สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดทดลองตรรกศาสตร์ฟัซซีเสมือนจริง

Fuzzy Logic Experimental Kit: Virtual version

โดย

น.ส. สุดาทิพย์ จุลพันธ์

น.ส. สุวิดา รัชตะสมบูรณ์

สภ.
ส๗๔๑
๒๕๔๙

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62646
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2549

b.11627930
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fuzzy Logic Experimental Kit: Virtual version

BY

MISS SUDATIP JUNLAPAN

MISS SUVIDA RATCHATASOMBOON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อหัวปริญญานิพนธ์	ชุดทดลองตรรกศาสตร์ฟัซซีเสมือนจริง	
ชื่อนักศึกษา	น.ส. สุดาทิพย์ จุลพันธ์	รหัสประจำตัว 45010849
	น.ส. สุวิดา รัชตะสมบูณ์	รหัสประจำตัว 45010891
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ปิติเขต สู้รักษา	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
	สาขา วิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2548	

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

.....

(รศ.ดร.ปิติเขต สู้รักษา)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อหัวปริญญานิพนธ์	ชุดทดลองตรรกศาสตร์ฟิซซีเสมือนจริง	
ชื่อนักศึกษา	น.ส. สุดาทิพย์ จุลพันธ์	รหัสประจำตัว 45010849
	น.ส. สุวิดา รัชตะสมบูณ์	รหัสประจำตัว 45010891
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ปิติเขต สู้รักษา	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
	สาขา วิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2548	

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เสนอการสร้างชุดทดลองตรรกศาสตร์ฟิซซีในรูปซอฟท์แวร์ ซึ่งพัฒนาจากชุดทดลอง CE124 ที่เป็นฮาร์ดแวร์ และได้แก้ข้อจำกัดด้านเวลาและจำนวนชุดเครื่องมือที่เป็นฮาร์ดแวร์ที่มีจำนวนเพียง 1 เครื่องในปฏิบัติการทดลองสารสนเทศสำหรับนักศึกษาในชั้นปีที่ 2 และ 3 นอกจากนี้ชุดทดลองที่เป็นซอฟท์แวร์ในโครงงานนี้ยังเอื้อประโยชน์ต่อการเรียนรู้ทางอินเตอร์เนต ซึ่งผู้ทดลองสามารถทดลองได้โดยทำการเข้าสู่ระบบได้ทุกหนแห่งและได้ทุกเวลาหลาย ๆ คนพร้อม ๆ กัน จากการทดลองใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมายดังกล่าว ได้ผลตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thisis Title	Fuzzy Logic Experimental Kit: Virtual version	
Student	Miss Sudatip Junlapan	ID.45010849
	Miss Suvada Ratchatasomboon	ID.45010891
Advisor	Assoc.Prof.Dr. Pitikhate Soorakra	
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering	
Department	Information Engineering	
Academic Year	2005	

