถ่วงที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านหนึ่งยึดไว้กับฐาน การควบคุมจะพยายามให้แกนของเพนดูลัมอยู่ในแนวตั้งให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยถ้าแกนของเพนดูลัมเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง ฐานก็จะเลื่อนไปในทางเดียวกัน ระบบฟัชชีจะทำการตรวจสอบความเร็วเชิงมุม และมุมของเพนดูลัม และให้เอาต์พุตจะเป็นแรงกระทำกับฐานของเพนดูลัม

โปรแกรม Fuzzy Inference Development Environment (FIDE) ผลิตโดย Apronix, Inc. Palo Alto, CA การคอมไพล์เป็นหัวใจของโปรแกรม FIDE โดยจะยอมรับรูปแบบของ Syntax และเครื่องหมายแสดง ตัวแปร, ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก และกฎที่กำหนดไว้ โดยโปรแกรมได้เตรียม Text Editor ไว้สำหรับการสร้างกฎ และกำหนดค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิก นอกจากนี้ยังสามารถทำการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกในรูปแบบของรูปภาพกราฟฟิก นอกจากนี้ FIDE ยังมีส่วนของการ Debugging โดยผู้ใช้สามารถที่จะดูว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่า อินพุต หรือ เอาต์พุต ในรูปของกราฟ 3 มิติ ในการคอมไพล์นั้น Object code ที่ได้เรายังสามารถ

กำหนดรูปแบบของ Chip ในการประมวลผลโดยสนับสนุน Chip ดังต่อไปนี้ Motorola MC6805 , MC68HC05 , MC68HC11 , MC68HC16 และ MC6833X เป็นต้น ไฟล์ที่ได้จะถูกแปลงข้อมูลไปอยู่ในรูปของไวยากรณ์ของภาษา Assemble

ลักษณะฟังก์ชัน ไคนามิกลิงค์ไลเบอรี (DLL)

ไคนามิกลิงค์ไลเบอรีเป็น โมดูล(Module)ของ โปรแกรมบนวินโดวส์ที่สามารถโหลดและลิงก์(Link) ขณะรันไทม์(Runtime)ได้แอปพลิเคชันส่วนมากสามารถใช้ประโยชน์ได้ด้วยการแบ่งเป็นกลุ่มของเมน โปรแกรมและ ไคนามิกลิงค์ไลเบอรีช่วยให้งานที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะเป็นโปรแกรมที่ทำงานแบบโปรแกรมเดียว สามารถสร้างโปรแกรมแยกกันได้หลายโปรแกรมหรือโมดูล แต่โปรแกรมเหล่านี้จะมีการใช้ฟังก์ชันร่วมกันอยู่หลายฟังก์ชัน ตัวอย่างเช่น ถ้าทุกๆโมดูลจะต้องใช้ในการจัดการและคลาสเพื่อให้มีการเข้าถึงฐานข้อมูลร่วมกัน ถ้าคุณใส่โค้ดนี้ลงใน ไคนามิกลิงค์ไลเบอรีตัวหนึ่งหรือหลายตัว โมดูลแต่ละตัวจะมีขนาดเล็กและสามารถโหลดได้เร็วขึ้นที่สำคัญจะมีโค้ดไคนามิกลิงค์ไลเบอรีอยู่เพียงชุดเดียวในหน่วยความจำทำให้สามารถใช้ร่วมกันสำหรับแต่ละไคลเอนต์แอปพลิเคชันที่มีการเรียกใช้

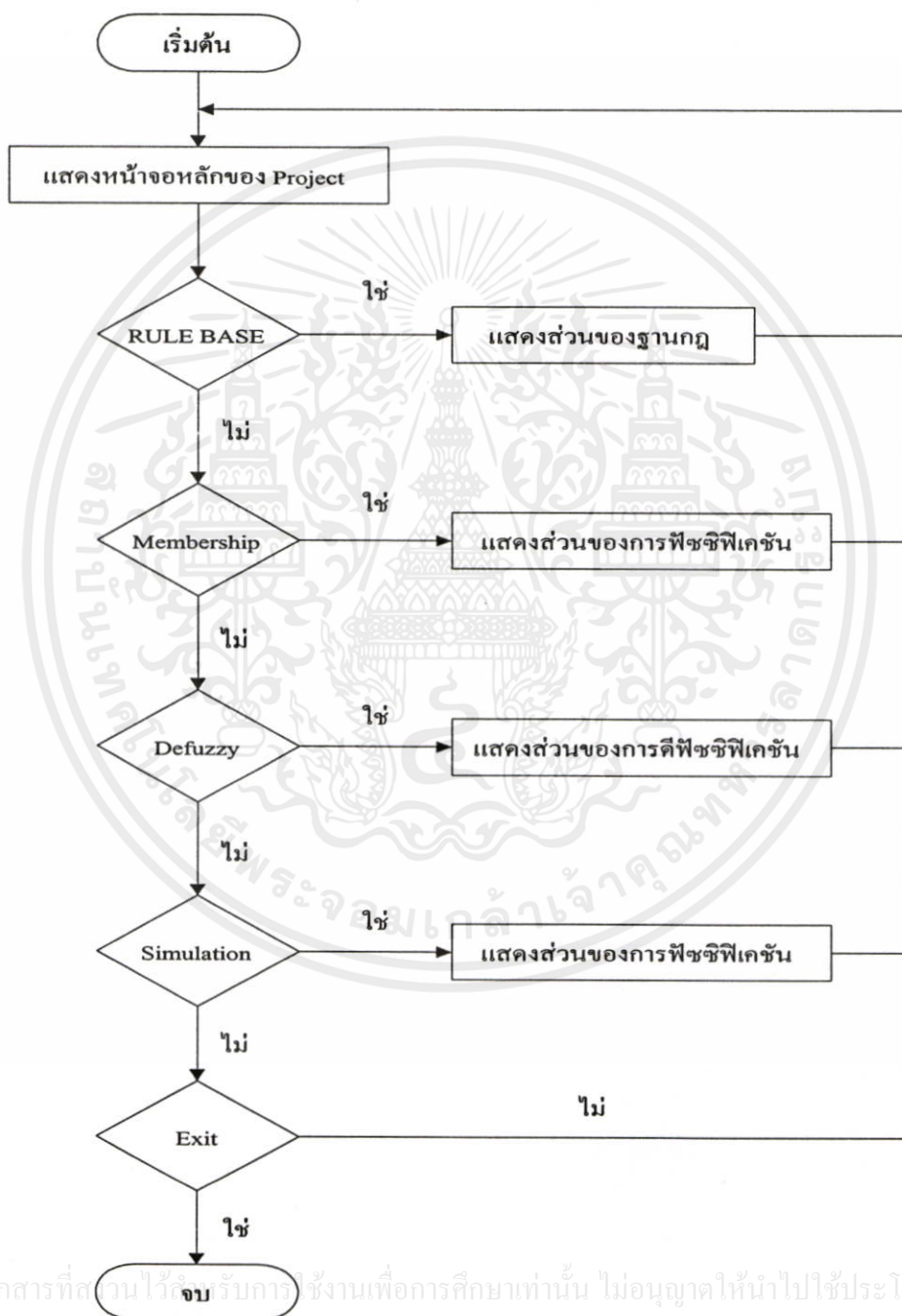
ไคนามิกลิงค์ไลเบอรีจะมีอินสแตนซ์เฮนเดิลของตัวเองมีหน่วยความจำเป็นแบบโกลบอลรีซอร์สและฮีป แต่ ไคนามิกลิงค์ไลเบอรีจะมีการใช้สแต็กของไคลเอนต์และไม่มีลูปวินโดวส์เมสเสจ ตัว ไคนามิกลิงค์ไลเบอรีจะถูกโหลดเมื่อเริ่มต้นโปรแกรมหรือเมื่อจำเป็นต้องใช้จะถูกอันโหลดเมื่อตัวไคลเอนต์แอปพลิเคชันตัวสุดท้ายเลิกการทำงาน ในส่วนของหน่วยความจำ ไคนามิกลิงค์ไลเบอรีจะจองหน่วยความจำ หน่วยความจำนั้นจะถูกคืน เมื่อ ไคนามิกลิงค์ไลเบอรี เลิกทำงานไม่ใช่เมื่อไคลเอนต์เลิกการทำงาน

ส่วนการลิงก์ สำหรับไคนามิกลิงค์ไลเบอรีมีอยู่หลายออปชัน ออปชัน import library เป็นออปชันที่ใช้ร่วมกันมากที่สุดสำหรับโปรแกรมภาษา C ไคลเอนต์ใช้ symbolic name เพื่อเรียกฟังก์ชันไคนามิกลิงค์ไลเบอรีและ วินโดวส์ จับคู่การเรียกกับฟังก์ชันแอดเดรส ไคนามิกลิงค์ไลเบอรีเมื่อไคนามิกลิงค์ไลเบอรีถูกโหลดฟังก์ชันสามารถจับคู่โดยใช้ symbolic หรือโดยใช้ ordinal member วิธีใช้ ordinal member นี้จะกำหนดค่าจำนวนเต็มเฉพาะสำหรับแต่ละฟังก์ชันไคนามิกลิงค์ไลเบอรีจะมีประสิทธิภาพดีกว่าสำหรับสภาพแวดล้อมบนวินโดวส์ สำหรับภาษาที่เป็นแบบอินเตอร์พรีเตอร์ ส่วนใหญ่ใช้ ไคนามิกลิงค์ไลเบอรีในลักษณะที่เป็นไคนามิก ทำให้สามารถเลือกและโหลดในขณะรันไทม์ และสามารถเรียกใช้ฟังก์ชัน ไคนามิกลิงค์ไลเบอรีได้โดยไม่ต้องแก้

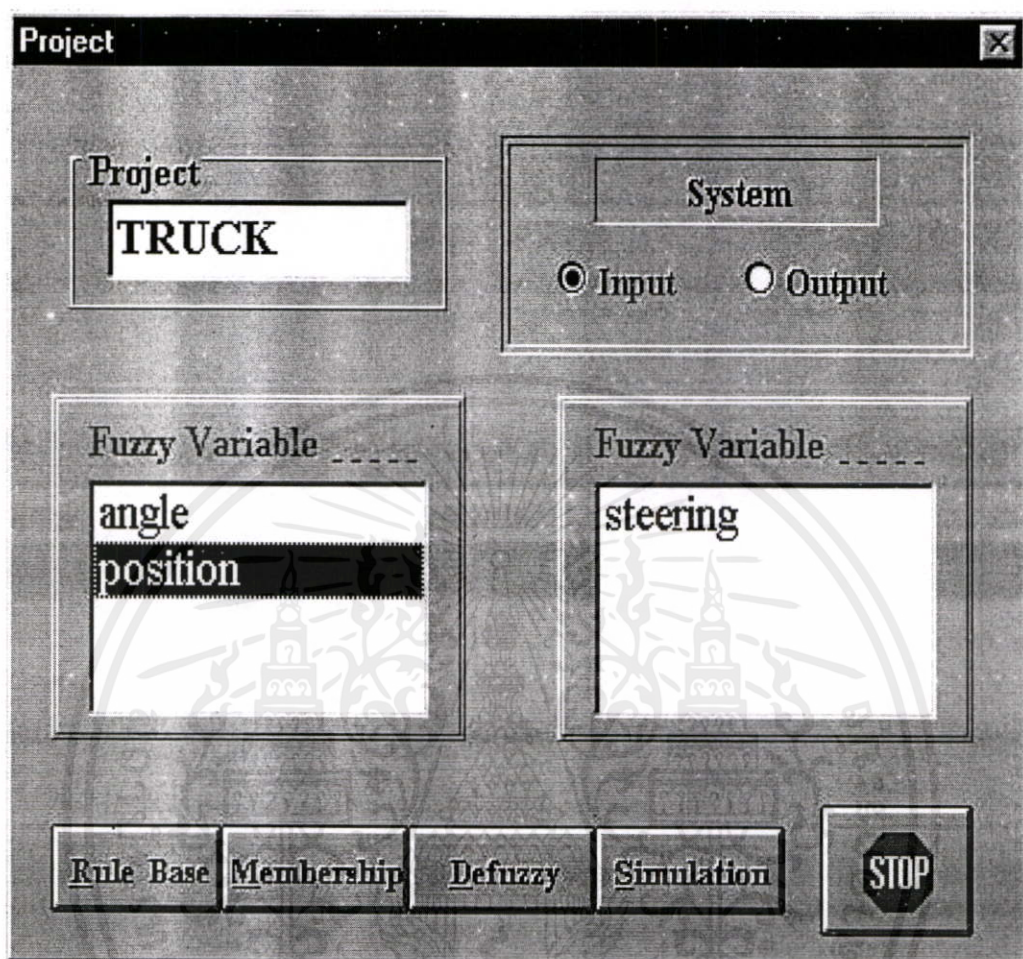
เอกสารนี้ ปัญหาเรื่องแอดเดรสก่อน รับการจ้างงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 กำหนด Project สำหรับการควบคุม

ในการสร้างระบบควบคุมแบบฟัซซี ต้องมีการกำหนดชื่อของระบบซึ่งอยู่ในส่วนของชื่อ Project ในระบบจะประกอบไปด้วยส่วนของ ตัวแปรฟัซซีที่เป็นอินพุตและเอาต์พุต โดยตัวแปรเหล่านี้เป็นที่ที่เราสนใจ ซึ่งมีผลต่อการควบคุมของระบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ภาพที่ 4.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมหลัก

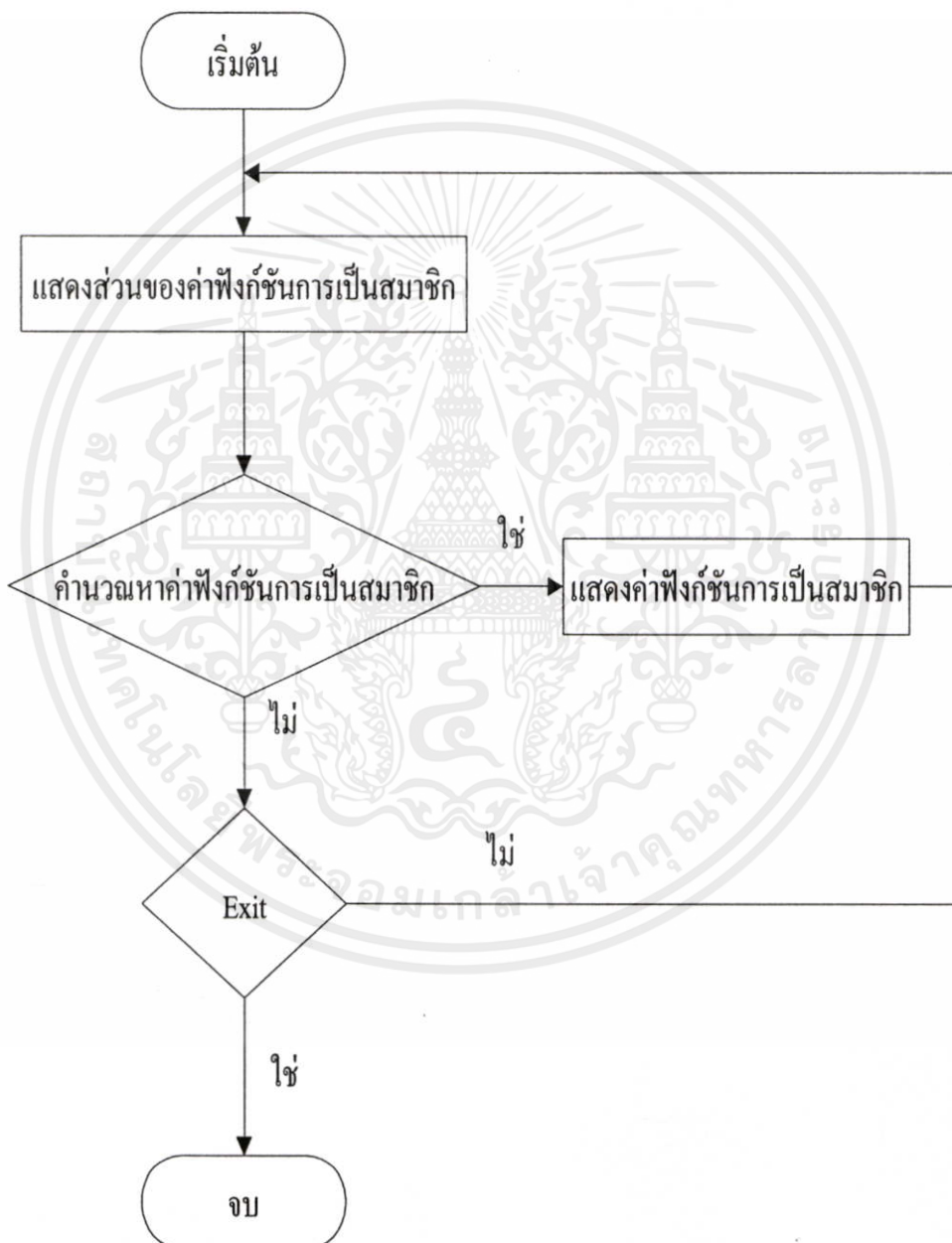


ภาพที่ 4.3 แสดงหน้าจอของโปรแกรมหลัก

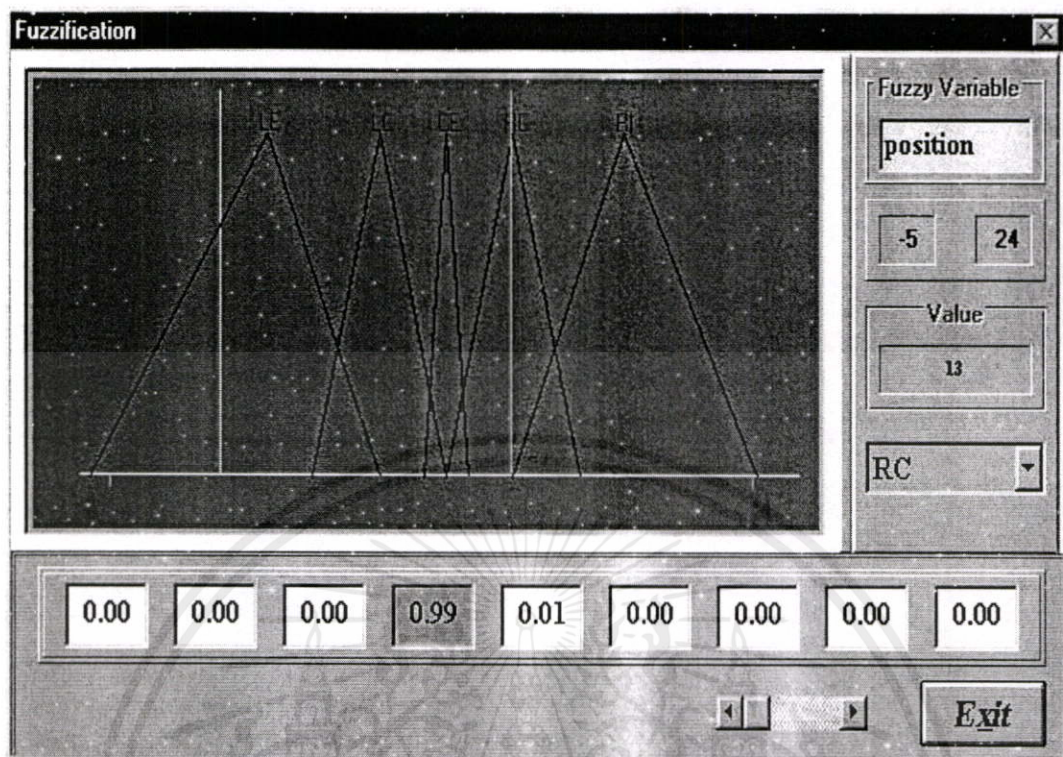
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การหาค่าพีชชีพีเคชัน

การเริ่มใช้โปรแกรมเราต้องมีการแปลงค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิกที่ผู้เชี่ยวชาญได้กำหนดให้ สำหรับแต่ละระดับของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรพีชชีเซต ให้อยู่ในรูปแบบของฐานข้อมูลของโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะนำค่าอินพุตที่เก็บไว้มาทำการคำนวณหาค่าฟังก์ชันของการเป็นสมาชิก



เอกสารนี้ภาพที่ 4.4 แสดงขั้นตอนการหาฟังก์ชันของการเป็นสมาชิก ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

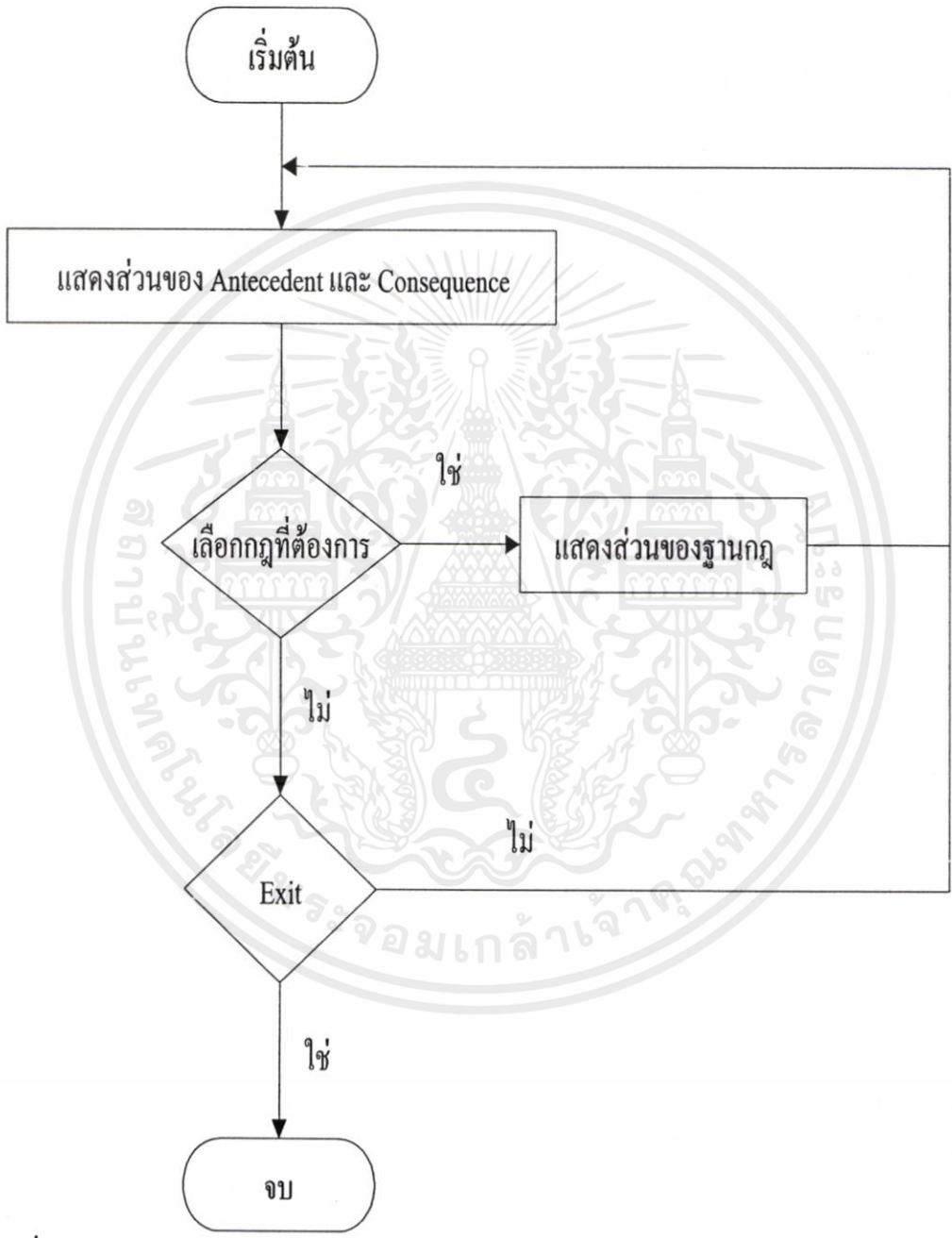


ภาพที่ 4.5 แสดงโปรแกรมคำนวณหาค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

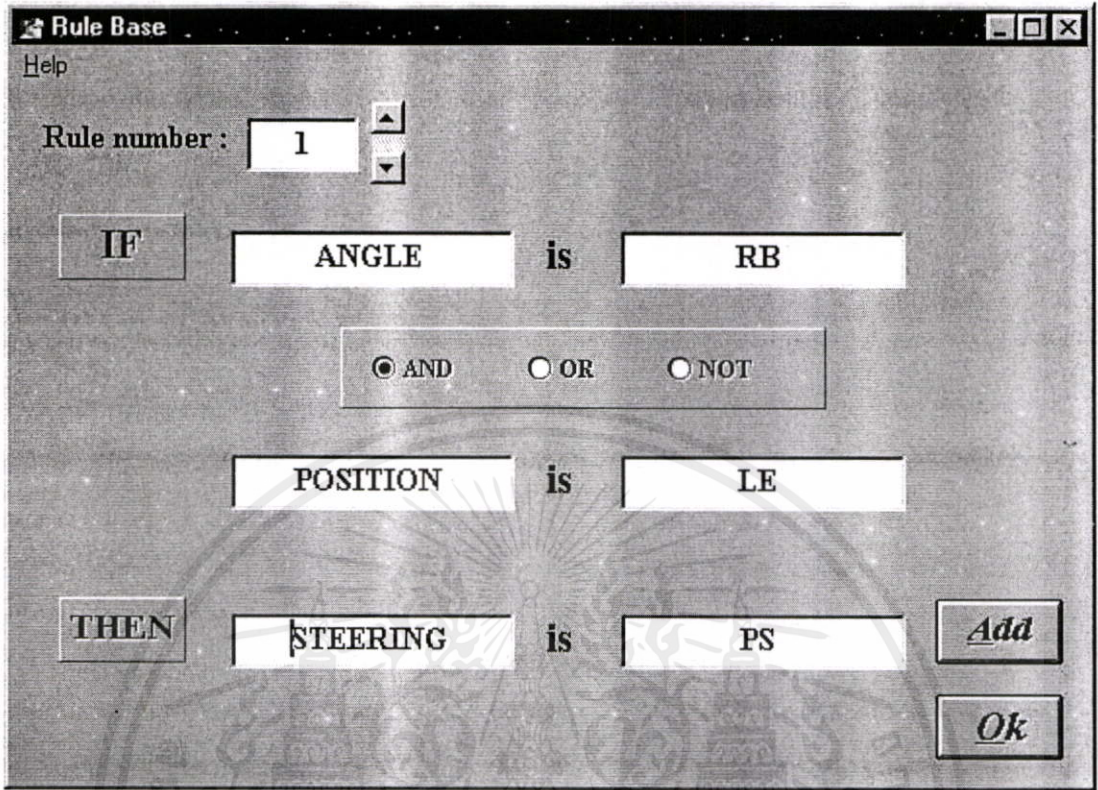
4.4 การสร้างฐานของกฎควบคุม

โปรแกรมจะมีการเก็บฐานของกฎไว้โดยมีการกำหนดจากผู้เชี่ยวชาญ เมื่อมีการเรียกใช้ในส่วนนี้ โปรแกรมจะแสดงฐานของกฎควบคุมในรูปแบบของ IF-THEN



ภาพที่ 4.6 แสดงฐานของกฎควบคุมของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 แสดงการกำหนดฐานของกฎควบคุม

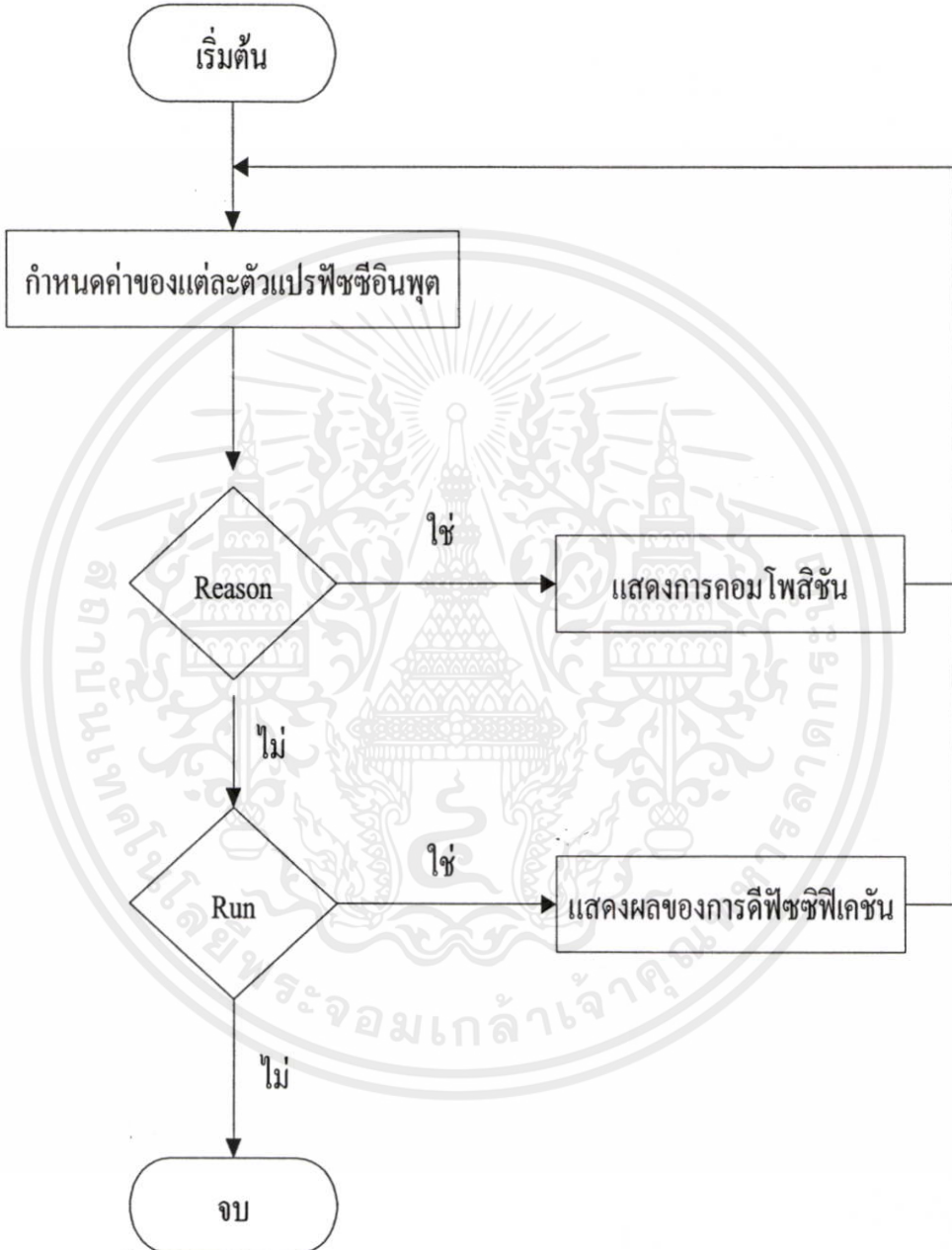
จากภาพที่ 4.7 เราสามารถตีความหมายของโปรแกรมแสดงกฎ

IF $\emptyset = RB$ AND $X = LE$ THEN $\theta = PS$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