ABTRACT

This project present a fuzzy logic experimental kit in software format developed from the hardware version CE124. The kit help solve the limitation problems both for time sharing and quantity of the equipment which has only 1 set for sophomore and junior students to perform an experiment. In addition, the users can access to the do experiment via the Internet, anytime, anywhere, simultaneously. Based upon the evaluation by the target groups, satisfactory results have been achieved in accordance with the objectives.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์บับนี้คงไม่อาจสำเร็จได้ หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายฝ่ายด้วยกัน เริ่มจาก รศ.ดร.ปิติเขต สู้รักษา อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มโครงงานนี้และคอยช่วยเหลือให้คำปรึกษาแนะนำด้วยดีตลอดมา อาจารย์ภุชงค์ หงส์สุวรรณ ที่สละเวลาให้คำปรึกษา จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งเพื่อนๆภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศทุกคนที่คอยช่วยเหลือให้ข้อแนะนำและเป็นกำลังใจให้ผ่านอุปสรรคต่างๆไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำต้องขอกราบขอบพระคุณ บุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้มีวันนี้ คือคุณพ่อคุณแม่ ที่เคารพรักยิ่งซึ่งคอยเป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา	1
1.2 จุดประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ	3
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
2 หลักการและทฤษฎี	4
2.1 ความหมายของฟัซซี่ลอจิก	4
2.2 ประวัติของระบบควบคุมแบบฟัซซี่	6
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับฟัซซี่	8
2.3.1 ทฤษฎีของคริชป์เซต (Crisp Set Theory)	8
2.3.2 ทฤษฎีฟัซซีเซต (Fuzzy Set Theory)	9
2.3.3 ปฏิบัติการทางเซตบนคริชป์เซต	11
2.3.4 ปฏิบัติการทางเซตบนฟัซซีเซต	13
2.3.5 ทฤษฎีฟัซซีลอจิก	14
2.3.6 ตัวควบคุมแบบฟัซซี	18
2.4 ข้อดีและข้อเสียของตัวควบคุมแบบใช้ฟัซซี	27
2.5 หลักการหากฎการควบคุมแบบฟัซซี (Fuzzy Control Rule)	28
2.6 หลักการทำงานของวงจรภายในบอร์ดการทดลอง	
2.6.1 วงจร summing	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.6.2 วงจร Amplifier Selection	30
	2.6.3 Voltage and potentiometer	31
	2.6.4 วงจร Fuzzy OR	32
	2.6.5 วงจร Fuzzy AND	33
	2.6.6 วงจร Fuzzy AND Table	34
	2.6.7 วงจร Fuzzy NOT	35
	2.6.8 วงจร Fuzzifier	35
	2.6.9 วงจร Defuzzifier	37
	2.7 การทดลอง	
	2.7.1 การทดลองที่ 1 : Fuzzy membership	39
	2.7.2 การทดลองที่ 2 : Defuzzification	40
	2.7.3 การทดลองที่ 3 : Fuzzy logic operators : AND and NOT	41
	2.7.4 การทดลองที่ 4 : Fuzzy logic operators : OR and NOT	44
	2.7.5 การทดลองที่ 5 : Fuzzy washing machine cycle	47
	2.7.6 การทดลองที่ 6 : Fuzzy camera exposure Compensation: Direct fuzzy rule Implementation	50
	2.7.7 การทดลองที่ 7 : Fuzzy Membership Compensation: Fuzzy state table Implementation	53
3	การออกแบบโครงงาน	
	3.1 ยูสเคส (Use Case)	57
	3.2 โดเมนโมเดล (Domain Model)	59
	3.3 ไฮเลเวลยูสเคส (High Level Use Case)	60
	3.4 ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram)	61
	3.5 แอคทิวิตี้ไดอะแกรม (Activity Diagram)	64
	3.6 อีอาโมเดล(ER Model)	70
	3.7 ดาต้าดิคชันนารี (Data Dictionary)	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	3.8 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้	72
4	การทดลองและผลลัพธ์	77
	4.1 ทำการทดลอง	77
	4.2 เมนูในหน้าหลัก	88
	4.3 การตรวจสอบนักศึกษาของอาจารย์	90
5	บทวิจารณ์และสรุปผล	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
รูปที่ 2.1	กราฟ Crisp Sets ของช่วงอายุวัยกลางคน	4
รูปที่ 2.2	กราฟ Fuzzy Sets ของช่วงอายุวัยกลางคน	5
รูปที่ 2.3	โครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซี่ลอจิก	7
รูปที่ 2.4	โครงสร้างพื้นของระบบควบคุมป้อนกลับด้วย Fuzzy Controller	7
รูปที่ 2.5	คลิชป์เซต	8
รูปที่ 2.6	เซตของรถยนต์ในเมืองนิวยอร์ก	9
รูปที่ 2.7	ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของรถยนต์	10
รูปที่ 2.8	ระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละวัน	11
รูปที่ 2.9	การยูเนียน	12
รูปที่ 2.10	การอินเตอร์เซกชั่น	12
รูปที่ 2.11	การคอมพลีเมนต์	13
รูปที่ 2.12	การดิฟเฟอร์เรนท์	13
รูปที่ 2.13	การยูเนียนของฟัซซี่เซต	14
รูปที่ 2.14	การอินเตอร์เซกชั่นของฟัซซี่เซต	14
รูปที่ 2.15	พื้นฐานของตัวควบคุมฟัซซี่	18
รูปที่ 2.16	การฟัซซี่ฟิเคชั่นแบบซิงเกิลตัน	19
รูปที่ 2.17	การอินเฟอเรนท์แบบฟัซซี่	20
รูปที่ 2.18	การดีฟัซซี่ฟิเคชั่นโดยใช้วิธีการหาค่าระดับการเป็นสมาชิกสูงสุด	21
รูปที่ 2.19	รูปการดีฟัซซี่ฟิเคชั่นโดยใช้วิธีการหาจุดศูนย์กลางของฟัซซี่	22
รูปที่ 2.20	รูปการดีฟัซซี่ฟิเคชั่นด้วยการหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก	23
รูปที่ 2.21	การดีฟัซซี่ฟิเคชั่นโดยการหาค่ากลางสูงสุด	24
รูปที่ 2.22	การทำฟัซซี่ฟิคชั่นโดยซิงเกิลตัน	24
รูปที่ 2.23	การอินเฟอเรนท์	26
รูปที่ 2.24	การดีฟัซซี่ฟิเคชั่น	27
รูปที่ 2.25	Fuzzy Summing Block	30
รูปที่ 2.26	วงจร Amplifier Selection	30
รูปที่ 2.27	Digital Voltmeter	31
รูปที่ 2.28	Fuzzy Meter	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
รูปที่ 2.29	วงจร Fuzzy OR	32
รูปที่ 2.30	วงจร Fuzzy AND	33
รูปที่ 2.31	วงจร Fuzzy AND Table	34
รูปที่ 2.32	วงจร Fuzzy NOT	35
รูปที่ 2.33	สัญลักษณ์ของ Fuzzifier	36
รูปที่ 2.34	สัญลักษณ์ของ Defuzzifier	37
รูปที่ 2.35	การต่อวงจร Fuzzy membership	39
รูปที่ 2.36	การต่อวงจร Defuzzification	41
รูปที่ 2.37	การต่อวงจรFuzzy AND	42
รูปที่ 2.38	การต่อวงจรFuzzy AND and Fuzzy NOT	43
รูปที่ 2.39	การต่อวงจรFuzzy OR	45
รูปที่ 2.40	การต่อวงจรFuzzy OR and Fuzzy NOT	46
รูปที่ 2.41	การต่อวงจร Heater control (Time only)	48
รูปที่ 2.42	การต่อวงจร Heater control (Time control with water temperature)	50
รูปที่ 2.43	การเชื่อมต่อวงจร Fuzzy exposure compensator	53
รูปที่ 3.1	โดเมนโมเดล (Domain Model)	59
รูปที่ 3.2	ไฮเลเวลยูสเคส	60
รูปที่ 3.3	ยูสเคสไดอะแกรมสำหรับการสร้างวงจร	61
รูปที่ 3.4	ยูสเคสไดอะแกรมสำหรับการประมวลผลโปรแกรม	61
รูปที่ 3.5	ยูส เคสไดอะแกรมสำหรับการ จัดการข้อมูลนักศึกษาของอาจารย์	62
รูปที่ 3.6	ยูสเคสไดอะแกรมสำหรับ การอ่านทฤษฎี ฟัซซี่ลอจิก	62
รูปที่ 3.7	ยูสเคสไดอะแกรมสำหรับ การรีจิสตอร์เข้าทำการทดลอง	63
รูปที่ 3.8	ยูสเคสไดอะแกรมสำหรับ การรีจิสตอร์เข้าทำการทดลอง	63
รูปที่ 3.9	แอคติวิตี้ไดอะแกรมการล็อคอินเข้าสู่ระบบของนักศึกษา	64
รูปที่ 3.10	แอคติวิตี้ไดอะแกรมการรีจิสเตอร์เพื่อทำการทดลอง	65
รูปที่ 3.11	แอคติวิตี้ไดอะแกรมการสร้างวงจรฟัซซี่ลอจิก	66
รูปที่ 3.12	แอคติวิตี้ไดอะแกรมการลบวงจร	66
รูปที่ 3.13	แอคติวิตี้ไดอะแกรมการประมวลผลวงจร	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
รูปที่ 3.14 แอคติวิตี้ไดอะแกรมการส่งผลการทดลอง	68
รูปที่ 3.15 แอคติวิตี้ไดอะแกรมการล็อกอินสำหรับอาจารย์	69
รูปที่ 3.16 อีอา โมเดล (ER Model) ของฐานข้อมูลระบบ	70
รูปที่ 3.17 หน้าจอหลัก (Home Page)	72
รูปที่ 3.18 หน้าจอลงทะเบียน	73
รูปที่ 3.19 การล็อกอิน	73
รูปที่ 3.20 หน้าเลือกการทดลอง	74
รูปที่ 3.21 หน้าทำการทดลอง	75
รูปที่ 3.22 หน้าผลการทดลองในรูปแบบตาราง	75
รูปที่ 3.23 หน้าจอทฤษฎี	76
รูปที่ 4.1 หน้าหลัก (Home Page)	77
รูปที่ 4.2 หน้าลงทะเบียน	78
รูปที่ 4.3 ข้อความเตือนเมื่อใส่จำนวน username ไม่ถูกต้อง	79
รูปที่ 4.4 หน้าล็อกอิน	80
รูปที่ 4.5 การเลือกหัวข้อการทดลอง	80
รูปที่ 4.6 การทำการทดลอง	81
รูปที่ 4.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์	82
รูปที่ 4.8 ค่าที่ได้จากการประมวลผล	83
รูปที่ 4.9 ข้อความเตือน	83
รูปที่ 4.10 หน้าบันทึกผลการทดลอง	84
รูปที่ 4.11 ข้อความยืนยันว่าคำตอบถูกต้อง	85
รูปที่ 4.12 ข้อความเตือนการทดลองยังไม่สำเร็จ	86
รูปที่ 4.13 การส่งผลการทดลอง	87
รูปที่ 4.14 หน้าอ่านทฤษฎี	88
รูปที่ 4.15 หน้ากระดานสนทนา (Webboard)	89
รูปที่ 4.16 หน้าจอล็อกอินเข้าสู่ระบบค้นหานักศึกษา	90
รูปที่ 4.17 หน้าจอค้นหาข้อมูลของนักศึกษา	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ภาพที่	หน้า
รูปที่ 3.1 สำหรับเก็บข้อมูลนักศึกษา (Students' profile table)	74
รูปที่ 3.2 สำหรับเก็บการทดลอง (Lab table)	75
รูปที่ 3.3 สำหรับเก็บค่าการทำการทดลอง (Do lab table)	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวคิดและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันตรรกศาสตร์ฟัซซีถูกนำมาใช้ในการประยุกต์ทางวิศวกรรรมหลายแขนงเพราะได้รับการออกแบบให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถระบุเฉพาะเจาะจงได้ และได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุด อะไรที่ทำให้ตรรกศาสตร์ฟัซซีมีมากกว่าการแก้ปัญหาทั่วไป นั่นคือมันสามารถทำให้คอมพิวเตอร์รับรู้ได้เหมือนมนุษย์ เมื่อมีการป้อนอินพุตที่ซับซ้อนมันสามารถจัดการตอบสนองผลลัพธ์ออกมาได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด เช่น ร้อนมาก ร้อน หนาว หนาวมาก โดยการนำไปประยุกต์ใช้นั้นไม่ต้องพึ่งพาทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนมากมาย

ลองพิจารณาดูเครื่องซักผ้าในสมัยก่อน ก่อนที่เครื่องซักผ้าจะทำงานนั้นเราต้องโปรแกรมการซัก เช่น ผ้าสี หรือ ผ้าขาว, ผ้าน้ำหนักเท่าไร , ซักที่อุณหภูมิเท่าไร และอื่นๆ ซึ่งเครื่องก็จะดำเนินการตามที่ได้โปรแกรมไว้โดยไม่สนใจว่าผ้าที่ใส่เข้าไปนั้นตรงตามที่เราโปรแกรมไว้หรือไม่ เมื่อครบรอบการทำงานเครื่องก็จะหยุด แต่ถ้าผ้าบังเอิญสะอาดตั้งแต่ครึ่งรอบของการซัก และเครื่องสามารถหยุดซักตั้งตอนนั้นได้ เราก็จะประหยัดพลังงานพร้อมทั้งลดการขาดและเปื่อยของใยผ้า ในทางกลับกันเมื่อสิ้นสุดรอบการซักแล้วแต่ยังพบว่าผ้ายังคงสกปรกอยู่และต้องการที่จะซักต่ออีกก็ไม่สามารถที่จะทำได้

ในปัจจุบันเครื่องซักผ้าที่มีระบบฟัซซีนั้นเครื่องซักผ้าไม่จำเป็นต้องถูกตั้งโปรแกรมการก่อนการซักให้ยุ่งยาก จะมีตัวเซนเซอร์คอยตรวจจับน้ำหนักของผ้า, ชนิดของเนื้อผ้า รวมไปถึงการควบคุมปริมาณน้ำและอุณหภูมิให้เหมาะสมอย่างอัตโนมัติและเมื่อตรวจจับพบว่าความสกปรกได้หลุดออกไปแล้วเครื่องจะทราบและจะหยุดซักเอง

ก่อนที่เราจะประยุกต์หลักการของฟัซซีออกมาได้อย่างข้างต้นนั้นเราต้องเข้าใจพื้นฐานทางคณิตศาสตร์และหลักการควบคุมแบบฟัซซีควบคู่ไปกับการได้ทดลองจริง ซึ่งจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ในการทดลองที่นำเข้าจากต่างประเทศ แต่ด้วยราคาของอุปกรณ์และค่าบำรุงที่สูงมาก ทำให้ไม่สามารถซื้อหาอุปกรณ์เพียงพอแก่นักศึกษาที่จะทำการทดลองได้ จึงมีแนวคิดว่า ถ้าเราสามารถนำหลักการทำงานของบอร์ดมาจำลองเป็นซอฟต์แวร์และนักศึกษาทุกคนสามารถทำการทดลองค้นคว้าเองได้ที่บ้านโดยมีคู่มือทำการทดลองที่อธิบายขั้นตอนการทำการทดลองอย่างละเอียดตั้งแต่พื้นฐานถึงการประยุกต์ใช้งานจริง คงจะมีประโยชน์แก่นักศึกษามากและเมื่อได้ทำการทดลองระบบตรรกศาสตร์ฟัซซีนี้แล้วจะทำให้ทราบว่าตรรกศาสตร์ฟัซซีนั้นมีหลักการทำงานและกลไกอย่างไร ถึงเป็นเทคนิคที่แพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมปัจจุบันโดยที่ไม่จำเป็นต้องสร้างสมการคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 จุดประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาถึงทฤษฎีการควบคุมและการทำงานแบบฟัซซี
2. สามารถนำหลักการมาออกแบบโปรแกรมจำลองชุดทดลองตรรกศาสตร์ฟัซซีได้
3. สามารถนำผลที่ได้จากการทดลองไปประยุกต์ใช้กับงานด้านอื่นๆได้
4. เพื่อเพิ่มความสะดวกในการทำการทดลอง โดยที่นักศึกษาสามารถทำการทดลองจากที่ไหน เวลาใดก็ได้
5. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่มีราคาแพงจากต่างประเทศ
6. เพื่อเป็นบริการแก่นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศและผู้สนใจทั่วไป

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. มีระบบล็อคอิน(Log In) โดยใส่รหัสนักศึกษาและพาสเวิร์ด(Password)เพื่อแสดงสิทธิเข้าไปใช้บริการเว็บแอพลิเคชั่น
2. มีคู่มือทำการทดลองซึ่งอธิบายขั้นตอนการทำการทดลองอย่างละเอียดพร้อมวัตถุประสงค์ของการทดลองนั้นๆบนเว็บแอพลิเคชั่น
3. มีตัวอย่างการทดลองระดับสูงเพื่อให้นักศึกษาเห็นภาพการนำเอาฟัซซีไปประยุกต์ใช้ในงานควบคุมจริง
4. โปรแกรมสามารถจำลองผลลัพธ์ทางตรรกศาสตร์ฟัซซีได้ถูกต้อง
5. โปรแกรมสามารถพล็อตผลลัพธ์จากผลการทดลองเป็นกราฟได้
6. เมื่อทำการทดลองเสร็จนักศึกษาสามารถส่งผลการทดลองผ่านทางอีเมล์(Email)ไปให้อาจารย์ผู้สอนได้ โดยโปรแกรมจะระบุชื่อ,รหัสนักศึกษา ให้โดยอัตโนมัติ
7. มีระบบจัดการผู้ใช้สำหรับอาจารย์ ซึ่งสามารถจะแก้ไข, ลบ , ค้นหา หรือ ส่งอีเมลล์

1.4 อุปกรณ์ที่ต้องใช้

1. ฮาร์ดแวร์

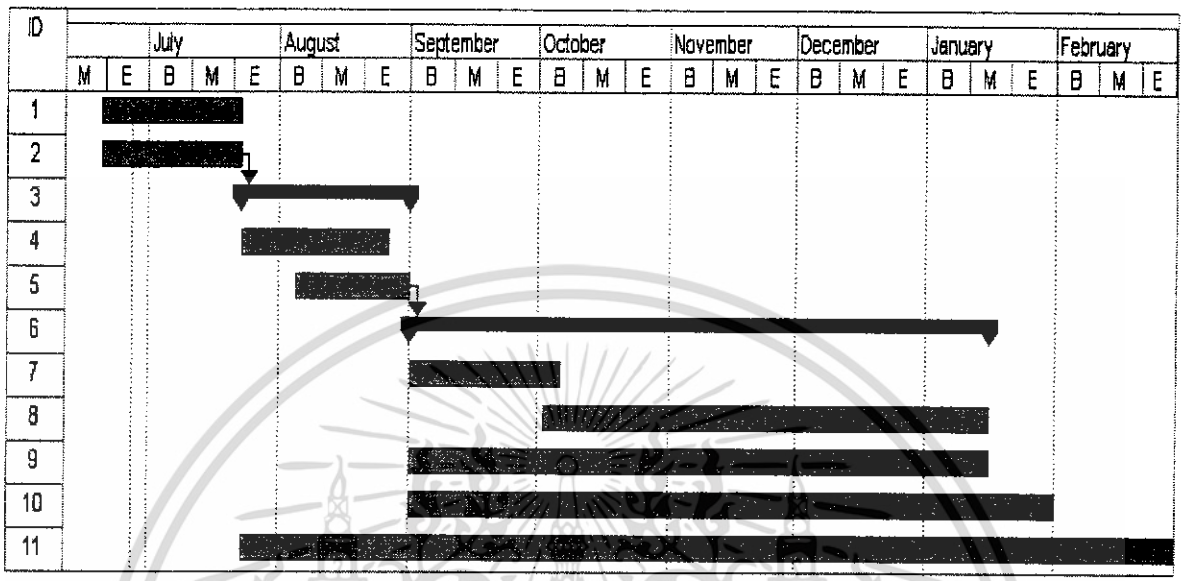
- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเป็นเซิร์ฟเวอร์ระบบฐานข้อมูลและพัฒนาโปรแกรม จำนวน 1 เครื่อง
- ชุดทดลองตรรกศาสตร์ฟัซซี จำนวน 1 เครื่อง

2. ซอฟต์แวร์

- Visual Basic
- ASP(Active server page)
- ระบบจัดการฐานข้อมูล My SQL และการจัดการการเชื่อมต่อฐานข้อมูลด้วย ADO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการ



1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปให้บริการแก่นักศึกษาได้จริง
2. ได้รับความรู้เกี่ยวกับตรรกศาสตร์ฟัซซีตั้งแต่พื้นฐานจนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้งานได้
3. เพิ่มพูนทักษะในการเขียนเว็บแอพลิเคชั่นเพื่อประโยชน์ในการทำงานในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีบทเกี่ยวกับฟัซซี

2.1 ความหมายของฟัซซีลอจิก

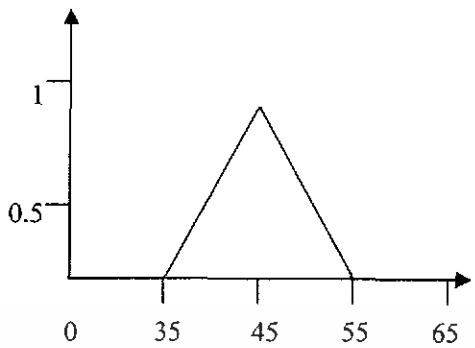
Fuzzy เป็นศัพท์เทคนิคโดยเฉพาะ หมายถึงสภาพแห่งความกำกวมหรือคลุมเครือที่มีฐานมาจากสัญชาติญาณมนุษย์มากกว่าเรื่องความน่าจะเป็น

Fuzzy set เป็นทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ ซึ่งเป็นการเลียนแบบการตัดสินใจของมนุษย์ จะเป็นการประมาณ จากปัจจัยหรือตัวแปรต่างๆของระบบเพื่อสรุปหาเหตุผล ดังนั้น Fuzzy Logic จึงไม่ใช่ลอจิกที่มีเพียง 0 กับ 1 หรือคริชป์เซต (Crisp Sets) ดังแสดงในรูป

รูปที่ 2.1 กราฟ Crisp Sets ของช่วงอายุวัยกลางคน

ตัวอย่าง เมื่อนึกถึงคำว่า "วัยกลางคน" เราพบว่ามีขอบเขตที่ครุมเครือ คือไม่ทราบค่าที่แน่นอนได้จึงไม่อาจจะใช้ระบบไบนารี่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ธรรมดาแก้ปัญหานี้ได้ จุดนี้เองที่ทฤษฎี Fuzzy เข้ามาช่วยในการคำนวณหาขอบเขตโดยสมมติว่า เราสรุปว่า วัยกลางคนหมายถึงอายุ 45 ปี แต่คนอายุ 35 หรือ 55 ก็ไม่อาจจัดอยู่ในข่าย "ไม่ใช่วัยกลางคน" ดังนั้นความหมายของคำว่า "วัยกลางคน" นั้นค่อนข้างจะแตกต่างกันภายในกรอบแห่งขอบเขตนั้น ในทางตรงกันข้าม ผู้ที่มีอายุน้อยกว่า 30 หรือมากกว่า 60 ก็เรียกได้ว่า "ไม่อยู่ในข่ายวัยกลางคนแน่" ความคิดนี้แสดงได้ตามกราฟ ดังรูป หรือตามฟังก์ชันที่เรียกว่า "ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก" ที่มีค่าเกรดระหว่าง 0 และ 1 โดย Fuzzy Sets ก็จะแสดงออกในรูปของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกนี้ อย่างไรก็ดีสังเกตด้วยว่าค่าเกรดระหว่างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะแปรเปลี่ยนได้ระหว่าง 0 และ 1 นี่เองทำให้สามารถแสดงออกมาเป็นตัวเลขได้ ดังรูปข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 กราฟ Fuzzy Sets ของช่วงอายุวัยกลางคน