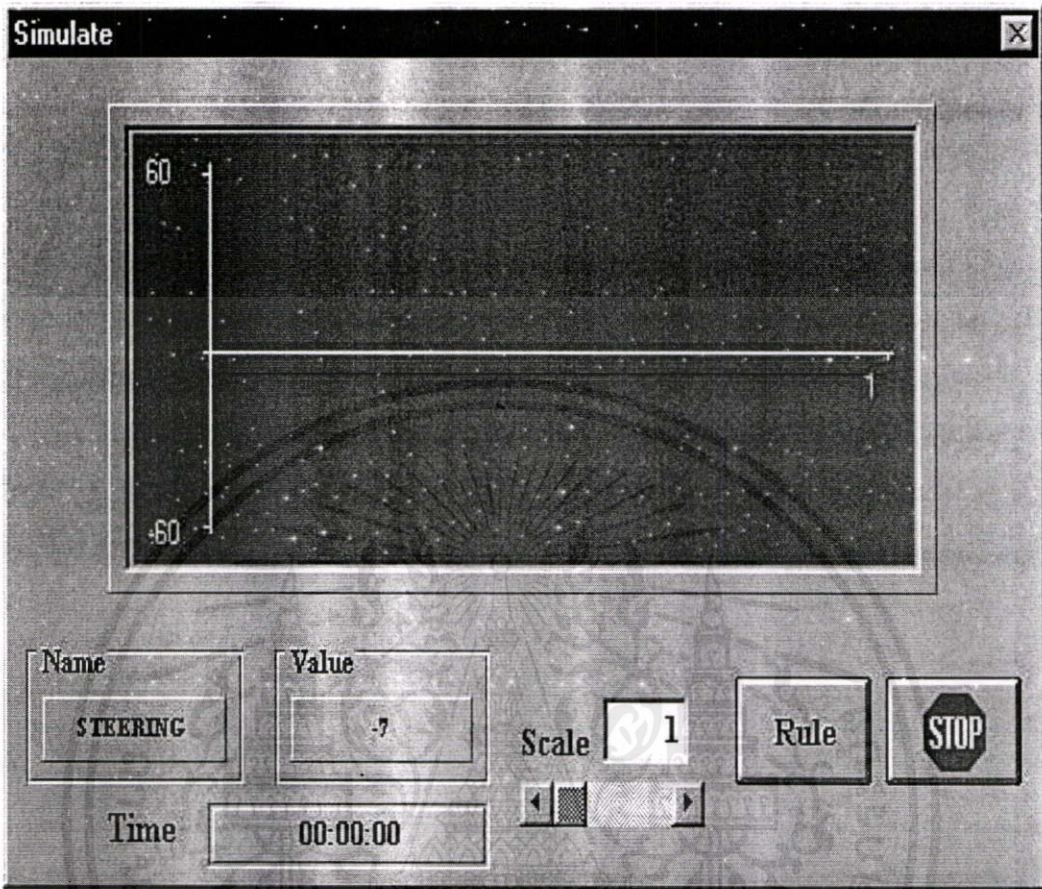
4.5 การหาค่า ดีพีซซีพีเคชัน

โปรแกรมจะทำการหาค่าจากขบวนการดีพีซซีพีเคชัน เมื่อเรากดปุ่ม Run ของโปรแกรม ซึ่งจะเป็นไปตามภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 แสดงขั้นตอนการหา ดีพีซซีพีเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

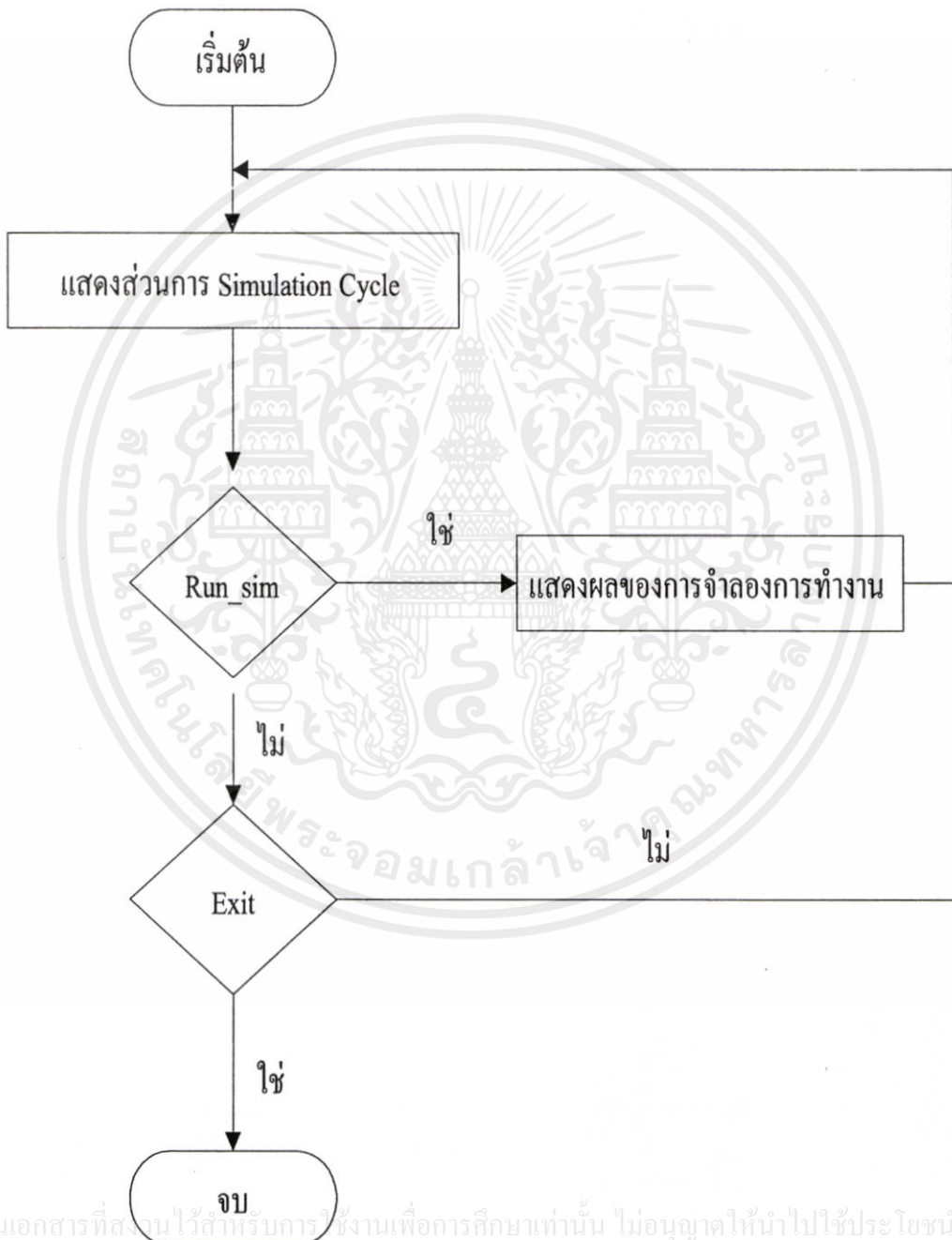


ภาพที่ 4.9 แสดงส่วนของการหาค่าดีพีซซิเคชันของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การจำลองการทำงาน

โปรแกรมจะมีส่วนของการจำลองการทำงาน โดยผู้ใช้โปรแกรมสามารถ ทำการจำลองการทำงานของระบบเพื่อช่วยในการปรับแต่งระบบให้มีความถูกต้องมากขึ้น และในส่วนของ การจำลองระบบ เราสามารถกำหนดการแสดงผลที่จุดได้โดยผู้ใช้ทำการพัฒนาเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อ เพิ่ม



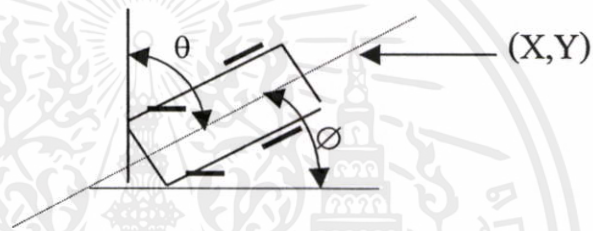
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ภาพที่ 4.10 แสดงขั้นตอนการจำลอง การทำงานของระบบ ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลอง

5.1 ตัวอย่างการใช้ โปรแกรมเพื่อการออกแบบ

ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการทำงานของโปรแกรมช่วยออกแบบระบบควบคุมก็คือ การควบคุมการถอยของ truck ให้เข้าจอด กำหนดให้ตัวแปรอินพุตประกอบด้วย มุมรถ (θ) และ ตำแหน่งที่เทียบกับแกน x ส่วนตัวแปรเอาต์พุตเป็น มุมท้ายรถ (steering-angle signal θ) ระยะของตัวแปรแต่ละตัวมีค่าดังนี้



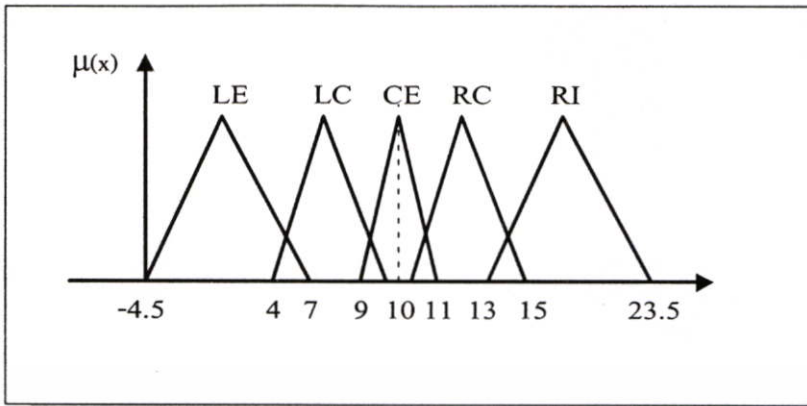
ภาพที่ 5.1 แสดงการจำลองตัวรถ และค่าของตัวแปรในแต่ละจุด

ตารางที่ 5.1 แสดงความหมายของตัวแปรที่ใช้ควบคุมการถอยรถ

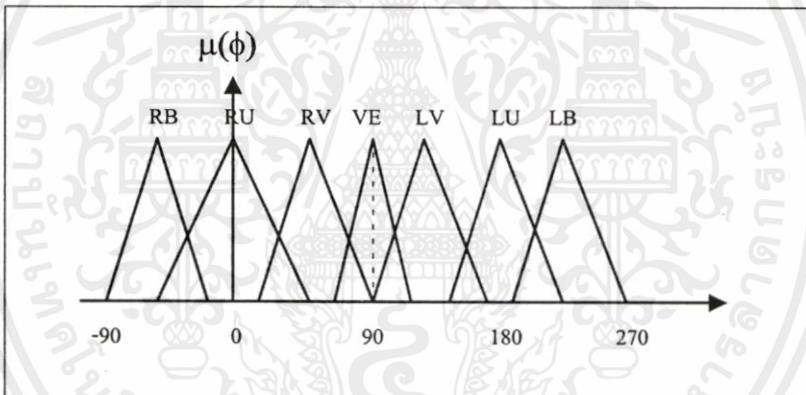
Angle θ	x-position	Steering-angle signal θ
RB : RIGHT BELOW	LE : LEFT	NB : NEGATIVE BIG
RU : RIGHT UPPER	LC : LEFT CENTER	NM : NEGATIVE MEDIUM
RV : RIGHT VERTICAL	CE : Center	NS : NEGATIVE SMALL
VE : VERTICAL	RC : RIGHT CENTER	ZE : ZERO
LV : LEFT VERTICAL	RI : RIGHT	PS : POSITIVE SMALL
LU : LEFT UPPER		PM : POSITIVE MEDIUM
B : LEFT BELOW		PS : POSITIVE SMALL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

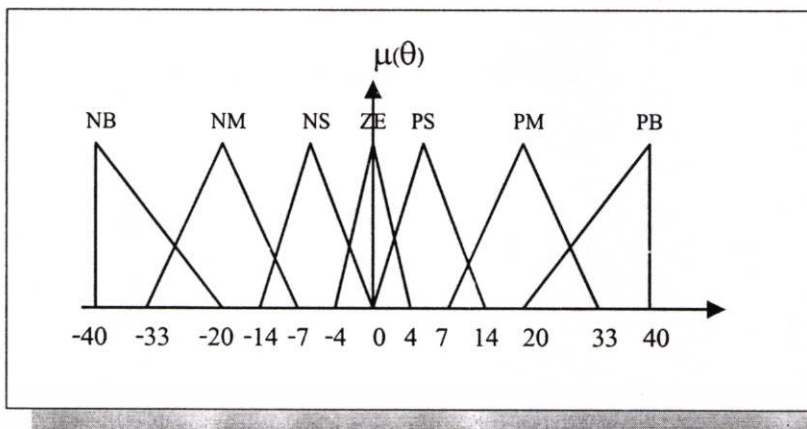


ภาพที่ 5.2 ตำแหน่งของ x ให้มีระยะระหว่าง $0 \leq x \leq 100$



ภาพที่ 5.3 มุมของ Truck (angle) ให้มีระยะระหว่าง $-90 \leq \phi \leq 270$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.4 Steering-angle ให้มีระยะระหว่าง $-30 \leq \theta \leq 30$

กำหนด ให้ r เป็นระยะทางที่แน่นอนของ truck สำหรับทุกการถอยหลัง

จากมุ่งหมายที่ต้องการให้ Truck เข้าจอดเทียบโดยมุมของรถทางด้านขวาต้องมีค่าเท่ากับ $(\varnothing_f = 90^\circ)$ และ ตำแหน่งของ Truck ต้องตั้งตรงที่ตำแหน่ง (x, y) โดยมีจุดหมายที่ต้องการจอดอยู่ที่ (x_f, y_f) Truck มีการเคลื่อนที่แบบถอยหลังภายในระยะที่แน่นอน ขอบเขตของ Truck จะอยู่ภายในระยะ $[0, 100] \times [0, 100]$ ในการทดลองนี้เรากำหนดให้ตำแหน่งสุดท้ายที่ต้องการนั้น (x_f, \varnothing_f) เท่ากับ $(10, 90^\circ)$ และตำแหน่งเริ่มต้นที่ (x_0, \varnothing_0) เท่ากับ $(1, 0)$

$$x' = x + r \cos(\varnothing') \quad (5.1)$$

$$x(t+1) = x(t) + \cos[\varnothing(t) + \theta(t)] + \sin[\theta(t)] \sin[\varnothing(t)] \quad (5.2)$$

$$y' = y + r \sin(\varnothing') \quad (5.3)$$

$$y(t+1) = y(t) + \sin[\varnothing(t) + \theta(t)] - \sin[\theta(t)] \cos[\varnothing(t)] \quad (5.4)$$

$$\varnothing' = \varnothing + \theta \quad (5.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำออกไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$\varnothing(t+1) = \varnothing(t) - \sin \left[\frac{2 \sin(\theta(t))}{b} \right] \quad (5.6)$$
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย b เป็นระยะความยาวของ Truck ซึ่งสมมุติในการทดลองนี้เรากำหนดให้ b มีค่าเท่ากับ 4

จากสมการที่ 5.1 ถึงสมการที่ 5.6 เป็นการหาค่าในสถานะ state ต่อๆ ไป แต่ในสมการที่ 5.3. กับ 5.4 เราจะไม่พิจารณาเพราะเป็นการหาค่าแกน y แต่เราจะใช้สมการที่ 5.1 , 5.2 , 5.5 , 5.6 ในการจำลองการหาค่า แต่จากการจำลองการทำงานในแต่ละสถานะ state จะเกิดค่าผิดพลาดขึ้นได้ ซึ่งเราสามารถจะหาค่าได้ดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าผิดพลาด} = \sqrt{(\phi_f - \phi)^2 + (x_f - x)^2 + (y_f + y)^2} \quad (5.7)$$

กำหนดค่าอินพุตของแต่ละตัวแปรฟัซซี่ จากนั้นทำการสร้างไฟล์ในรูปแบบของโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการหาค่าฟังก์ชันของการเป็นสมาชิก

Input position	/* Fuzzy variable */
0 255 1	
LE	/* Fuzzy set Left*/
0 0 31 1 31 1 63 0	
LC	/* Fuzzy set Left Center*/
31 0 63 1 63 1 95 0	
CE	/* Fuzzy set Center*/
63 0 95 1 95 1 95 0	
RC	/* Fuzzy set Right Center*/
95 0 127 1 127 1 159 0	
RI	/* Fuzzy set Right */

ภาพที่ 5.5 แสดงข้อมูลภายในไฟล์อินพุตของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างฐานของกฎควบคุม

ตารางที่ 5.2 แสดงกฎควบคุมที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนดขึ้น

	X				
	LE	LC	CE	RC	RI
RB	NM	NB			
RU	NM	NB	NB	NB	
RV	PS	NS	NM	NB	NM
∅ VE	PM	PM	ZE	NM	NM
LV	PM	PB	PM	PS	NS
LU		PB	PB	PB	PM
LB				PB	PM