จากรูป คนอายุ 34 และ 56 จะไม่ถูกจำกัดเป็น "วัยกลางคน" แต่ใครก็ตามที่ตอนนี้ยังคิดว่าตัวเองหนุ่มด้วยอายุแค่ 34 ก็ย่างเข้า "วัยกลางคน" ทันทีเมื่อถึงวันเกิดในปีหน้า ด้วยลักษณะค่อนข้างยืดหยุ่นของวิธีคิดแบบฟัซซีนี้ เขาจะค่อยๆก้าวย่างสู่วัยกลางคนในปีต่อๆไปตามอายุที่มากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้แนวคิดเดิมที่มีการกำหนดค่าชัดเจน หรือ คริชป์เซต (Crisp Sets) ในรูป 0 หรือ 1 เช่นเดียวกับระบบไบนารี่ที่ใช้กันในคอมพิวเตอร์จะให้ผลลัพธ์ที่มีลักษณะที่ตรงกันข้ามกับ Fuzzy Sets อย่างสิ้นเชิง

ลักษณะเด่นของ Fuzzy

ประการแรก Fuzzy set สามารถให้คำจำกัดความของคุณภาพทางภาษา (Quantitatively Using Linguistic Terms) ได้ดี เช่น สูง เตี้ย ดี เลว ร้อน เย็น เป็นต้น และยังให้ความสำคัญของแต่ละสมาชิกใน Fuzzy set ได้

ประการที่สอง Output ที่ได้จาก Fuzzy System จะมีการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไปอย่างต่อเนื่องถึงแม้ว่า input ของ Fuzzy System จะเปลี่ยนไปอย่างทันทีทันใด

ทำไมจึงต้องใช้ Fuzzy Control

เหตุผลทางทฤษฎี

Fuzzy Control ไม่ต้องการ Mathematical Model ทำให้สามารถออกแบบการควบคุมที่มี Mathematical Model ยากได้

Fuzzy Control สามารถออกแบบโดยนำข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีลักษณะไม่เด่นชัดมาใช้ได้อย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพซึ่ง Controller แบบเก่านั้นไม่สามารถนำส่งข้อมูลแบบภาษามานุษย์มาใช้ได้

Fuzzy Control นั้นเป็น non-linear controller ซึ่งถูกปรับแต่งโดทฤษฎี Universal Approximation Fuzzy Logic Control ซึ่งสามารถปรับแต่งให้ทำงานเป็น non-linear Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุผลทางปฏิบัติ

1. เข้าใจง่าย เนื่องจาก Fuzzy Control เป็นวิธีที่เลียนแบบการควบคุมของมนุษย์ซึ่งหลักการของ Fuzzy Control ก็สามารถที่จะเข้าใจง่ายแม้แต่บุคคลซึ่งไม่ใช้ผู้เชี่ยวชาญ ใน 2 ทศวรรษที่ผ่านมาทฤษฎีการควบคุมแบบเก่าได้มีการใช้ Mathematical Tools ที่ซับซ้อนมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งก็เป็นสิ่งจำเป็นในการแก้ปัญหาที่ยาก แต่มีวิศวกรน้อยคนที่จะเข้าใจ

2. การนำระบบไปใช้งานได้ง่าย คือหัวใจของ Fuzzy Control ปัจจุบันมี Fuzzy VLSI Chip เกิดขึ้นมากมายซึ่งก็จะทำให้ในการสร้าง Fuzzy Controller ทำได้ง่ายและรวดเร็ว

3.ใช้ค่าใช้จ่ายไม่มากนักในการพัฒนา เนื่องจาก Fuzzy Control นั้นสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย ใช้เวลาในการเรียนรู้ไม่มากนัก ทำให้ซอฟต์แวร์ราคาถูกและจากการที่ Fuzzy Control สามารถนำไปใช้งานได้ง่าย จึงทำให้ฮาร์ดแวร์ราคาถูกด้วยเช่นกันนอกจากนี้ยังมี Software Tools สำหรับออกแบบ Fuzzy Controller อีกด้วย ดังนั้น Fuzzy Control จึงเป็นวิธีการที่มีอัตราส่วนระหว่างประสิทธิภาพการทำงานต่อราคาสูงมาก

2.2 ประวัติของระบบควบคุมแบบฟัซซี

การวิจัยทางด้านระบบควบคุมทางฟัซซีและโมเดล

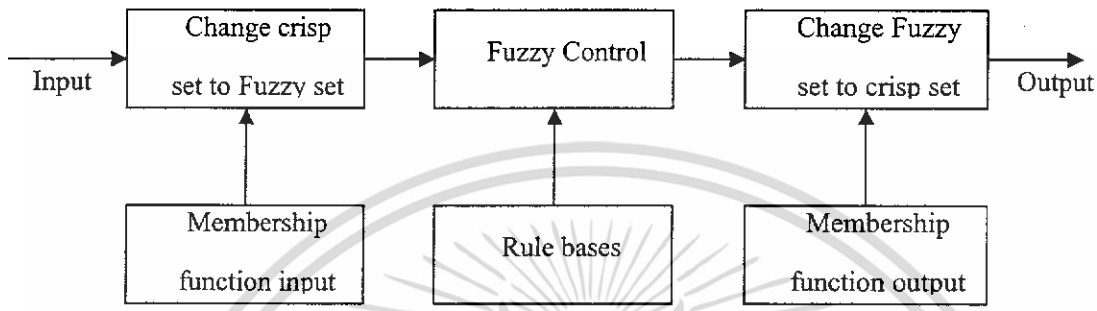
ค.ศ. 1965 ได้มีการเจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วปี นับตั้งแต่ศาสตราจารย์ Lofty A. Zedeh แห่งมหาลัย Berkley ได่เสนอหลักการทางคณิตศาตร์ของทฤษฎีฟัซซีเซตขึ้นมาเป็นครั้งแรก ทฤษฎีฟัซซีเซตและหลักการอัลกอลิทึมของฟัซซี (Fuzzy Algorithm) ได้นำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมเป็นครั้งแรก โดยใช้ควบคุมเครื่องทำความร้อน (Steam engine) โดย Professor Mamdani แห่ง London University

ค.ศ. 1974 ได้มีการอภิปายถึงสถานะการณ์ปัจจุบันของผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับระบบควบคุมแบบฟัซซี โดย Mamdani และ Sembi

ค.ศ. 1980 Willaeys Malvache และ hammad ได้เสนอวิธีการสร้างระบบควบคุมแบบฟัซซีขึ้นมาจากพื้นฐานของ Fuzzy Model ของ control process (1997) แนวคิดของ fuzzy algorithm ได้ถูกนำมาไปใช้ในการควบคุมความเร็วของ D.C. motor โดย Mangin(1977) และ Willaeys, Malvache(1978, 1979) , Braae.Rutherford (1979) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของพารามิเตอร์ต่างๆ ในการสร้าง ระบบควบคุมแบบ Fuzzy Model Braae , Rutherford ได้เสนอ Lingulstic analysis ของระบบควบคุมแบบ Fuzzy Model Application ของระบบควบคุมแบบฟัซซีสำหรับระบบซึ่งเป็น Multi mention , non-linear และมี dead time ได้ถูกสร้างขึ้นโดย Mamdani และ Procyk (1979) อัลกอริทึมสำหรับตรวจสอบฟัซซีได้รับการเสนอจาก Czogala และ Pedrycz (1981) และ tong (1979) ได้เสนอ

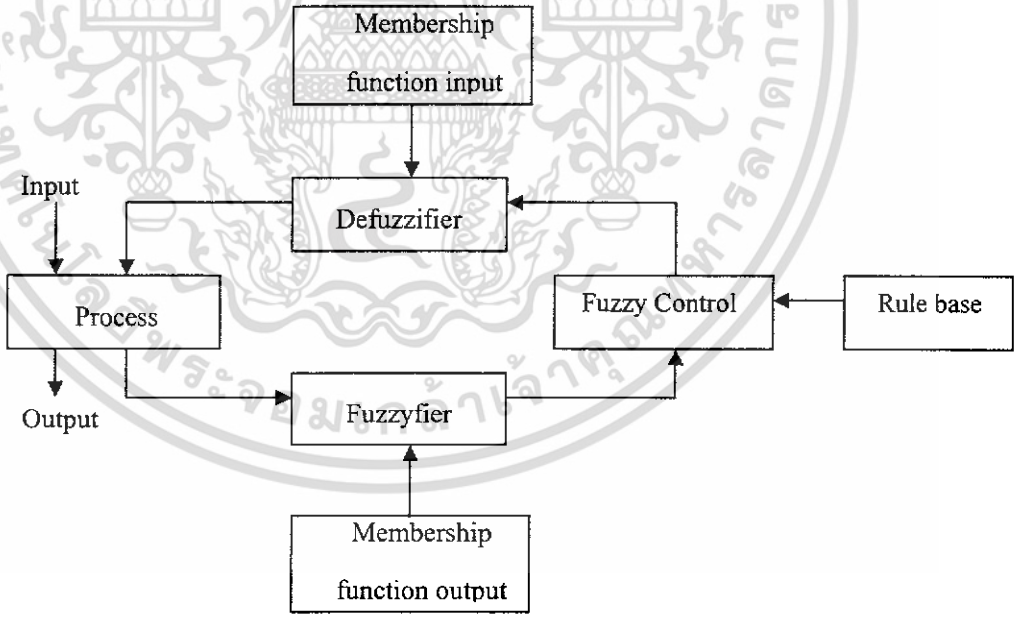
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางสำหรับการสร้างต้นแบบ (fuzzy model) ซึ่งประกอบด้วย Verballsation , Fuzzification และ Identification



รูปที่ 2.3 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซีลอจิก

สำหรับหลักการ Defuzzification กรรมวิธีค่าศูนย์กลาง ซึ่งระบบควบคุมป้อนกลับสามารถแสดงดังรูป



รูปที่ 2.4 โครงสร้างพื้นของระบบควบคุมป้อนกลับด้วย Fuzzy Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับฟัซซี

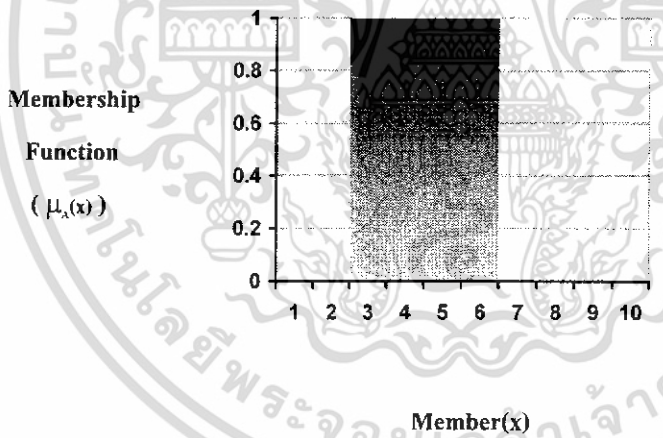
ในการที่เราจะนำระบบฟัซซีมาจำลองเป็นวงจรทดลองนั้น เราต้องเข้าใจถึงโครงสร้างของระบบฟัซซี ซึ่งประกอบด้วย หลักการ แนวคิด และ ทฤษฎีบททางคณิตศาสตร์ ดังนั้นในเนื้อหาบทนี้จะกล่าวถึง ความหมาย ลักษณะการทำงาน โดยอาศัยความรู้จากทฤษฎีบททางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ความเข้าใจพื้นฐานจนกระทั่งการนำระบบฟัซซีมาใช้ในการออกแบบตัวควบคุม

ก่อนอื่นจะขออธิบายหลักการของคริชป์เซตก่อน เพราะเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการทำความเข้าใจฟัซซีเซตต่อไป

2.3.1 คลิชป์เซต (Crisp Set)

คลิชป์เซต คือ กลุ่มของสมาชิกที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ซึ่งอาจมีจำนวนจำกัดหรือไม่จำกัดก็ได้

$$\text{คลิชป์เซต } A \Rightarrow \mu_A(x) = \begin{cases} 1 \text{ if } x \in A \\ 0 \text{ if } x \in A \end{cases}$$



รูปที่ 2.5 แสดงคลิชป์เซต

จากรูปอธิบายได้ว่า เอกภพสัมพัทธ์ (Universe of Discourse : U) มีสมาชิก (Member : x) ทั้งหมด 10 ตัว คือ {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10} โดยมีเซต A เป็นเซตในเอกภพสัมพัทธ์และมีสมาชิก คือ {3,4,5,6} เนื่องจากมีระดับความเป็นสมาชิก(Membership Function ($\mu_A(x)$)เท่ากับ 1 และมีกลุ่มที่ไม่เป็นสมาชิกของเซต A คือ {1,2,7,8,9,10} เนื่องจากมีระดับความเป็นสมาชิก เท่ากับ 0

จะพบว่าเราสามารถแบ่งการเป็นสมาชิกได้อย่างชัดเจน คือ มีระดับความเป็นสมาชิกที่แน่นอนว่าเป็น 0 หรือ 1 ซึ่งก็คือนิยามของคริชป์เซตนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

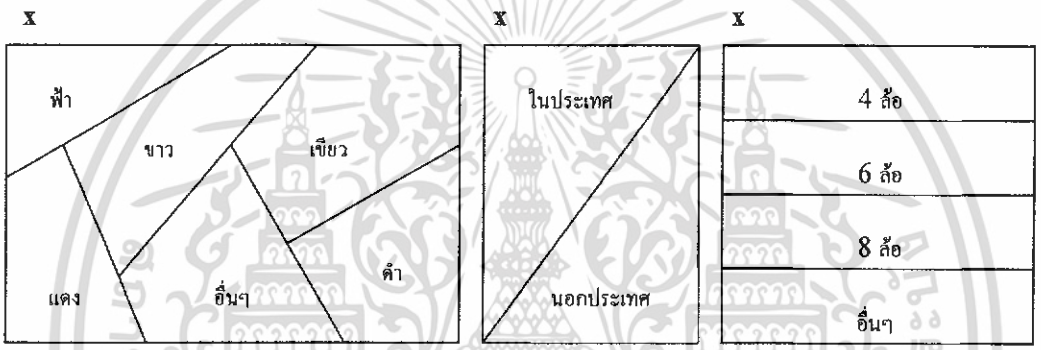
เอกภพสัมพัทธ์ (Universe of Discourse: U) คือ เซตที่มีสมาชิกเป็นสมาชิกทั้งหมดของขอบเขตที่จะทำการพิจารณา โดยกำหนดให้ x เป็นสมาชิกใดๆ เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $x \in U$

ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก (Membership Function ($\mu_A(x)$)) คือ ระดับความเป็นสมาชิกของเซตนั้นๆที่ถูกพิจารณา ซึ่งในคริชป์เซตมีระดับความเป็นสมาชิกแค่ 0 กับ 1 ดังในรูปข้างต้น

$\mu_A(x) = 1$ เมื่อ x เป็นสมาชิกของเซต A

$\mu_A(x) = 0$ เมื่อ x ไม่เป็นสมาชิกของเซต A

<u>ตัวอย่างที่ 2-1</u> จงพิจารณาเซตของรถยนต์ทั้งหมดที่มีอยู่ในเมืองนิวยอร์ก



รูปที่ 2.6 แสดงเซตของรถยนต์ในเมืองนิวยอร์ก

ให้ x แทนรถยนต์แต่ละคัน ซึ่ง x มีซับเซตแบ่งออกเป็นหลายๆขอบเขต ในเซตการเป็นสมาชิกของล้อ มีทั้งรถยนต์ที่มี 6 ล้อ และอื่นๆ ถ้ารถยนต์นั้นมี 4 ล้อ ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก (Membership Function ($\mu_A(x)$) จะเท่ากับ 1 ในขณะที่ 6 ล้อ .8 ล้อ และอื่นๆ จะเท่ากับ 0 จะเห็นว่าเราสามารถแบ่งระดับความเป็นสมาชิกได้แน่นอนซึ่งเรียกว่า คริชป์เซต นั่นเอง

2.3.2 ทฤษฎีฟัซซีเซต (Fuzzy Set Theory)