จากตารางสามารถแสดงในลักษณะของ IF-THEN ได้ดังนี้

IF $\emptyset = RB$ AND $X = LE$ THEN $\theta = PS$

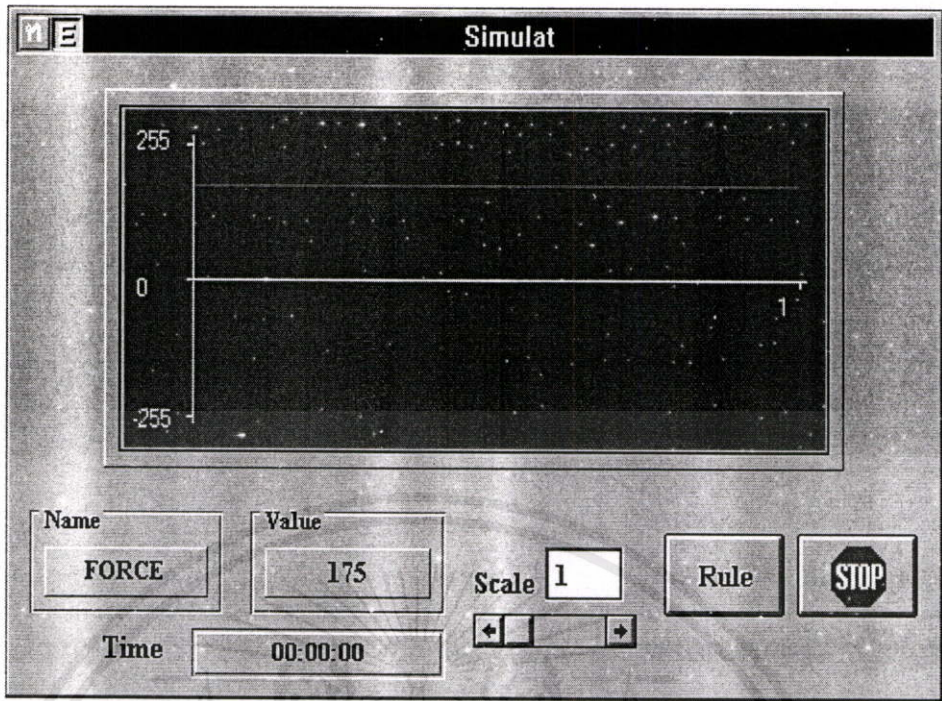
การหาค่าดีฟัซซิฟิเคชัน

ในขบวนการดีฟัซซิฟิเคชัน เราจะใช้วิธีหาค่าโดยใช้วิธีแบบ Centroid เพื่อหาค่าของ $\bar{\theta}$

$$\bar{\theta} = \frac{\sum_{j=1}^p \theta_j m_o(\theta_j)}{\sum_{j=1}^p m_o(\theta_j)} \quad (5.8)$$

โดยให้ o เป็น subset ที่อยู่ใน universe of discourse ของ $\theta \{ \theta_1, \dots, \theta_p \}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

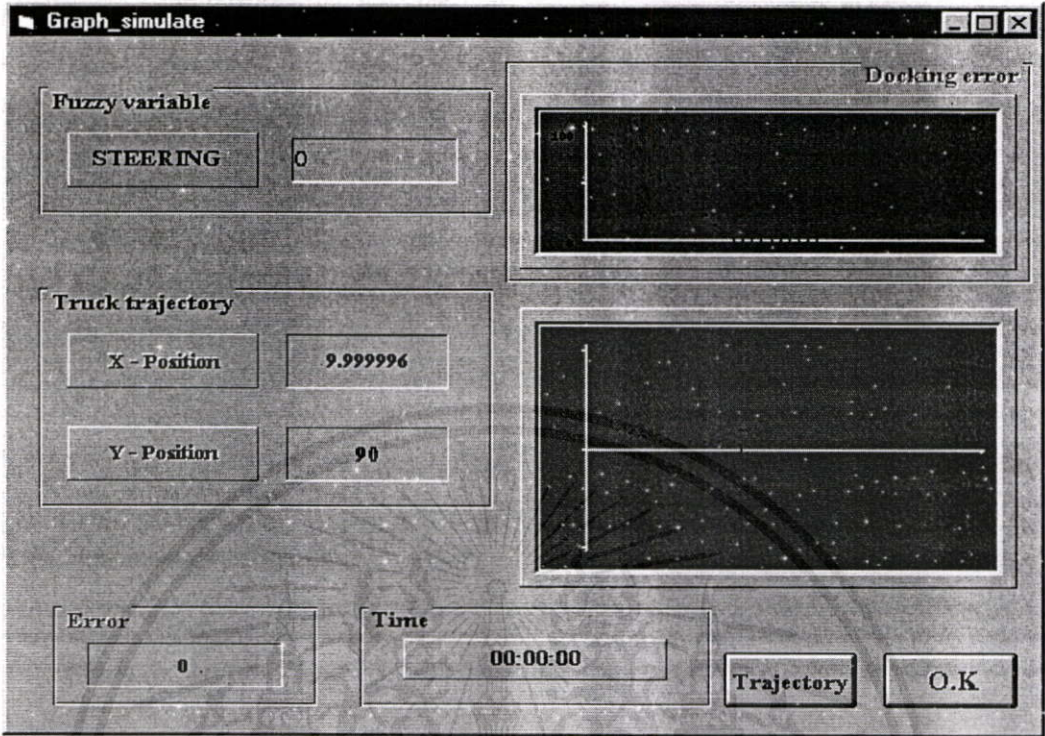


ภาพที่ 5.6 แสดงส่วนของการหาค่าดีฟัซซิฟิเคชันของโปรแกรม

5.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อเราทำการจำลองการทำงานของระบบ โปรแกรมจะทำการหาค่าของ \varnothing , x , θ ในแต่ละสถานะ state ค่าที่ได้จะเป็นดังเช่นตารางที่ 7 ซึ่งค่าของมุม steering จะมีการปรับแต่งค่าโดยดูจากค่าของกฎที่ได้จะถูกนำกลับไปคำนวณหาค่าของ \varnothing , x เพื่อใช้เป็นอินพุตใน state ต่อไปจนค่าของมุม Steering เข้าใกล้ 0 หรือ เท่ากับ 0

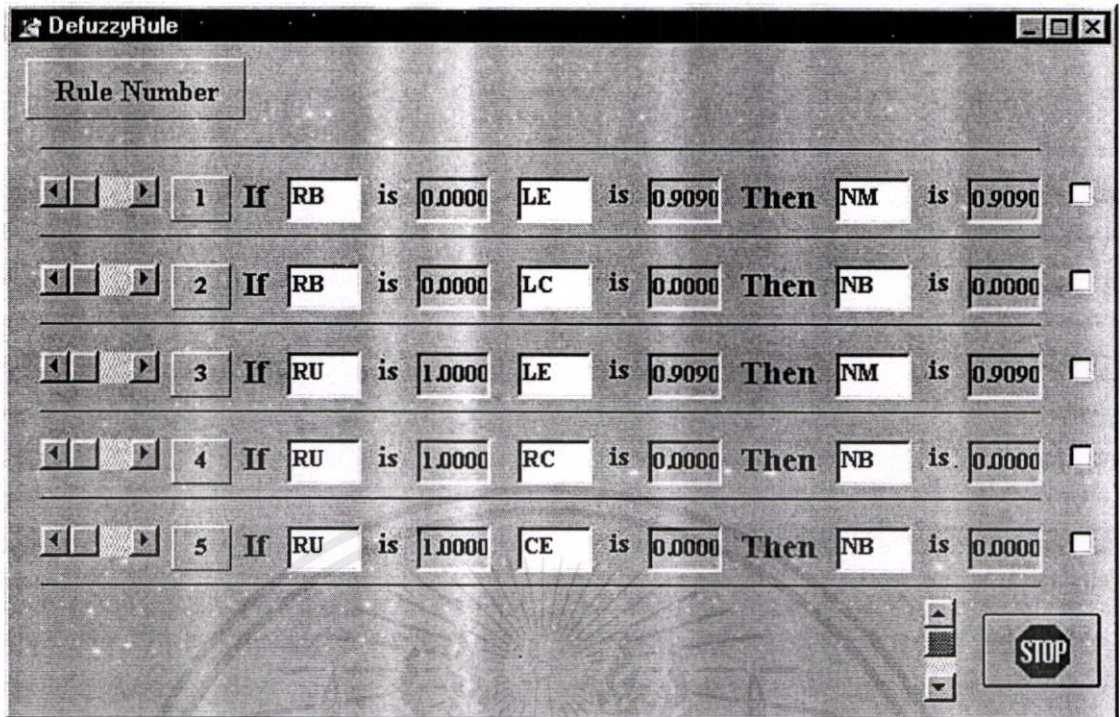
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.7 แสดงโปรแกรมขณะทำการจำลองการทำงานของระบบควบคุมแบบฟัซซี

จากการทดลองเราจะเห็นผลของกฎที่มีความสัมพันธ์ต่อการทำงานของระบบควบคุมในแต่ละรูป ซึ่งจะได้ค่าของกฎที่แตกต่างกันไปดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.8 แสดงผลลัพธ์ของกฎหลังจากที่ได้มีการจำลองการทำงาน

เมื่อมีการทดลองจำลองการทำงานเสร็จแล้ว ผลที่ของการคำนวณในแต่ละรูปจะถูกรายงานออกมาทำให้ เราสามารถตรวจสอบ จากการทดลองเราจะเห็นว่าตั้งแต่แรกออกจากจุดเริ่มต้นที่ (x_0, θ_0) เท่ากับ $(1, 0)$ ค่าของ θ , x , θ ในแต่ละ t จะเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

t	Position	angle	steering	error
1	3	-30	-19	90.55385
2	1.936758	18.36853	-19	81.49847
3	2.862585	26.23006	-16.63636	72.44308
4	3.808331	31.9223	-11.90909	64.38168
5	4.781797	35.58385	-7.181818	58.30952
6	5.744176	39.16183	-6.333333	54.23099
7	6.692527	42.85484	-7.727273	51.15662
8	7.648237	46.49346	-7	47.09565
9	8.606991	49.49346	-7	44.04543
10	9.564081	52.49346	-7	41.01219
11	10.35911	61.36853	-19	38
12	10.20006	70.36853	-19	29
13	10.03608	79.36853	-19	20
14	9.871219	88.36853	-19	11
15	9.968662	89.89896	-3.8	2
16	9.999996	90	0	0
17	9.999996	90	0	0
18	9.999996	90	0	0
19	9.999996	90	0	0
20	9.999996	90	0	0
21	9.999996	90	0	0
22	9.999996	90	0	0
23	9.999996	90	0	0
24	9.999996	90	0	0
25	9.999996	90	0	0

ภาพที่ 5.9 แสดงผลของการคำนวณในแต่ละจุด

ตารางที่ 5.2 จะเป็นผลของการทดลองซึ่งทำให้เราภูที่มีความสัมพันธ์กับการจำลองการควบคุมการถอยของ truck ให้เข้าจอด ซึ่งภูแต่ละข้อจะแสดงถึงความสัมพันธ์ของ อินพุต กับ เอาต์พุต ถ้าการถอยรถเกิดข้อผิดพลาดมาก จำนวนภูที่ต้องมาใช้ในการปรับให้เข้าตามจุดที่ต้องการก็จะมีมากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

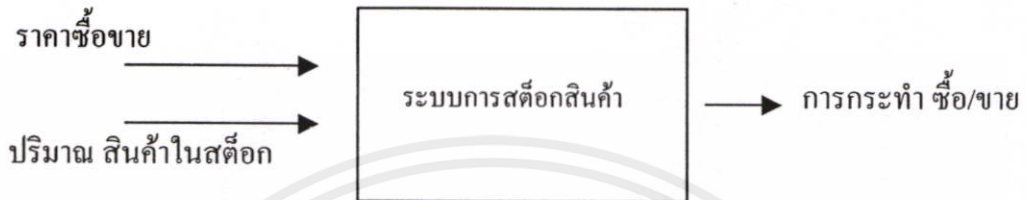
ตารางที่ 5.3 แสดงผลของการจำลองการทำงานของโปรแกรม

T	X	\emptyset	θ	Degree
0	S2	S2	S2	1.0
1	S2	S2	S2	0.92
2	S2	S2	S2	0.35
3	S2	S2	S2	0.12
4	S2	S2	S2	0.07
5	S1	S2	S1	0.08
6	S1	S1	S1	0.18
7	S1	S1	S1	0.52
8	S1	S1	S1	0.56
9	S1	S1	S1	0.60
10	CE	S1	S1	0.35
11	CE	S1	S1	0.21
12	CE	S1	CE	0.16
13	CE	CE	CE	0.32
14	CE	CE	CE	0.45
15	CE	CE	CE	0.54
16	CE	CE	CE	0.88
17	CE	CE	CE	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

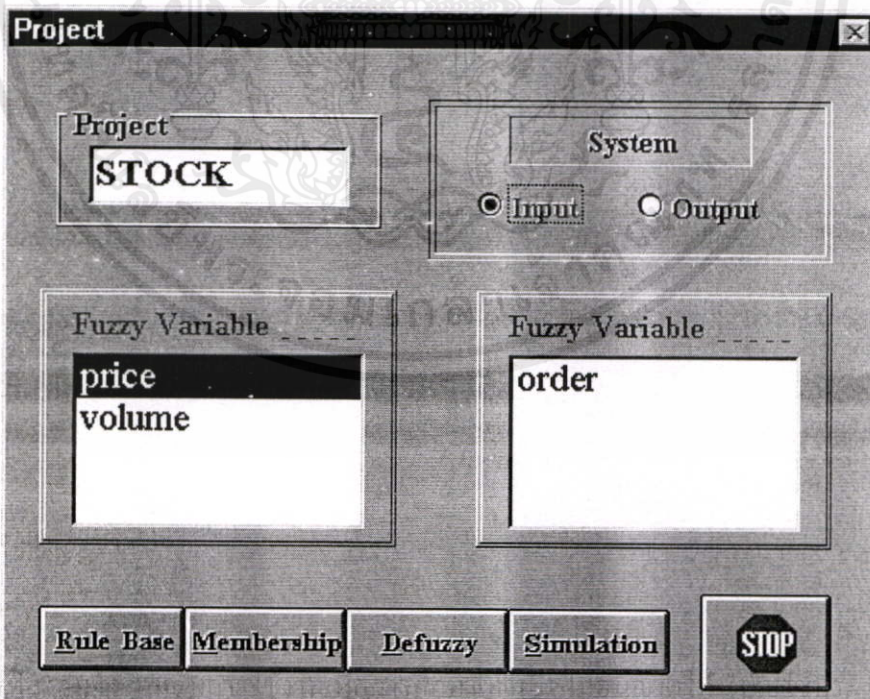
5.3 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมช่วยออกแบบระบบฟัซซี ในทางการตลาด

บริษัทผู้จำหน่ายหนังสือได้นำระบบฟัซซี เข้ามาช่วยในการจัดสต็อกหนังสือ เพื่อให้ปริมาณหนังสือในสต็อก มีอย่างเพียงพอต่อความต้องการและไม่จัดเก็บไว้นานมากเกินไปจนเกินความจำเป็น โดยได้คำนึงถึงปัจจัยหลักดังต่อไปนี้