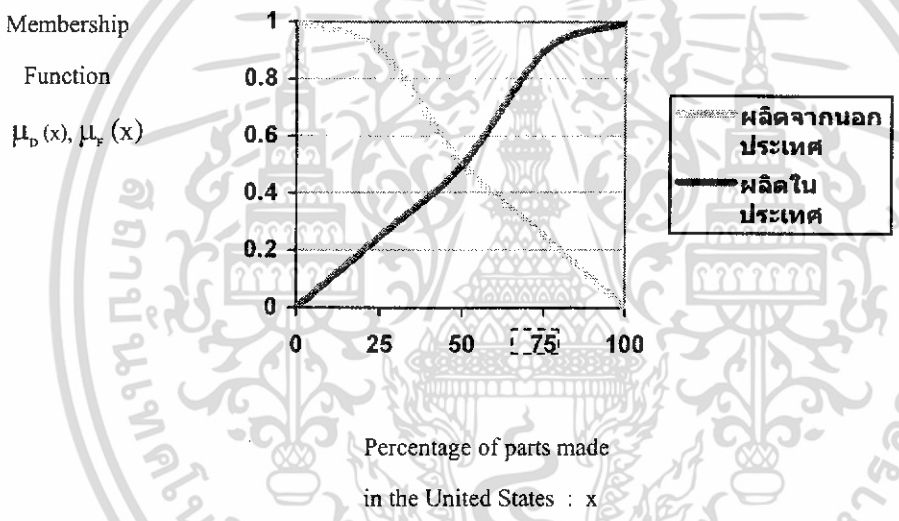
ฟัซซีเซตก็มีพื้นฐานมาจากคริชป์เซต มีสมาชิกในเอกภพสัมพัทธ์ X และ ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก (Membership Function ($\mu_F(x)$)) **ซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วง** [0, 1] ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตนั้นเป็นการวัดระดับความคล้ายกันของสมาชิก x

<u>ตัวอย่างที่ 2-1 (ต่อ)</u>

รถยนต์สามารถมองว่าเป็น "รถยนต์ในประเทศ" และ "รถยนต์จากต่างประเทศ" ได้หลายแง่มุม ในแง่หนึ่งคือ รถคันนั้นจะเป็นรถในประเทศถ้ามีป้ายชื่อโรงงานใน U.S. ติดอยู่ที่ตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้จะถือเป็นรถที่นำเข้าจากต่างประเทศหมด ในแง่มุมนี้จะยังมองไม่เห็นความเป็นฟัซซีซัก เท่าไรนัก ในสังคมปัจจุบันผู้คนมักรู้สึกถึงความแตกต่างระหว่างรถยนต์ที่ผลิตในประเทศและรถยนต์ที่นำเข้าต่างประเทศต่างไปจากเมื่อก่อน เพราะว่าปัจจุบันส่วนประกอบต่างๆของรถยนต์ที่เราเคยคิดว่าเป็นรถภายในประเทศ (Ford, GMs and Chryslers) ถูกผลิตจากที่อื่นนอกU.S. ยิ่งไปกว่านั้น รถยนต์ต่างประเทศบางยี่ห้อยังมีฐานการผลิตที่ U.S. จะเห็นความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น ดังนั้น ถ้าเราให้ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของรถยนต์ในประเทศและรถยนต์จากต่างประเทศอยู่ในรูป $\mu_D(x)$ และ $\mu_F(x)$ ดังในรูปที่ 2.7 อธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2.7 แสดงฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของรถยนต์

กำหนดให้ $\mu_D(x)$ = ระดับความเป็นสมาชิกของรถยนต์ที่ผลิตภายในประเทศ

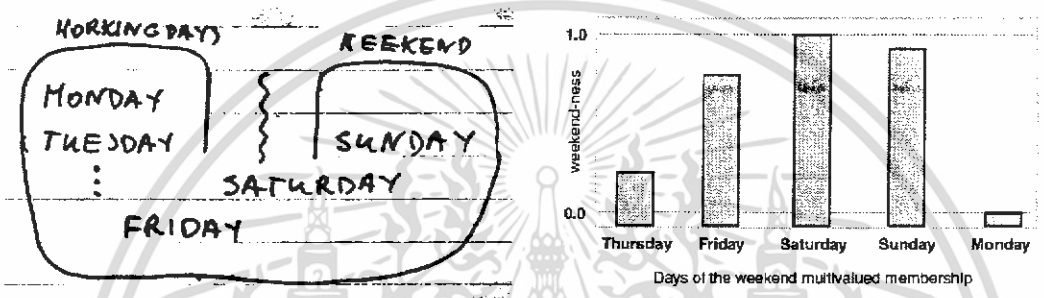
$\mu_F(x)$ = ระดับความเป็นสมาชิกของรถยนต์ที่ผลิตนอกประเทศ

จะสังเกตเห็นได้ว่ารถยนต์ที่มีส่วนประกอบ 75% ที่ผลิตใน U.S. ที่มีค่า $\mu_D(75\%) = 0.90$ และ $\mu_F(75\%) = 0.25$ นี่คือสิ่งที่เราจะใช้อธิบายรถยนต์ที่ผลิตภายในประเทศแบบฟัซซีเซต และเมื่อเราพิจารณาสีของรถยนต์ที่มีความไม่ชัดเจนเนื่องจากรถแต่ละยี่ห้อแต่ละคันก็มีเชดสีที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจุดประสงค์หลักของตัวอย่างที่กล่าวมานี้ก็เพื่อแสดงให้เห็นว่าในตรรกศาสตร์ฟัซซีองค์ประกอบ(x) สามารถอยู่ได้ในหลายๆเซต แต่ด้วยระดับความเป็นสมาชิก $\mu_D(x)$,$\mu_F(x)$ที่ต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2-1 ฟัซซีเซต (Fuzzy Set : F)

ฟัซซีเซต มีแนวคิดที่แตกต่างไปจากเซตแบบเดิมๆ หรือ คริชป์เซต ที่สามารถระบุขอบเขตได้แน่ชัด ตัวอย่างเช่น ถ้าเราแบ่งเซตของวันในหนึ่งสัปดาห์ ระหว่างวันทำงานกับวันสุดสัปดาห์ เราคงเจอปัญหาในการแบ่งวันศุกร์และวันเสาร์ว่าจะอยู่ในเซตไหน ในตรรกศาสตร์ฟัซซี ความจริงในทุกๆข้อจะกลายมาเป็นระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละเซต การให้เหตุผลในตรรกศาสตร์ฟัซซี เราจะพิจารณาระดับของความจริงในแต่ละข้อ ดังในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงระดับความเป็นสมาชิกของแต่ละวัน

ระดับความเป็นสมาชิกของวันสุดสัปดาห์ (Weekend-ness) ของวันพฤหัส วันศุกร์ วันเสาร์ วันอาทิตย์ วันจันทร์ จะแตกต่างกันไปดังกราฟข้างต้นซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าวันไหนบ้างที่ควรจะจัดอยู่ในวันสุดสัปดาห์ ซึ่งค่าที่ป้อนเข้าไป (Input) ก็คือ จำนวนครั้งของความเป็นสมาชิกซึ่งเราอาจได้ค่านี้มาจากแบบสอบถาม (Requirements) หรือความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ส่วนผลลัพธ์ (Output) ที่ได้ก็คือ ระดับความเป็นสมาชิกของวันสุดสัปดาห์(Membership function of weekend-ness)

2.3.3 ปฏิบัติการพื้นฐานของคริชป์เซต (Operations on CRISP SET)

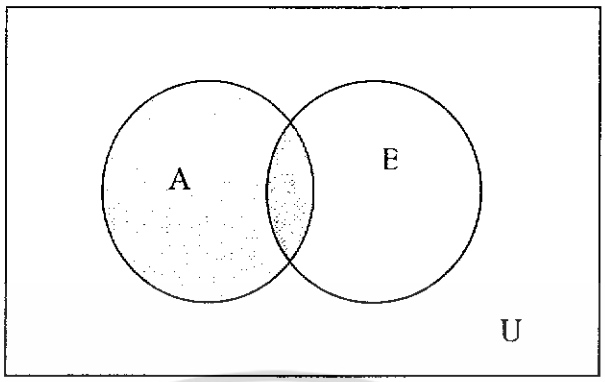
กำหนดให้เซต A และ เซต B เป็นสมาชิกในเอกภพสัมพัทธ์ U โดยมีสมาชิก u เป็นสมาชิกทั้งหมดในเอกภพสัมพัทธ์ ซึ่งสามารถแสดงการกระทำทางเซตได้ดังนี้

2.3.3.1 UNION

$(A \cup B) = \{u | u \in A \text{ or } u \in B\}$

คือ u เป็นสมาชิกของเซต A หรือเป็นสมาชิก ของเซต B ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