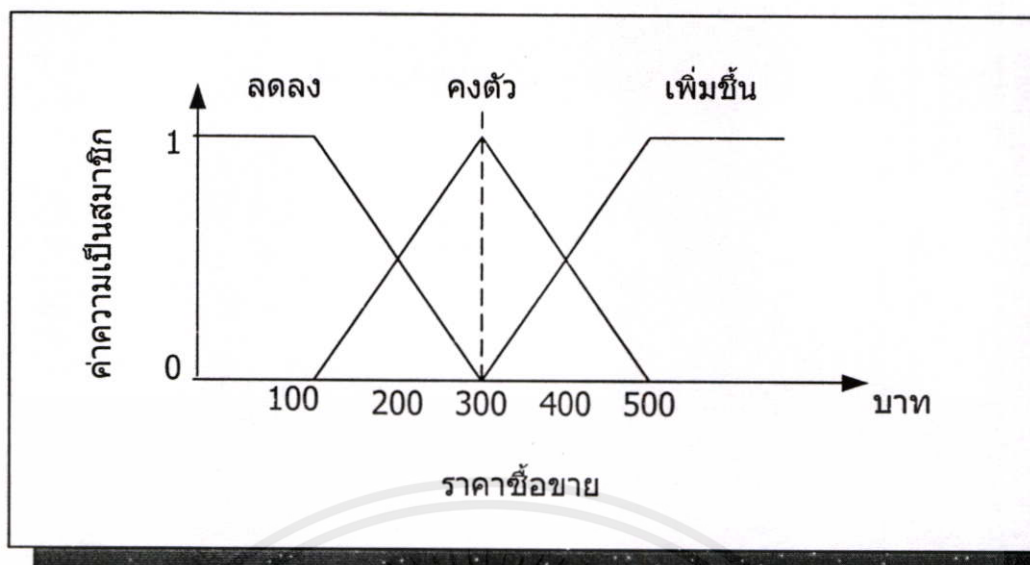


ภาพที่ 5.10 ระบบการจัดสต็อกหนังสือโดยใช้ฟัซซี

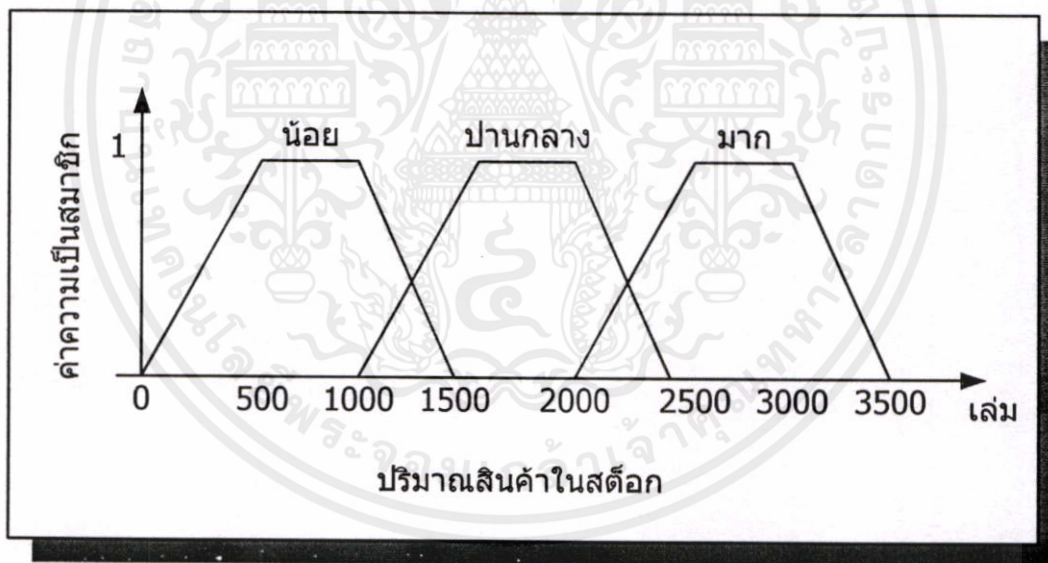
จากภาพที่ 5.10 ความสัมพันธ์ระหว่างราคาซื้อขาย กับปริมาณสินค้าในสต็อกมีผลต่อปริมาณการซื้อหนังสือ ถ้ามีการซื้อหนังสือมากก็จะทำให้บริษัทต้องทำการสั่งซื้อหนังสือ แต่ถ้าปริมาณการขายหนังสือของบริษัทน้อยก็จะต้องเร่งการขายให้มากกว่าเดิม เพื่อให้การจัดเก็บหนังสือในสต็อกได้พอดีกับความต้องการ หนังสือปกตราคาเล่มละ 300 บาท



ภาพที่ 5.11 ระบบการจัดสต็อกหนังสือโดยใช้โปรแกรมช่วยออกแบบระบบ ฟัซซี

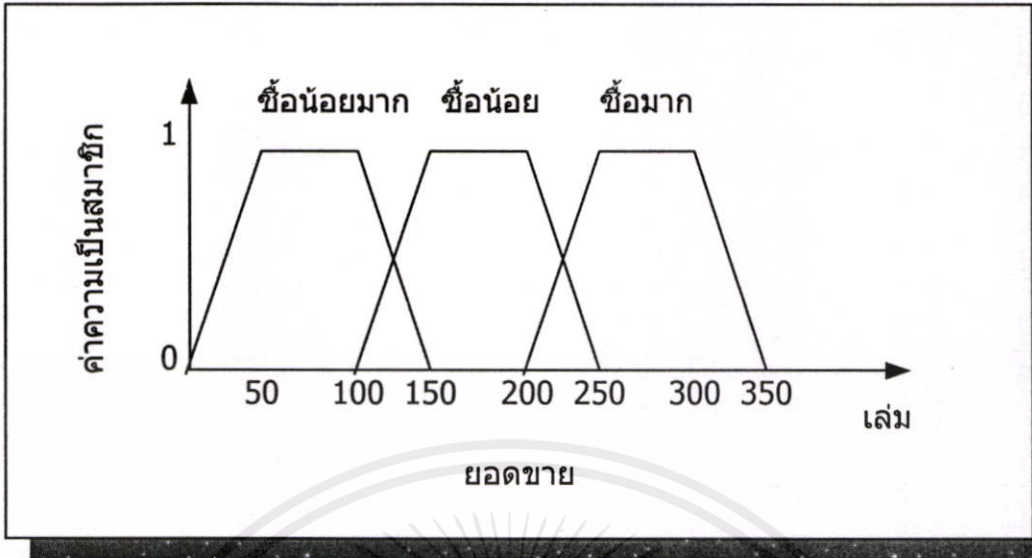


ภาพที่ 5.12 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของราคาซื้อขาย (Share Price)

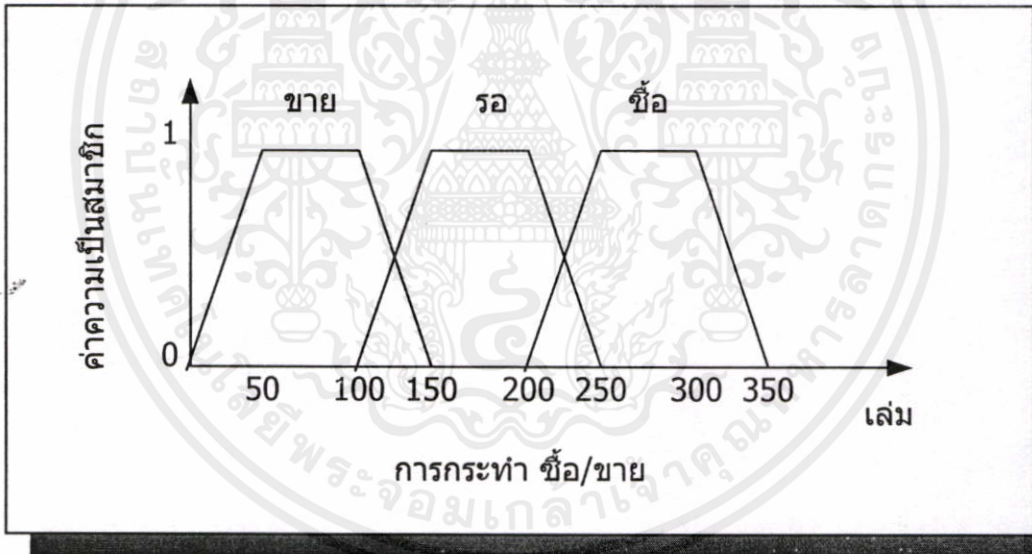


ภาพที่ 5.13 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของปริมาณสินค้าในสต็อก (Trading Volume)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

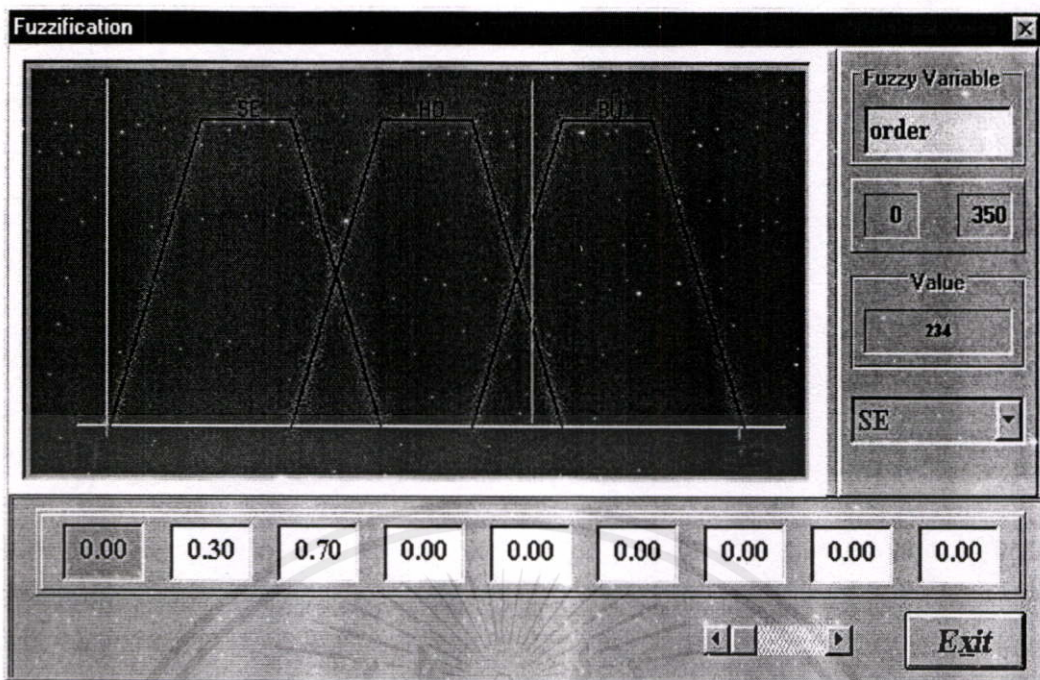


ภาพที่ 5.14 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของยอดชาย



ภาพที่ 5.15 แปรค่าจากฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของยอดชายเพื่อจัดทำสต็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.16 โปรแกรมแสดง ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก

การสร้างฐานของกฎควบคุม

กำหนดตัวแปรให้มีความหมายดังนี้ ST : คงตัว (stable)

ตารางที่ 5.4 แสดงความหมายของตัวแปรที่ใช้ควบคุมการถอยรถ

ราคาซื้อขาย	ปริมาณสินค้าในสต็อก	การกระทำ ซื้อ/ขาย
RI : เพิ่มขึ้น (rising)	HE : มาก (heavy)	BU : ซื้อ (buy)
ST : คงตัว (stable)	MO : ปานกลาง (moderate)	HO : รอ (hold)
DR : ลดลง (dropping)	LI : น้อย (light)	SE : ขาย (sell)

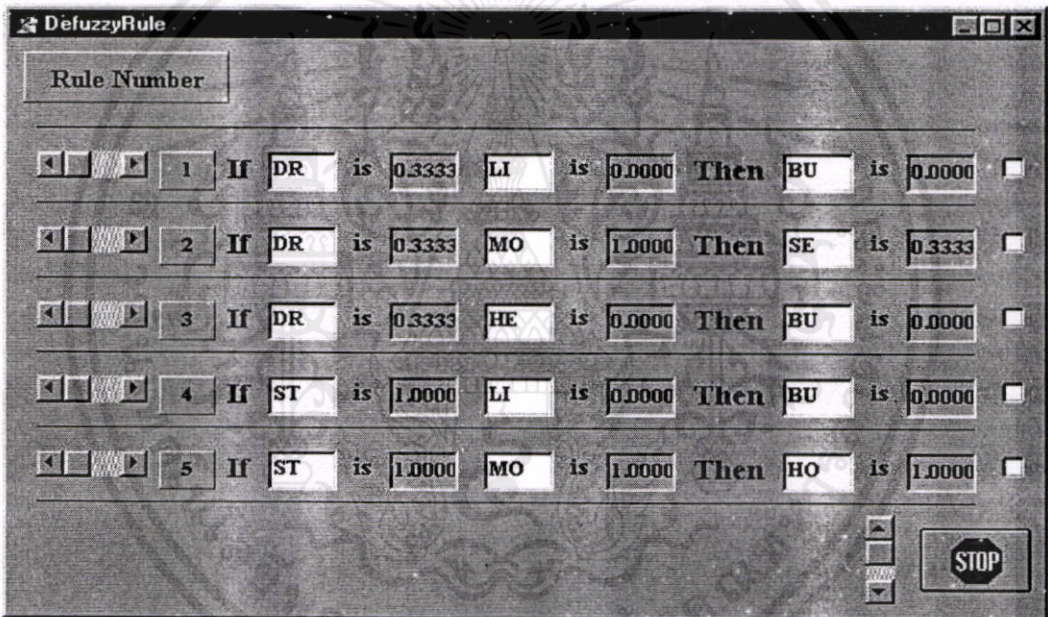
ตารางที่ 5.5 แสดงกฎที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้กำหนดขึ้น

		ปริมาณสินค้าในสต็อก		
ราคาซื้อขาย		LI	MO	HE
	RI	BU	SE	BU
	ST	BU	HO	BU
	DR	BU	SE	BU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางสามารถแสดงในลักษณะของIF-THEN ได้ดังนี้

- “ ถ้า ราคาซื้อขายกำลังเพิ่มขึ้น และปริมาณสินค้ามีมาก คำนึงจะต้องซื้อสินค้า ”
- “ ถ้า ราคาซื้อขายกำลังเพิ่มขึ้น และปริมาณสินค้ามีปานกลาง คำนึงจะต้องขายสินค้า ”
- “ ถ้า ราคาซื้อขายกำลังเพิ่มขึ้น และปริมาณสินค้าน้อย คำนึงจะต้องซื้อสินค้า ”
- “ ถ้า ราคาซื้อขายกำลังคงตัว และปริมาณสินค้ามีมาก คำนึงจะต้องซื้อสินค้า ”
- “ ถ้า ราคาซื้อขายกำลังคงตัว และปริมาณสินค้ามีปานกลาง คำนึงจะต้องรอ ”
- “ ถ้า ราคาซื้อขายกำลังคงตัว และปริมาณสินค้าน้อย คำนึงจะต้องซื้อสินค้า ”
- “ ถ้า ราคาซื้อขายกำลังลดลง และปริมาณสินค้ามีมาก คำนึงจะต้องซื้อสินค้า ”
- “ ถ้า ราคาซื้อขายกำลังลดลง และปริมาณสินค้ามีปานกลาง คำนึงจะต้องขายสินค้า ”
- “ ถ้า ราคาซื้อขายกำลังลดลง และปริมาณสินค้าน้อย คำนึงจะต้องซื้อสินค้า ”



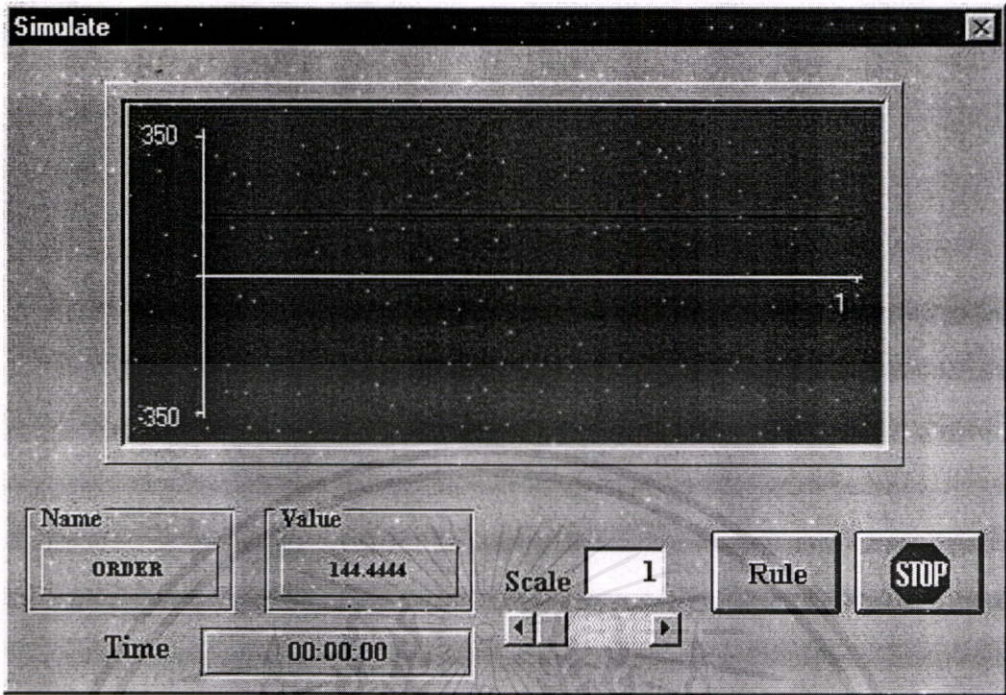
ภาพที่ 5.17 แสดงผลลัพธ์ของกฎหลังจากที่ได้มีการจำลองการทำงาน

การหาค่าดีฟัซซิฟิเคชัน

ในขบวนการดีฟัซซิฟิเคชัน เราจะใช้วิธีหาค่าโดยใช้วิธีแบบ Centroid เพื่อหาค่าของ

$$\text{Center of Gravity} = \frac{\sum_{j=1}^p C_j \mu_o(C_j)}{\sum_{j=1}^p \mu_o(C_j)} \quad (5.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.18 แสดงส่วนการดีฟิซิติเคชันของโปรแกรมในการกระทำซื้อหรือขาย (Buy/Sell)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุป

6.1 บทนำ

วิทยานิพนธ์ นี้ได้เสนอ การออกแบบระบบ ฟัชซี ผู้ใช้สามารถศึกษาการทำงานของระบบควบคุมแบบ ฟัชซี และทดลองเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ เพื่อสังเกตวิธีการทำงานของระบบควบคุมแบบ ฟัชซี ผู้ใช้สามารถออกแบบอินพุตภายใต้เงื่อนไขของฐานกฎที่ได้จากการกำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบการทำงาน โปรแกรมสามารถทำงานทีละขั้นได้ เพื่อที่จะให้ผู้ใช้สามารถสังเกตขั้นตอนการทำงาน และวิธีการคำนวณของฟัชซี สำหรับในกรณีที่ผู้ใช้เพิ่งเริ่มต้นศึกษาการควบคุมแบบฟัชซี โปรแกรมจะมีส่วนช่วยเหลืออธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบสำหรับในแต่ละอัลกอริทึม เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจถึงขบวนการในการทำงาน ในแต่ละขั้นตอนก่อนเริ่มต้นใช้งาน โปรแกรม ทำให้ช่วยลดเวลาในการค้นคว้า หากความรู้เกี่ยวกับระบบฟัชซี

6.2 สรุปผลการใช้งาน

จากแนวทางการใช้โปรแกรม การออกแบบระบบ ฟัชซี การทำงานของโปรแกรมสามารถพอสรุปได้ดังนี้ ในส่วนการจัดเตรียมข้อมูลอินพุต ต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของผู้เชี่ยวชาญซึ่งประกอบด้วย ส่วนของระบบ จะเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล *.dat โดยภายในจะประกอบด้วย ระบบอินพุต และระบบเอาต์พุต ในแต่ละระบบก็ยังคงประกอบไปด้วย Fuzzy variable ของภายในระบบ ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของฐานข้อมูล Fuzzy variable จะเก็บไว้ในไฟล์ที่มีชื่อเช่นเดียวกับ Fuzzy variable ส่วนที่ 3 เป็นส่วนของฐานกฎ มีการกำหนดกฎจากผู้เชี่ยวชาญเก็บไว้เป็นฐานกฎไว้ในไฟล์ที่มีชื่อว่า Rules เมื่อผู้ใช้กำหนดค่าต่างๆที่จำเป็นให้กับระบบและทำการคำนวณแล้ว โปรแกรมจะทำการหาค่าฟัชซีฟิเคชันซึ่งเป็นผลที่ได้จากการเรียนรู้ในการคำนวณ จากการทดลองใช้งานโปรแกรมสามารถตอบสนองต่อการคำนวณได้ดี และยังช่วยผู้ใช้เข้าใจในขบวนการของฟัชซี และมองเห็นกระบวนการในการควบคุมที่ได้สร้างขึ้นเพื่อนำไปสู่การปรับแต่งเพื่อความถูกต้อง

ปัญหาที่พบในงานวิจัยนี้ จะอยู่ในส่วนของการเตรียมฐานข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญสำหรับเป็นค่าเริ่มต้นของอินพุต จะมีผลต่อระบบควบคุม ทำให้ต้องมีการปรับแต่งมาก และการเรียนรู้ของตัวควบคุมในแต่ละครั้ง จะเกิดการผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] A . Kandel , Ph.D . " **Fuzzy Expert Systems** " , CRC Press , Boca Raton , Florida (1992).
- [2] E. Czogala and W. pedrycz," **Fuzzy Rule Generation for Fuzzy Control** " *Cyberm. Syst.*,vol. 13, no. 3, pp. 275-293, 1982.
- [3] Chuen Chien Lee, Student member," **Fuzzy Logic in Control System:Fuzzy Logic Controller Part 1** " *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol.20, no.2,1990.
- [4] G. J. Klir and T. A. Folger, **Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information**. Englewood Cliffs , NJ: Prentice Hall, 1988
- [5] H. J. Zimmermann, **Fuzzy Set Theory and Its Applications**. Boston : Kluwer Academic Publishers, 1985
- [6] J.Maiers and Y.S.Sherif, " **Applications of Fuzzy Set Theory** " *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. SMC-15,no.1,1985.
- [7] Jun Yan, Michael Ryan, and James Power, "Using fuzzy logic : **Towards intelligent systems**" Prentice Hall, 1994
- [8] Kazuo Tanaka, **An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications** . Springer, Inc.1997
- [9] L. A. Zadeh, "Fuzzy Algorithms" *Information and Control*, Vol. 12, 1968, pp. 94-102.
- [10] L. A. Zadeh, **Fuzzy Sets and Applications**. John Wiley & Sons, Inc. 1987
- [11] Lee, C.C., " **Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller – Part I,** " *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, 20, 2, March/April 1990, pp. 404-418.
- [12] Lee, C.C., " **Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller – Part II,** " *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, 20, 2, March/April 1990, pp. 419-435.
- [13] M . Jamshide, N . Vadice, and T . J . Ross. " **Fuzzy Logic and Control** " , PTR Prentice Hall , Englewood Cliffs , New Jersey (1993).
- [14] J. MohaMmad, V. Nader and J. ross Timothy. **Fuzzy Logic and Control**. Prentice Hall,Inc 1993
- [15] Self , Kevin . " **Designing With Fuzzy Logic** " *IEEE Spectrum* (November, 1990).
- [16] Viot , G. " **Fuzzy Logic in C** " , *Dr. Dobb's Journal* , 18(2) : 40-49 , 94, 1993.
- [17] วุฒิพงษ์ กิตติรัชพงษ์, "โปรแกรมช่วยออกแบบระบบควบคุมแบบ ฟัซซี่" *วิศวกรรมลาดกระบัง* ปีที่ 13 ฉบับที่ 2 หน้า 1-9 เดือน เมษายน 2540

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISSN 0125-1724

วิศวกรรม

ลาดกระบัง

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

LADKRABANG ENGINEERING JOURNAL

ปีที่ 13 ฉบับที่ 2

เมษายน 2540

- | | |
|---|----|
| 1. โปรแกรมช่วยออกแบบระบบควบคุมแบบพีซี
วุฒิพงษ์ กิตติรัชพงษ์ บุญธีร์ เครือตราฐ | 1 |
| 2. การรู้จำรูปแบบโดยใช้ความถี่สัมพัทธ์เสมือนแบบพีซี
ศรียุทธย์ เดววิทย์ เอื้อน ปิ่นเงิน | 10 |
| 3. การรู้จำรูปแบบอักษรตัวพิมพ์ภาษาไทยโดยวิธี Hough Transform
พิศิษฐ์ โบคารัตน์กุล ชม กัมปาน | 20 |
| 4. การลดขนาดข้อมูลภาพโดยใช้เวฟเลต
ฉันทิธร นันทจิรากรชัย สุรพันธุ์ เอื้อโหมลย์ มนัส สังวรศิลป์ | 28 |
| 5. วิธีการขยายข้อมูลภาพนิ่ง JPEG ชนิด Sequential Baseline System
ศิริพร เศษะศิลาวัณย์ ไกรสิน สังวรดานา | 36 |
| 6. การแก้ไขรายละเอียดของภาพโดยใช้การแปลงเวฟเลต
อรรถศาสตร์ นาคเทวัญ ชัยชาญ มัคคุน กิตติพล จิตสกุล มนัส สังวรศิลป์ | 44 |
| 7. เปรียบเทียบระบบผู้เชี่ยวชาญที่ไม่นิ่งกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูล
ศรีศักดิ์ จามรมาน สุกิจ เมฆจำเริญ | 51 |
| 8. การออกแบบและการวิเคราะห์ทางสถาปัตยกรรมของเครือข่ายสื่อสารคอมพิวเตอร์
พงษ์แก้ว แก้วของนาง ศักดิ์ชัย ทิพย์จักรพันธุ์ รัตติกร วราวุฒศิริพันธุ์ | 59 |
| 9. การควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบ 4 ควอเตอร์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์
อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ | 67 |
| 10. เครื่องควบคุมการจ่ายกำลังงานไฟฟ้าสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์
ชัยสิทธิ์ อร่ามมงคลวิชัย จิรวรรณ ปานกลาง | 78 |
| 11. การหาค่าดัชนีการพึ่งพิงหลายของดินโดยปริมาณฝน
ทรงวุฒิ แสงจันทร์ | 83 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ขอสงวนไว้เพื่อลดเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ 83

โปรแกรมช่วยออกแบบระบบควบคุมแบบ ฟัซซี่

FUZZY SYSTEM DESIGN TOOL

วุฒิพงษ์ กิตติรัชพงษ์

บุญธีร์ เจริญตรา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

โปรแกรมช่วยออกแบบระบบควบคุมแบบ ฟัซซี่ เป็นเครื่องมือซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการออกแบบระบบควบคุมแบบ ฟัซซี่ ตัวโปรแกรมมีลักษณะเป็นวิศวกรรมซอฟต์แวร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วย (case) ทำให้สามารถกำหนดเพิ่มเติมและเปลี่ยนแปลงตัวแปร ฟัซซี่ได้ง่าย นอกจากนี้ยังสามารถทำการเปลี่ยนแปลงแก้ไขค่าระดับการเป็นสมาชิกของฟัซซี่ชุดก่อนหน้าได้อย่างสะดวกรวมทั้งสามารถที่จะเพิ่มเติมหรือลบกฎที่ใช้ในระบบฟัซซี่ได้ด้วย ผู้ใช้สามารถสังเกตค่าเกาต์ของแต่ละส่วนที่ได้จากกฎพื้นฐานที่มีความสัมพันธ์กัน โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงการจำลองการทดลองในรูปแบบกราฟิก

การใช้เทคนิคของฟัซซี่ลอจิก จะสามารถแก้ปัญหาของระบบควบคุมที่ไม่เป็นเชิงเส้นและซับซ้อน โดยมีรูปแบบแบบฝึกหัดสำหรับไม่ยุ่งยากมากนัก

ABSTRACT

This Fuzzy System Design Tool is a Computer-Aided Software Engineering (CASE) implemented to ease the design of Fuzzy Control System. The proposed software has some attractive features, for instance the fuzzy variable can be changed or redefined. Insertion or deletion of fuzzy system rules are also possible. Users can observe the output and modify various parameters via graphic interface.

By using the Fuzzy logic techniques, it is easier solve the problem of nonlinear and complex control system since mathematical model is simpler.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. บทนำ

Fuzzy Control ได้รับความนิยมนในกลุ่มวิศวกรควบคุมที่ทำงานในเชิงอุตสาหกรรม เช่น ระบบควบคุมความเย็น การควบคุมการถ่ายกำลังเครื่องยนต์ การควบคุมเตาปฏิกรณ์ปรมาณู การควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ การปรับปรุงภาพอย่างอัตโนมัติ หรือ ระบบที่ต้องการอาศัยการตัดสินใจที่มีความสลับซับซ้อนมาก

ปัจจุบัน การทำงานในแบบฟัซซี เป็นที่ต้องการในระบบที่มีความซับซ้อนมาก วิธีการ Fuzzy Logic Control (FLC) ที่มีพื้นฐานอยู่บน Fuzzy Logic ซึ่งมีความใกล้เคียงต่อแนวความคิดของมนุษย์ และภาษาที่ใช้ควบคุมมากกว่าระบบ logic แบบธรรมดา

Fuzzy System Design Tool เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การสร้างระบบควบคุมแบบฟัซซีได้ง่ายขึ้น โดยสามารถให้เราตรวจสอบการทำงานของระบบได้ทีละขั้นตอน ตรวจสอบกฎที่สัมพันธ์กัน หรือสามารถอธิบายการทำงานออกมาเป็นรูปภาพทาง Graphic ได้.

2. ทฤษฎีพื้นฐานของระบบ

สมมติให้ U เป็นเซตที่ประกอบด้วยสมาชิกที่ต้องการพูดถึงทั้งหมด (Univers of discourse) สามารถระบุฟัซซีเซต R เป็นซับเซตของ U โดยมีค่าฟังก์ชันการเป็นสมาชิก μ_R ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1, $\{\mu_R : U \rightarrow [0,1]\}$. ฟัซซีเซตมีลักษณะเป็นลอจิกแบบ Multi-value logic แต่ในเซตแบบธรรมดาที่มีลักษณะลอจิกแบบ Two-value logic ซึ่งมีฟังก์ชันการเป็นสมาชิกคือ 1 หรือ 0 ($R \in U$ หรือ $R \notin U$)

ถ้า U มีลักษณะต่อเนื่อง ฟัซซีเซต R สามารถเขียนได้ดังนี้

$$R = \int \mu_R(u) / u \quad (1)$$

ถ้า U มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง ฟัซซีเซต R สามารถเขียนได้ดังนี้

$$R = \sum_{i=1}^n \mu_R(u_i) / u_i \quad (2)$$

เช่น

$$R = \mu_R(u_1) / u_1 + \mu_R(u_2) / u_2 + \dots + \mu_R(u_n) / u_n$$

หรือ

$$R = \bigcup_i \mu_i / u_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

เครื่องหมาย “ \cup ,” “ \sum ” และ “ \int ” เป็นการยูเนียน ความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกของ U และ ค่าของการเป็นสมาชิก, และไม่ได้หมายถึงการ “หาร” ในทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่าง เช่น $\mu_{เร็ว}(70 \text{ km/h}) = 0.8$ มีความหมายว่า ที่ความเร็ว 70 km/h เป็นสมาชิกของเซตความเร็วที่มีระดับ 0.8 จากการเทียบกับ ระดับที่ 0 ซึ่งถือว่าไม่เป็นสมาชิกเลย และระดับที่ 1 ซึ่งถือว่า เป็นสมาชิกโดยสมบูรณ์

$$R = \frac{0.8}{70 \text{ km / h}} \quad (4)$$

Support ของฟัซซีเซต R มีลักษณะเป็น crisp set ทุกจุดของ u ใน U เขียนได้ดังนี้

$$S(R) = \{u | u \in U \text{ และ } \mu_R(u) > 0\} \quad (5)$$

ถ้าส่วนของ u ใน U ที่มีค่า $\mu_R = 0.5$ จะเรียกตำแหน่งนั้นว่า Crossover Point

ถ้า Support ของฟัซซีเซต R ที่มีเพียงค่าเดียวใน U ที่ $u \in U$ จะเรียกว่า Fuzzy Singleton เขียนได้ดังนี้

$$R = \frac{\mu}{u} \quad (6)$$

ในฟัซซีเซตมีตัวดำเนินการพื้นฐานเช่นเดียวกับเซตปกติคือ ตัวดำเนินการแบบ ยูเนียน , อินเตอร์เซก และ คอมพลิเมนต์

ให้ A และ B เป็นฟัซซีเซตใน U โดยมีค่าการเป็นสมาชิก μ_A และ μ_B ตามลำดับ

1. ยูเนียนของฟัซซีเซต A และ ฟัซซีเซต B (Union)

$$A \cup B = \{x | x \in A \text{ หรือ } x \in B\}$$

$$A_i = A_1 \cup \dots \cup A_n$$

$$\mu_{A \cup B}(u) = \max\{\mu_A(u), \mu_B(u)\} \quad (7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่เพื่อการค้า

ไม่ว่าในรูปแบบใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อินเตอร์เซกของฟัซซีเซต A และ ฟัซซีเซต B

(Intersection)

$$A \cap B = \{x | x \in A \text{ และ } x \in B\}$$

$$\bigcap_{i=1}^n A_i = A_1 \cap \dots \cap A_n$$

$$\mu_{A \cap B}(u) = \min\{\mu_A(u), \mu_B(u)\} \quad (8)$$

3. คอมพลีเมนต์ \bar{A} ของฟัซซีเซต A

(Complement)

$$A' = \{x | x \notin A\}$$

$$\mu_{\bar{A}}(u) = 1 - \mu_A(u) \quad (9)$$

4. คาร์เตเซียนโปรดักท์ (Cartesian Product)

ให้ A_1, \dots, A_n เป็นฟัซซีเซตใน U_1, \dots, U_n ค่า Cartesian Product ของ A_1, \dots, A_n เป็นฟัซซีเซตใน Univers ของ $U_1 \times \dots \times U_n$ จากหน้าที่การเป็นสมาชิก

$$\mu_{A_1 \times \dots \times A_n}(u_1 \times \dots \times u_n) = \min\{\mu_{A_1}(u_1), \dots, \mu_{A_n}(u_n)\} \quad (10)$$

หรือ

$$\mu_{A_1 \times \dots \times A_n}(u_1 \times \dots \times u_n) = \mu_{A_1}(u_1) \cdot \mu_{A_2}(u_2) \cdot \dots \cdot \mu_{A_n}(u_n) \quad (11)$$