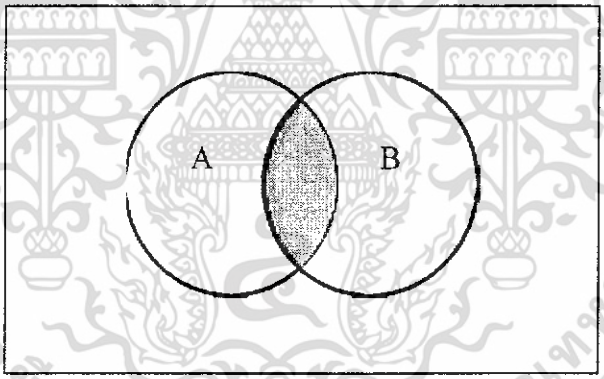


รูปที่ 2.9 แสดงการยูเนียน

2.3.3.2 INTERSECTION

$(A \cap B) = \{u | u \in A \text{ and } u \in B\}$

คือ u เป็นสมาชิกของทั้งเซต A และ ต้องเป็นสมาชิกของเซตเซต B ด้วย



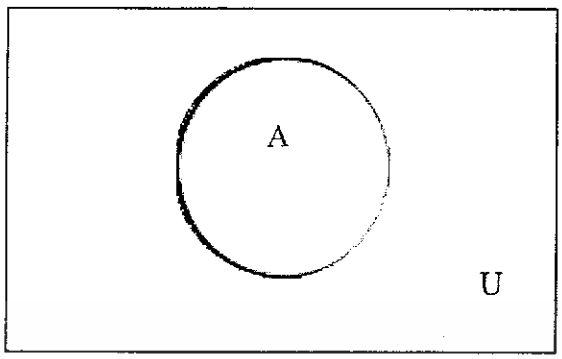
รูปที่ 2.10 แสดงการอินเตอร์เซกชั่น

2.3.3.3 COMPLEMENT

$A = \{u | u \notin A, u \in U\}$

คือ u ไม่ได้เป็นสมาชิกของเซต A แต่เป็นสมาชิกของเอกภพสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

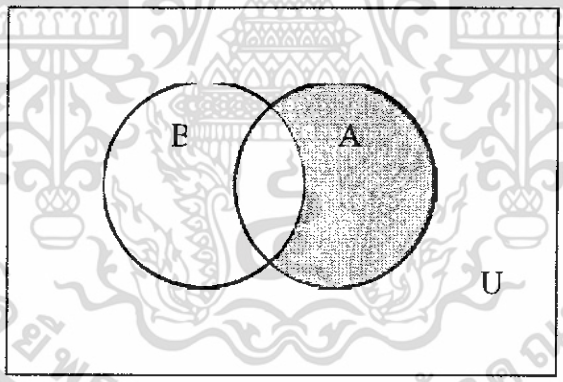


รูปที่ 2.11 แสดงการคอมพลีเมนต์

2.3.3.4 DIFFERENCE

$A/B = \{u|u \in A \text{ and } u \notin B\}$

คือ u เป็นสมาชิกของเซต A แต่ต้องไม่เป็นสมาชิกของเซต B



รูปที่ 2.12 แสดงการดิฟเฟอร์เรนท์

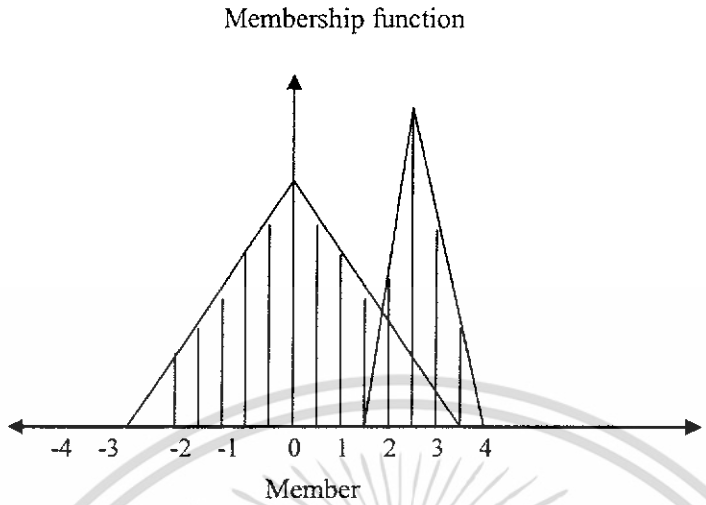
2.3.4 ปฏิบัติการพื้นฐานของฟัซซีเซต (Fuzzy Set Operation)

กำหนดฟัซซีเซต A, B ในเอกภพสัมพันธ์ U แสดงการกระทำดังนี้

2.3.4.1 UNION

$$\mu_A \cup \mu_B = \mu_A \vee \mu_B$$

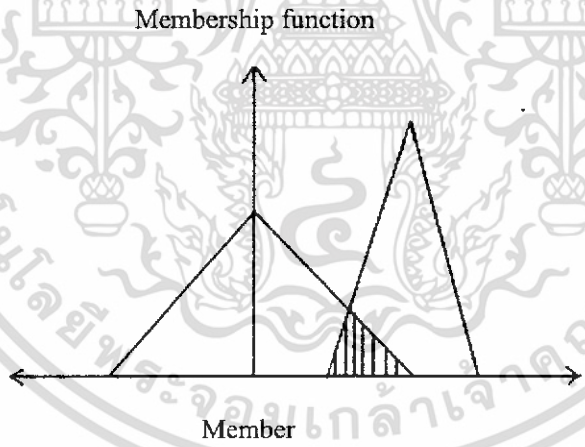
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงการยูเนียนของฟัซซีเซต

2.3.4.2 INTERSECTION

$$\mu_A \cap \mu_B = \mu_A \wedge \mu_B$$



รูปที่ 2.14 แสดงการอินเตอร์เซกชั่นของฟัซซีเซต

2.3.5 ทฤษฎีฟัซซีลอจิก

ฟัซซีลอจิกเป็นทฤษฎีทางตรรกศาตร์ ที่ขยายมาจากตรรกศาสตร์หลายค่า (Multivalued logic) โดยนิยามค่าความจริงของประพจน์เป็นตัวแปรลิงกวิสติก ได้มีการนิยามปฏิบัติการทางตรรกศาสตร์สำหรับฟัซซีลอจิกไว้ต่างๆ กัน โดยจะอ้างถึงนิยามของ Zedeh

2.3.5.1 ค่าความจริงของประพจน์ในทฤษฎีฟัซซีเซต

กำหนดให้ V (A) เป็นฟัซซีเซตในเอกภพสัมพัทธ์ V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย V (A) จะแทนค่าความจริงของประโยค A

ซึ่ง V จะแทนเอกภพสัมพัทธ์โดย V = [0,1]

ในที่นี้หมายความว่าประพจน์ A จะมีค่าความจริงอยู่ในช่วงของเอกภพสัมพัทธ์ คือ 0 ถึง 1 ซึ่งต่างจากประพจน์ของเซตแบบเดิมที่มีค่า 2 ค่า คือ 0 และ 1

จะได้ว่า $V(A) = \{(V1, \mu 1) \mid i = 1, 2, \ldots\ldots, n \; ; V1 \in [0,1] \}$

$V(\text{not } A) = 1 - V(A) = \{(1- V1, \mu 1) \mid I = 1,2,\ldots\ldots,n \; ; V1 \in [0,1] \}$

2.3.5.2 ความสัมพันธ์ฟัซซีเซต (Fuzzy Relation)

ผลคูณทาง คาร์ทีเซียน (Fuzzy Cartesian product)

ความสัมพันธ์ของฟัซซีในฟัซซีเซตทั่วไปจะกำหนด ผลคูณทาง Cartesian เป็นความสัมพันธ์ระหว่างฟัซซีเซตตั้งแต่ 2 เซตขึ้นไป

กำหนดให้ A เป็นในฟัซซีเซตเอกภพสัมพัทธ์ X โดยที่ $x1 \ldots x_n \in X$

B เป็นฟัซซีเซตในเอกภพสัมพัทธ์ Y โดยที่ $y1 \ldots y_n \in Y$

ผลคูณคาร์ทีเซียนของ A และ B จะอยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ X× Y ซึ่งผลลัพธ์จะอยู่ในรูปของR

$$A \times B = R \subset X \times Y$$

ความสัมพันธ์ของฟัซซีใน R จะมีฟังก์ชันการเป็นสมาชิก คือ

$$\mu_R(x, y) = \mu_{A \times B}(x, y) = \min (\mu_A(x), \mu_B(y)) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

ผลคูณคาร์ทีเซียนถูกกำหนดเป็น R = A×B ซึ่งในการคิดคำนวณจะเหมือนกับการ cross product ของเวกเตอร์ 2 อัน แต่การทำงานของผลคูณคาร์ทีเซียนจะไม่เหมือนกับการทำงานของผลคูณทางพีชคณิต (arithmetic product)

ตัวอย่างเช่น ฟัซซีเซต A มีสมาชิกอยู่ 4 ตัว ดังนั้นขนาดของเวกเตอร์ในแนวตั้ง (column) จึงเป็น 4 ×1 และฟัซซีเวต B มีสมาชิกอยู่ 5 ตัว ดังนั้นขนาดของเวกเตอร์ในแนวนอน (row) จึงเป็น 1×5 เพราฉะนั้นความสัมพันธ์ของ A และ B ผลที่ได้จะแสดงในรูปของแมทริก ขนาด 4×5 ก็คือ มี 4 แถว ในแนวนอน และ 5 แถวในแนวตั้ง