ตัวอย่าง

กำหนดให้ Fuzzy set A มีค่าเท่ากับ $\left\{ \frac{0.6}{X_1}, \frac{0.5}{X_2}, \frac{0.1}{X_3} \right\}$

ให้ Fuzzy set B มีค่าเท่ากับ $\left\{ \frac{0.3}{Y_1}, \frac{0.5}{Y_2} \right\}$

หาค่าผลของ Cartesian product ได้

$$A \times B = \begin{bmatrix} 0.6 \\ 0.5 \\ 0.1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0.3 & 0.5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.5 \\ 0.3 & 0.5 \\ 0.1 & 0.1 \end{bmatrix}$$

5. Fuzzy Relation

จำนวน n ของ Fuzzy Relation เป็นฟัซซีเซตที่อยู่ใน $U_1 \times \dots \times U_n$ สามารถเขียนแสดงได้ดังนี้

$$R_{u_1 \times \dots \times u_n} = \{((u_1 \times \dots \times u_n), \mu_R(u_1 \times \dots \times u_n))\}$$

โดย

$$(u_1, \dots, u_n) \in U_1 \times \dots \times U_n \quad (12)$$

ตัวอย่างของ Fuzzy Relation ระหว่างเซต A และ เซต B เป็น

$$\mu_R(x,y) = A(x) \times B(y) \quad (13)$$

ตัวดำเนินการ \times แทน Cartesian product. และ $\mu_R(x,y)$ แทนหน้าที่การเป็นสมาชิกของฟัซซีในช่วงระหว่าง $[0,1]$ ซึ่งแสดงระดับที่มีความสัมพันธ์กันจริงสำหรับ x และ y

6. Sup-Star composition ของกฎการวินิจฉัย

Sup-Star composition ของกฎการวินิจฉัยเป็นส่วนที่ได้มาจากกฎการวินิจฉัยของ Zadeh. ให้ R เป็น Fuzzy Relation ใน $U \times W$, s และ y เป็นฟัซซีเซตใน U และ W ตามลำดับ, “sup-star composition ของกฎการวินิจฉัย” มีลักษณะดังนี้

$$y = x \bullet R \quad (14)$$

ที่ $x \bullet R$ แทน sup-star composition ของ x และ R. ถ้า star แทนตัวดำเนินการ minimum

ใน Fuzzy Set มีการเปิดโอกาสสำหรับการใช้ข้อมูลที่มีความคลุมเคลือ มีความไม่แน่นอน, หรือการนึกคิดความหมายเอง ฟัซซีเซตเลือกใช้วิธีการกำหนดแบบภาษาที่พูดทั่วไป (linguistic variable) โดยพิจารณาแต่ละอันเหมือนตัวแปรที่มีค่าเป็น Fuzzy Number ตัวอย่างเช่น

ความเร็วมอเตอร์

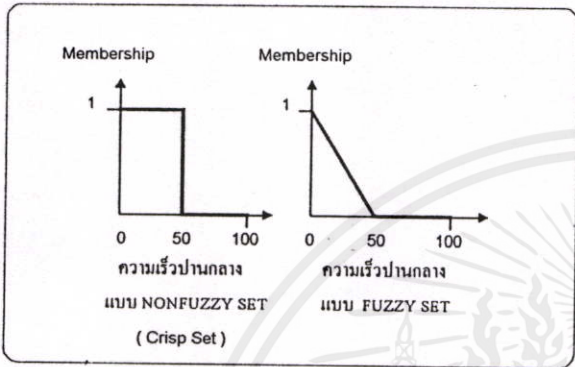
$$R(\text{ความเร็ว}) = \{ \text{ช้ามาก, ช้า, ปกติ, เร็ว, เร็วมาก} \}$$

ให้ U เป็นค่า Universal of discourse ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง

การแปลความหมาย ถ้าพูดถึง “ช้ามาก” ก็มีความหมายเหมือน “ความเร็วของรถยนต์ที่ต่ำกว่า 20 กิโลเมตร/ชั่วโมง ถ้าพูดถึง “เร็ว” ก็มีความหมายเหมือน

“ความเร็วของรถยนต์มีค่าสูงประมาณ 70 กิโลเมตร/ชั่วโมง ถ้าพูดถึง “ปานกลาง” ก็มีความหมายเหมือน “ความเร็วของรถยนต์ที่สูงกว่า 20 กิโลเมตร/ชั่วโมง แต่ต่ำกว่า 70 กิโลเมตร/ชั่วโมง”

ลักษณะที่กล่าวมาได้แสดงให้ชัดเจนของความเร็วมี่ค่า Membership Function เหมือนดังรูป



รูปที่ 1 แสดงความแตกต่างในทฤษฎีเซต แบบธรรมดา กับ แบบ Fuzzy Set

Fuzzy Implication inference บิดหลักการบนส่วนประกอบกฎของการวินิจฉัยสำหรับ approximate reasoning ซึ่งเป็นการใช้ปกติในระบบผู้เชี่ยวชาญ มีอยู่ 2 ลักษณะ

กำหนด A, A', B, B' เหมือนเป็น Fuzzy set
 x, y เป็นค่า Fuzzy variable ของตรรกศาสตร์แบบธรรมดา

1. Forward data-driven inference หรือที่รู้จักกันในรูปแบบของ Forward Chaining Rule-Based Expert Systems (generalized modus ponens) หรือ “วิธี ponens” โดยพิจารณาข้อมูลเริ่มจากข้างหน้าไป

ถ้า x เป็น A แล้วได้ y เป็น B

แต่ถ้าหากให้ x เป็น A' แล้ว y จะได้เป็น B'

ถ้า $A' = A$ จะได้ $B' = B$

2. Backward data-driven inference หรือที่รู้จักกันในรูปแบบของ Backward Chaining Rule-Based

Expert Systems (generalized modus tollens) “วิธี tollens” โดยพิจารณาข้อมูลเริ่มจากข้างหลังไป

ถ้า x เป็น A แล้วได้ y เป็น B

แต่ถ้าหากให้ y เป็น B' แล้ว x จะได้เป็น A'

ถ้า $B' = B$ จะได้ $A' = A$

จากขบวนการควบคุมในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากขึ้น ความสนใจในวิธีการของ Fuzzy logic control. Fuzzy logic control จึงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างการควบคุมความถูกต้องในการคำนวณคณิตศาสตร์แบบธรรมดา และการตัดสินใจของมนุษย์

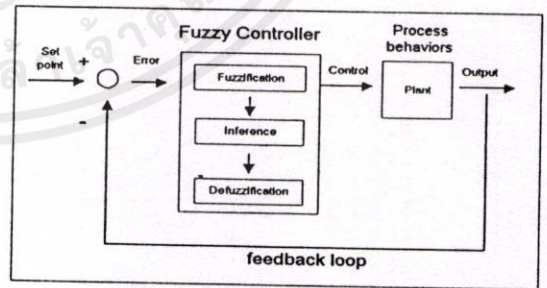
ในการใช้ Fuzzy Control ผู้เชี่ยวชาญสามารถกำหนดกฎเกณฑ์การควบคุมในรูปแบบของภาษาพูด ที่สามารถนำทฤษฎีพื้นฐานของ Fuzzy logic มาทำการกำหนดระดับของการเป็นสมาชิก

3. โครงสร้างของ Fuzzy System Design Tool

Fuzzy System Design Tool พัฒนาโดยใช้ภาษา C ของ Watcom ในส่วน Graphic User Interface ใช้โปรแกรม Visual Basic ของไมโครซอฟต์

3.1 ส่วนของการคำนวณ และการวินิจฉัย

ส่วนของการคำนวณมีลำดับการทำงานพื้นฐานเป็นดังนี้



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของระบบ Fuzzy System Design Tool

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

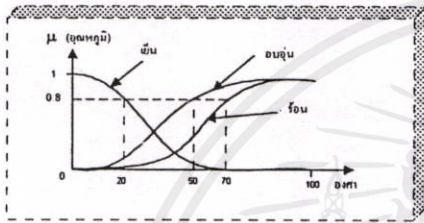
การดำเนินการ Fuzzification of Input

ตัวดำเนินการ Fuzzification ทำหน้าที่เป็นกระบวนการแปลง (mapping) ค่า Crisp Data ให้เป็นฟัซซีเซต

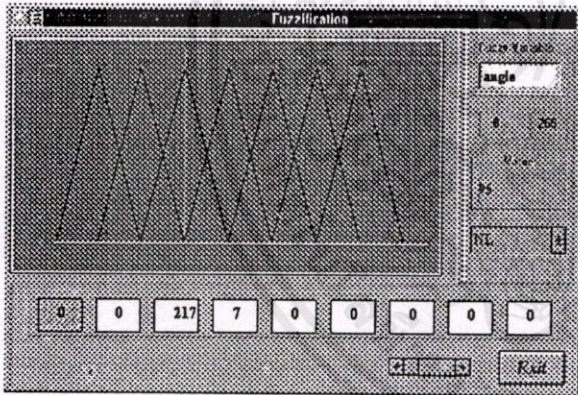
$$X = \text{fuzzifier}(x_0) \tag{17}$$

โดย x_0 แทนค่าแบบปกติ (crisp input value) ของขบวนการ, X เป็นฟัซซีเซต และ fuzzifier เป็นการแทนตัวดำเนินการ Fuzzification

ตัวอย่าง การกำหนดค่าการเป็นสมาชิกของอุณหภูมิ 20 องศา จะมีระดับการเป็นสมาชิก 0.8 ของความเย็น



รูปที่ 3 การหาค่าการเป็นสมาชิกของ อุณหภูมิ



รูปที่ 4 แสดงการหาค่าระดับของการเป็นสมาชิก (Degree of membership)

การดำเนินการเชื่อมประโยค (Sentence Connective Operators)

Fuzzy Control Rule เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ Fuzzy Logic Control ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของ Fuzzy Implication ที่ควบคุมตั้งแต่ input จนไปถึงขบวนการและ Max-Min composition ของกฎการวินิจฉัย. Fuzzy Control Rule เป็นการรวมโดยใช้ตัวเชื่อมประโยค

“และ” หรือ “เหมือนกัน” ซึ่งในแต่ละ Fuzzy Control Rule สามารถแทนโดยใช้ Fuzzy Relation. Fuzzy Relation ใช้อธิบายพฤติกรรมทั้งหมดของระบบฟัซซี การรวมกันของค่า ถ้ามก้อให้เกิดตัวเชื่อมประโยค “เหมือนกัน”

Rule 1: ถ้า X เป็น A_1 แล้ว Y เป็น B_1

Rule 2: เหมือนกัน ถ้า X เป็น A_2 แล้ว Y เป็น B_2

: : :

Rule n: เหมือนกัน ถ้า X เป็น A_n แล้ว Y เป็น B_n

ให้ “เหมือนกัน” แทน เป็นตัวเชื่อมประโยค

การดำเนินการส่วนประกอบ (Composition Operator)

ให้ Z เป็น Output ที่ได้จากการกำหนดขบวนการ x, y และ R ซึ่ง R เป็น Fuzzy Relation. sup-star composition ของการวินิจฉัยเป็นการประยุกต์จาก

$$Z = y \circ (x \circ R) \tag{18}$$

เครื่องหมาย \circ เป็นการแสดงถึงส่วนประกอบ

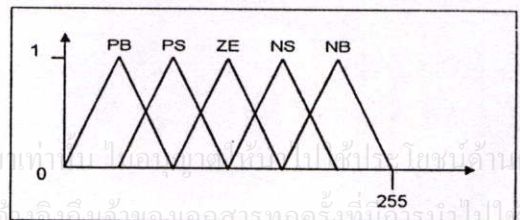
Max-Min

การดำเนินการ Defuzzification Of Output

Output ของขบวนการวินิจฉัยเท่านั้นที่เป็นฟัซซีเซต เป็นความต้องการที่จะทำการควบคุมสิ่งที่ไม่เป็นฟัซซี (crisp) ดังนั้นจำเป็นต้อง defuzzify การกระทำ Fuzzy Control(output) โดยวินิจฉัยจากขั้นตอนของ Fuzzy Control

$$z_0 = \text{defuzzifier}(\mu_R(u)) \tag{19}$$

ให้ z_0 แทน Output ที่ไม่เป็นฟัซซีของการควบคุม defuzzifier เป็นตัวดำเนินการ Defuzzification μ_R แทนค่าระดับการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซต R



รูปที่ 5 แสดง fuzzy variable ในแบบฟังก์ชันการเป็นสมาชิกรูปสามเหลี่ยม

กำหนดให้ Fuzzy Variable

PB = Positive Big, PS = Positive Small, ZE = Zero, NS = Negative Small, NB = Negative Big

วิธีการ

Fuzzy Reasoning บนพื้นฐาน Compositional rule ของการวินิจฉัย

กำหนด x_1 และ x_2 เป็นค่า Input, y เป็น Output, w_1 และ w_2 เป็นค่าจริงของเงื่อนไขและสมมุติเรามี 2 Implication

ถ้า x_1 เป็น NS และ x_2 เป็น PB แล้ว y_1 เป็น NS

ถ้า x_1 เป็น PS และ x_2 เป็น NS แล้ว y_2 เป็น PS

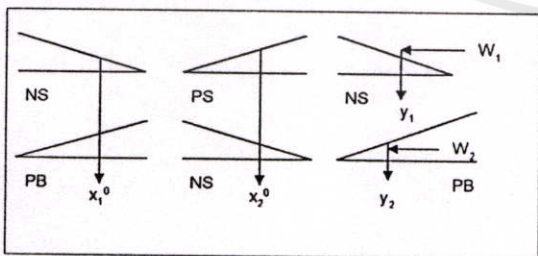
ตัวอย่าง การหาค่าจากกฎที่มีเงื่อนไขดังนี้

ถ้า A แล้วได้ B

$$\min(A \times B) \rightarrow \begin{matrix} A & B \\ \begin{bmatrix} a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n} \\ a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n} \\ \vdots \\ a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_{mn} \end{bmatrix} & \wedge & \begin{bmatrix} b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1m} \\ b_{21}, b_{22}, \dots, b_{2m} \\ \vdots \\ b_{n1}, b_{n2}, \dots, b_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$\min(A' \times y) \rightarrow \begin{matrix} A' & y \\ \begin{bmatrix} a_{11}, a_{12}, \dots, a_{1n} \\ a_{21}, a_{22}, \dots, a_{2n} \\ \vdots \\ a_{m1}, a_{m2}, \dots, a_{mn} \end{bmatrix} & \wedge & \begin{bmatrix} 1_{11}, 1_{12}, \dots, 1_{1m} \\ 1_{21}, 1_{22}, \dots, 1_{2m} \\ \vdots \\ 1_{n1}, 1_{n2}, \dots, 1_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$R = \max(A \times B, A' \times y) \rightarrow \begin{bmatrix} c_{11}, c_{12}, \dots, c_{1m} \\ c_{21}, c_{22}, \dots, c_{2m} \\ \vdots \\ c_{m1}, c_{m2}, \dots, c_{mm} \end{bmatrix}$$



คำนวณหา weight ของ w_1 และ w_2 ของเงื่อนไขกฎข้อ 1 และ 2 ตามลำดับ

$$w_1 = NS(y_1) \tag{20}$$

$$w_2 = PS(y_2) \tag{21}$$

คำนวณหาค่า Output

$$y = \frac{w_1 y_1 + w_2 y_2}{w_1 + w_2} \tag{22}$$

Fuzzy System Design Tool มีขีดความสามารถที่ให้เราสร้าง Rule Base ได้ ซึ่ง Rule Base จะสร้างโดยการเขียนเป็น Pseudocode base อย่างง่ายๆ โดยใช้ IF-THEN

Fuzzy System Design Tool จะยอมรับตามรูปแบบของ Syntax และเครื่องหมายที่แสดง variable, Membership function และ Rule. ซึ่งเป็นรูปแบบของการกำหนดค่า input และ output

3.2 โครงสร้างข้อมูลของ Fuzzy System Design Tool

จากลักษณะของ Fuzzy set ซึ่งสามารถที่จะกำหนดให้มีได้หลาย Input และ Output ใน Fuzzy System Design Tool จึงเลือกใช้โครงสร้างข้อมูล (Data Structer) เป็นแบบ ลิงค์ลิสต์ (Linked Lists) เพื่อความสะดวกในการเพิ่มเติมโนดต่างๆมาใช้ในการคำนวณและอ้างอิงกฎ โดยเริ่มจากโนด Project เป็นการประกาศและกำหนดจำนวนของฟัซซีเซตทั้งในส่วนที่เป็น Input และ Output

ในการกำหนดโนดของฟัซซีเซต Input และ Output จะอยู่ในโนดของ fuzzy_variable ประกอบด้วยชื่อของ Input, ระบบที่เข้ามาว่าเป็นแบบ Input หรือ Output, กำหนดค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของระบบบนแกน x, ขนาดของการแบ่งในแต่ละครั้ง, ค่าที่ได้จากขบวนการให้เหตุผลของฟัซซีเซตซึ่งจะเป็นค่าที่ได้ในภายหลังโดย Pointer จะเป็นตัวชี้ไปยังฟังก์ชันของการเป็นสมาชิก

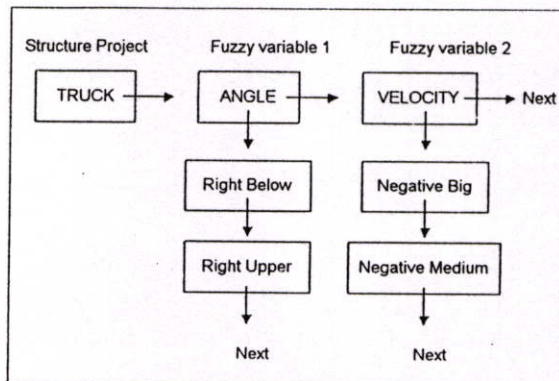
เอกสารรูปที่ 6 แสดงขบวนการ Fuzzy reasoning ซึ่งงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

struct fuzzy_variable
{
    char name[20]; /* กำหนดชื่อ fuzzy variable */
    char system[20]; /* กำหนดระบบของ fuzzy variable */
    int low; /* กำหนดค่าต่ำสุดของฟังก์ชันเซต */
    int high; /* กำหนดค่าสูงสุดของฟังก์ชันเซต */
    int step; /* กำหนดการแบ่งค่าในแต่ละระยะของฟังก์ชันเซต */
    float value; /* ค่าที่เป็น Discrete ของ Input/Output */
    struct fuzzy_set *fv_type; /* ตัวชี้ไปยัง fuzzy set */
    struct fuzzy_variable *next; /* ตัวชี้ fuzzy variable ตัวต่อไป */
}
    
```

รูปที่ 7 แสดงลักษณะโครงสร้างข้อมูลของ fuzzy variable



รูปที่ 9 แสดงแสดง โครงสร้างข้อมูลแบบลิงค์ลิสต์ของ Input และ Output

โครงสร้างข้อมูลของ fuzzy set จะอยู่ในส่วนของโนด fuzzy_set ในนี้แต่ละหน่วยข้อมูลของ Input และ Output จะประกอบไปด้วย ชื่อของ fuzzy set, ตำแหน่งของค่าที่อยู่บนแกน x ซึ่งตำแหน่งเริ่มตั้งแต่ 1 ถึง 4 และฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของแต่ละตำแหน่ง ตามลำดับ และ Pointer จะชี้ไปยัง fuzzy set ถัดไปซึ่งได้แสดงโครงสร้างเหมือนดังรูป

```

struct fuzzy_set
{
    char name[20]; /* กำหนดชื่อ fuzzy set */
    float value; /* ค่าระดับการเป็นสมาชิกในฟังก์ชันเซต */
    int point1; /* แทนจุดที่ 1 ตำแหน่งบนแกน x */
    int point2; /* แทนจุดที่ 2 ตำแหน่งบนแกน x */
    int point3; /* แทนจุดที่ 3 ตำแหน่งบนแกน x */
    int point4; /* แทนจุดที่ 4 ตำแหน่งบนแกน x */
    int degree1; /* แทนระดับการเป็นสมาชิกของจุดที่ 1 */
    int degree2; /* แทนระดับการเป็นสมาชิกของจุดที่ 2 */
    int degree3; /* แทนระดับการเป็นสมาชิกของจุดที่ 3 */
    int degree4; /* แทนระดับการเป็นสมาชิกของจุดที่ 4 */
    struct fuzzy_set *next; /* ตัวชี้ fuzzy set ตัวต่อไป */
};
    
```

รูปที่ 8 ลักษณะโครงสร้างข้อมูลของ fuzzy set

ลักษณะโครงสร้างข้อมูลของกฎจากการเริ่มด้วย Pointer จะชี้ไปยังส่วนของโนด Rulebase_value ที่เกี่ยวกับเงื่อนไขต่างๆที่เรียกว่า สิ่งที่เกิดขึ้น(Antecedent) ที่แต่ละหน่วยข้อมูลจะประกอบด้วยตัวชี้ไปยังฟังก์ชันของการเป็นสมาชิก และตัวดำเนินการ ส่วนการชี้ไปยังหน่วยข้อมูลที่เป็นผลที่ได้จากสิ่งที่เกิดขึ้นอันจะเป็นข้อกระทำต่างๆ (Consequence) ในการหาค่าของกฎ ก็จะเริ่มทำการคำนวณจากส่วน Antecedent แล้วเก็บเอาไว้ใน Value จนหมดในส่วนของ Antecedent จึงทำการคำนวณในส่วนของ Consequence โดยใช้ค่าที่ได้จาก Antecedent

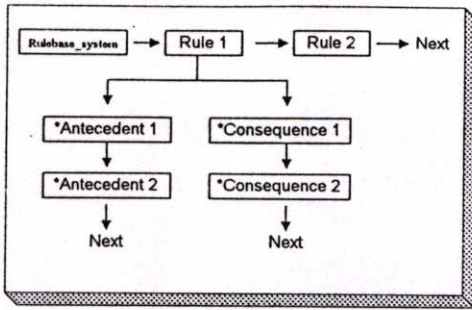
```

Struct Rulebase_system
{
    struct Rulebase_value *Antecedent;
    struct Rulebase_value *Consequence;
    struct Rulebase_system *next;
};

Struct Rulebase_value
{
    int *value;
    struct Rulebase_value *next;
}
    
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา รูปที่ 10 แสดงรายละเอียดโครงสร้างข้อมูลของกฎ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราทำการสร้าง Rule base ซึ่งมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 11 แสดงโครงสร้างข้อมูลแบบลิงกิลิสต์ของกฎ

3.3 การกำหนดออกแบบ Project

เป็นส่วนที่กำหนดระดับความสัมพันธ์ระหว่าง Fuzzy input data กับ ตัวแปรของ fuzzy sets ในระบบ โดยให้อยู่ในรูปของภาษาที่พูดทั่วไปสำหรับใช้กำหนด ตัวแปร (linguistic variables)

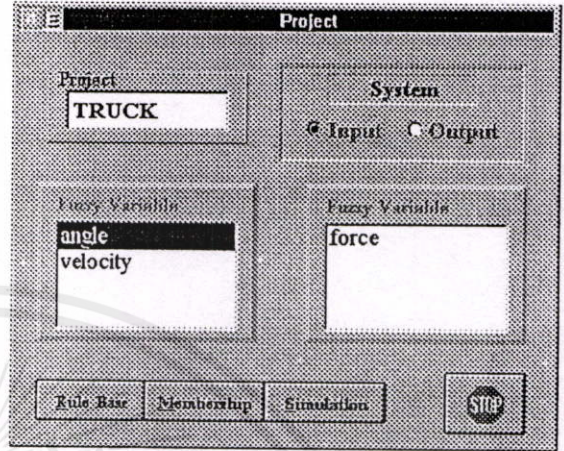
```

Input position /* Fuzzy variable */
0 255 1
LB /* Fuzzy set Left*/
0 0 31 1 31 1 63 0
LC /* Fuzzy set Left Center*/
31 0 63 1 63 1 95 0
CE /* Fuzzy set Center*/
63 0 95 1 95 1 95 0
RC /* Fuzzy set Right Center*/
95 0 127 1 127 1 159 0
RI /* Fuzzy set Right */
127 0 225 1 225 1 255 0
    
```

รูปที่ 12 รูปแบบการกำหนดค่า membership ของ fuzzy variable

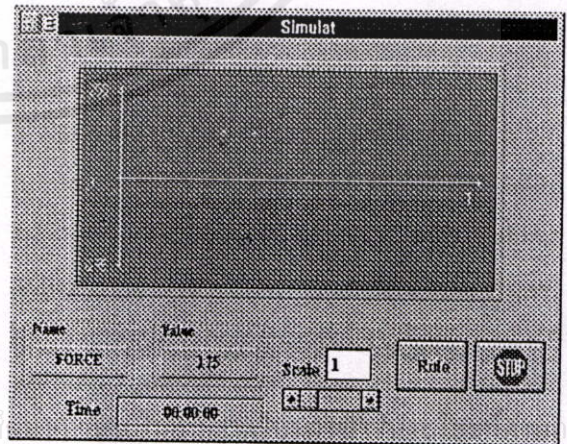
การกำหนดค่า membership ของ Fuzzy variable แต่ละตัวได้โดยการ input ในรูปของ Text file โดยใช้ editor ทั่วไปเขียน หรือ ใช้ Tools ของโปรแกรม ช่วยในการออกแบบ และกำหนด Project รูปแบบของ file ที่ได้จะมีลักษณะดังรูปที่ 12 ซึ่งมีลักษณะของโครงสร้างข้อมูลดังรูปที่ 7 โดยในขั้นแรกให้กำหนดชื่อของ Project แล้วตามด้วยระบบของ fuzzy set ที่ต้องการ input เข้ามาไว้ในระบบนี้ และ fuzzy variable name ของ

ตัวนั้น จากนั้นทำการกำหนดค่า membership ของตัวแปร fuzzy variable แต่ละตัวเพื่อใช้เป็น data ในส่วนของ knowledge base สำหรับวินิจฉัยในส่วนการหาค่าของกฎ



รูปที่ 13 ลักษณะหน้าจอของ project ที่กำหนดบน Fuzzy System Design Tool

Fuzzy System Design Tool มีขีดความสามารถที่ให้เราสร้าง Rule Base ได้ ซึ่ง Rule Base จะสร้างโดยการเขียนเป็น Pseudocode base ง่ายๆ โดยใช้ IF-THEN ซึ่งใน Fuzzy System Design Tool จะยอมรับตามรูปแบบของ Syntax และเครื่องหมายที่แสดง variable , Membership function และ Rule. ซึ่งเป็นรูปแบบของการกำหนดค่า input และ output จากผลของขบวนการ Defuzzification จะถูกแสดงผลออกมาในรูปแบบของกราฟ



รูปที่ 14 ลักษณะหน้าจอของผลการ simulate ในขบวนการ Defuzzification

ตัวอย่างการคำนวณ

กำหนด

กฎข้อที่ 1: If Angle เป็น A_1 และ Velocity เป็น B_1 แล้ว Force เป็น C_1

กฎข้อที่ 2: If Angle เป็น A_2 และ Velocity เป็น B_2 แล้ว Force เป็น C_2

ถ้า $x_0 = 40$ $y_0 = 80$

หลักการพิจารณา

C_1 เป็นค่า strength ของกฎที่ 1

C_2 เป็นค่า strength ของกฎที่ 2

ขั้นตอนการวินิจฉัย

1. ขบวนการ Fuzzification เป็นการคำนวณ

หาค่าระดับการเป็นสมาชิกที่จุด x_0

$$\mu_{A_1} = \begin{cases} \frac{x-20}{30} & 20 \leq x \leq 50 \\ \frac{80-x}{30} & 50 < x \leq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{A_2} = \begin{cases} \frac{x-30}{30} & 30 \leq x \leq 60 \\ \frac{90-x}{30} & 60 < x \leq 90 \end{cases}$$

$$\mu_{B_1} = \begin{cases} \frac{y-50}{30} & 50 \leq y \leq 80 \\ \frac{110-y}{30} & 80 < y \leq 110 \end{cases}$$

$$\mu_{B_2} = \begin{cases} \frac{y-40}{30} & 40 \leq y \leq 70 \\ \frac{100-y}{30} & 70 < y \leq 100 \end{cases}$$

$$\mu_{C_1} = \begin{cases} \frac{z-10}{30} & 10 \leq z \leq 40 \\ \frac{70-z}{30} & 40 < z \leq 70 \end{cases}$$

$$\mu_{C_2} = \begin{cases} \frac{z-30}{30} & 30 \leq z \leq 60 \\ \frac{90-z}{30} & 60 < z \leq 90 \end{cases}$$

เราจะได้ ค่า membership functions

$$\mu_{A_1}(x_0) = 0.7 \qquad \mu_{B_1}(y_0) = 1$$

$$\mu_{A_2}(x_0) = 0.3 \qquad \mu_{B_2}(y_0) = 0.7$$

2. ขบวนการ Fuzzy Reasoning

หาค่า strength ของกฎที่ 1

$$C_1 = \text{Min}(\mu_{A_1}(x_0), \mu_{B_1}(y_0))$$

เอกสารนี้เป็น = $\text{Min}(0.7, 1)$ ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ = 0.7 อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่า strength ของกฎที่ 2

$$\begin{aligned} C_2 &= \text{Min}(\mu_{A_2}(x_0), \mu_{B_2}(y_0)) \\ &= \text{Min}(0.3, 0.7) \\ &= 0.3 \end{aligned}$$

3. ขบวนการ Defuzzification

$$\text{ค่า Center of Gravity} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \mu(z)}{\sum_{i=1}^n \mu(z)}$$

$$= \frac{(20 \cdot 0.3) + (30 \cdot 0.7) + (40 \cdot 0.7) + (50 \cdot 0.7) + (60 \cdot 0.3) + (70 \cdot 0.3) + (80 \cdot 0.3)}{0.3 + 0.7 + 0.7 + 0.7 + 0.3 + 0.3 + 0.3}$$

$$= 47$$

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากหลักการของโปรแกรมช่วยออกแบบระบบควบคุมแบบฟัซซี (Fuzzy Systems Designe Tool) ที่กล่าวมาแล้วนั้น ผู้ใช้(users) สามารถที่จะเชื่อมโยงแต่ละส่วนเข้าด้วยกันตั้งแต่ Variable, Membership function และ Rule โดยผู้ใช้สามารถทำการ Simulation และใช้ Graphically ตรวจสอบ Performance ของระบบ Integrated Controller Plant ทำให้สามารถมองเห็นภาพการทำงานโดยรวมได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] A . Kandel , Ph.D . " Fuzzy Expert Systems " ,
CRC Press , Boca Raton , Florida (1992).
- [2] E. Czogala and W. pedrycz," Fuzzy rule
generation for fuzzy control, " Cybem. Syst.,vol.
13, no. 3, pp. 275-293, 1982.
- [3] Chuen Chien Lee, Student member," Fuzzzy
Logic in Control System:Fuzzy Logic
Controller Part 1,"IEEE Trans. Syst., Man,
Cybern., vol.20, no.2,1990.
- [4] G. J. Klir and T. A. Folger, Fuzzy Sets,
Uncertainty, and Information. Englewood Cliffs ,
NJ: Prentice Hall, 1988
- [5] H. J. Zimmermann, Fuzzy Set Theory and Its
Applications. Boston : Kluwer Academic
Publishers, 1985
- [6] J.Maiers and Y.S.Sherif,"Applications of Fuzzy
Set Theory," IEEE Trans. Syst., Man,
Cybern., vol. SMC-15,no.1,1985.
- [7] L. A. Zadeh, Fuzzy Sets and Applications, John
Wiley & Sons, Inc. 1987
- [8] -----, " The Calculus of Fuzzy If/Then Rules, "
AIExpert, pp. 23- 27, March 1992.
- [9] M . Jamshide, N . Vadice, and T . J . Ross. "
Fuzzy Logic AND Control " , PTR Prentice
Hall , Englewood Cliffs , New Jersey
(1993).
- [10] Self , Kevin . " Designing With Fuzzy Logic "
IEEE Spectrum (November, 1990).
- [11] Viot , G. " Fuzzy Logic in C " , Dr. Dobb"s
Journal , 18(2) : 40-49 , 94, 1993.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นายวุฒิพงษ์ กิตติรัชพงษ์
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 6 มีนาคม 2511
สถานที่เกิด	จังหวัดแพร่
วุฒิการศึกษาระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวาริชศาสตร์
สถานที่สำเร็จการศึกษา	มหาวิทยาลัยบูรพา
ปีที่สำเร็จการศึกษา	ปีการศึกษา 2533
ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์	“ <u>โปรแกรมช่วยออกแบบระบบควบคุมแบบ ฟิชชี</u> ”
อาชีพปัจจุบัน	รับราชการตำแหน่งอาจารย์ ระดับ 3 ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้