ตัวอย่าง สมมุติว่ามี ฟัซซีเซตอยู่ 2 เซต ให้ A อยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ X ซึงมีอยู่ 3 สมาชิก X = {x1, x2, x3} และ B อยู่ในเอกภพสัมพัทธ์ Y ที่มี 2 สมาชิก Y= {y1, y2} ต้องการหาผลคูณคาร์ทีเซียนของฟัซซีเซตระหว่าง A และ B

ให้ $A = \frac{0.2}{x1} + \frac{0.5}{x2} + \frac{1}{x3}$ $\qquad B = \frac{0.3}{y1} + \frac{0.9}{y2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A แสดงในรูปเวกเตอร์แนวตั้ง (column) ขนาด 3×1 และ B แสดงในรูปของเวกเตอร์แนวนอน (row) ขนาด 1×2 ฉะนั้น ผลคูณคาร์ทีเซียนจะใช้สมาการ 1 โดยเป็นความสัมพันธ์ขนาด 3×2

$$A = \begin{bmatrix} 0.2 \\ 0.5 \\ 1 \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.9 \end{bmatrix}$$

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

$$= \min(0.2,0.3) , \min(0.5,0.3) , \min(1,0.3)$$

$$= 0.2 , 0.3 , 0.3$$

$$A \times B = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.5 \\ 0.3 & 1 \end{bmatrix}$$

ความสัมพันธ์แบบคอมโพสิชั่น (Composition of Fuzzy Relation)

Max-min Composition

ให้ $R_1(x,y)$, $(x,y) \in X \times Y$ และให้ $R_2(y,z)$, $(y,z) \in Y \times Z$ ดังนั้น ค่า Max-min Composition ของ R_1 และ R_2 เป็นดังสมการ

$$R_1 \circ R_2 = \{ [(x,z) , \max\{\min \{\mu_{R1}(x,y), \mu_{R2}(x,y)\}] \} \mid x \in X , y \in Y , z \, V \, Z$$

หรือสัญลักษณ์ที่ใช้แทน Max-min อีกแบบก็คือ $R_1 \overset{\circ}{\cdot} R_2$

Max-Product Composition

$$R_1 \overset{\circ}{\cdot} R_2 = \{ [(x,z) , \max\{\mu_{R1}(x,y) \cdot \mu_{R2}(x,y)\}] \} \mid x \in X , y \in Y , z \, V \, Z$$

Max-Average Composition

$$R_1 \overset{\circ}{_{av}} R_2 = \{ [(x,z) , \frac{1}{2} \max \{\mu_{R1}(x,y) + \mu_{R2}(x,y)\}] \} \mid x \in X , y \in Y , z \, V \, Z$$

ตัวอย่าง ให้ $R_1(x,y)$ และ $R_2(y,z)$ เป็นความสัมพันธ์ที่อยู่ในรูปแมทริก

$$R_1 = \begin{array}{c} \begin{matrix} y_1 & y_2 & y_3 & y_4 & y_5 \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0 & 1 & 0.7 \\ 0.3 & 0.5 & 0 & 0.2 & 1 \\ 0.8 & 0 & 1 & 0.4 & 0.3 \end{bmatrix} \end{array}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_2 = \begin{array}{c} \\ x1 \\ x2 \\ x3 \\ x4 \\ x5 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.4 & 0 & 0.3 & 0.4 \\ 0.2 & 1 & 0.8 & 0 \\ 0.8 & 0 & 0.7 & 1 \\ 0.4 & 0.2 & 0.3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0.8 \end{bmatrix} \end{array}$$

$\min \{ \mu_{R1}(x_1,y_1), \mu_{R2}(y_1,z_1) \} = \min \{ 0.1 , 0.9 \} = 0.1$

$\min \{ \mu_{R2}(x_1,y_2), \mu_{R2}(y_2,z_1) \} = \min \{ 0.2 , 0.2 \} = 0.2$

$\min \{ \mu_{R3}(x_1,y_3), \mu_{R2}(y_3,z_1) \} = \min \{ 0 , 0.8 \} = 0$

$\min \{ \mu_{R4}(x_1,y_4), \mu_{R2}(y_4,z_1) \} = \min \{ 1 , 0.4 \} = 0.4$

$\min \{ \mu_{R3}(x_1,y_5), \mu_{R2}(y_5,z_1) \} = \min \{ 0.7 , 0 \} = 0$

$R_1 \circ R_2 = \{ (x,z) , \max (\mu_{R1} \circ \mu_{R2}) \}$

$= \{ (x,y) , \max (0.1,0.2,0,0.4,0) \} = 0.4$

จากการคำนวณข้างต้นเป็นการคำนวฯเพียง 1 แถว เมื่อกระทำจนครบผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น

$$R_1 \circ R_2 = \begin{array}{c} \\ x1 \\ x2 \\ x3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.4 & 0.7 & 0.3 & 0.7 \\ 0.3 & 1 & 0.5 & 0.8 \\ 0.8 & 0.3 & 0.7 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

สำหรับ Max-product จะได้เป็น

$\mu_{R1}(x_1,y_1) \cdot \mu_{R2}(y_1,z_1) = 0.1 \cdot 0.9 = 0.09$

$\mu_{R1}(x_1,y_2) \cdot \mu_{R2}(y_2,z_1) = 0.2 \cdot 0.2 = 0.04$

$\mu_{R1}(x_1,y_3) \cdot \mu_{R2}(y_3,z_1) = 0 \cdot 0.8 = 0$

$\mu_{R1}(x_1,y_4) \cdot \mu_{R2}(y_4,z_1) = 1 \cdot 0.4 = 0.4$

$\mu_{R1}(x_1,y_5) \cdot \mu_{R2}(y_5,z_1) = 0.7 \cdot 0 = 0$

ดังนั้น

$R_1 \overset{\circ}{\cdot} R_2 = \{ (x,z) , \max (\mu_{R1} \circ \mu_{R2}) \}$

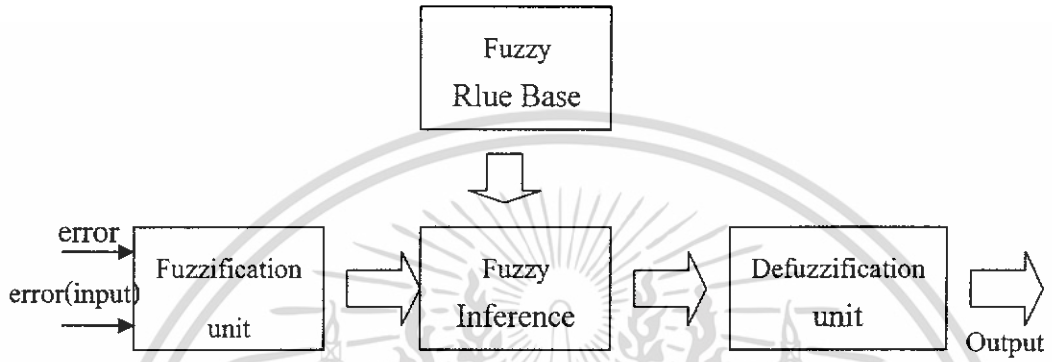
$= \{ (x,z) , \max (0.09 , 0.04 , 0 , 0.4 , 0) \} = \{ (x,z) , 0.$

$$R_1 \overset{\circ}{\cdot} R_2 = \begin{array}{c} \\ x1 \\ x2 \\ x3 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} z_1 & z_2 & z_3 & z_4 \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0.4 & 0.7 & 0.3 & 0.56 \\ 0.27 & 1 & 0.4 & 0.8 \\ 0.8 & 0.3 & 0.7 & 1 \end{bmatrix} \end{array}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62646

2.3.6 ตัวควบคุมฟัซซี

โครงสร้างของตัวควบคุมฟัซซีประกอบด้วย 4 หน่วยคือ หน่วยฐานกฎควบคุม (Fuzzy rule base) หน่วยฟัซซีฟิเคชั่น (Fuzzification unit) หน่วยอินเฟอเรนซ์ (Inference unit) และ ดีฟัซซีฟิเคชั่น (Defuzzification unit) ดังแสดงในรูปที่ ซึ่งแสดงการทำงานแต่ละหน่วยดังนี้



รูปที่ 2.15 แสดงพื้นฐานของตัวควบคุมฟัซซี

ฐานกฎการควบคุมฟัซซี (Fuzzy Rule Base)

ฐานกฎควบคุมฟัซซีเป็นหน่วยที่รวบรวมกฎการควบคุมแบบฟัซซีซึ่งอยู่ในรูปแบบ IF….Then…

กำหนดให้ กฎการควบคุมอยู่ในรูปแบบดังนี้

IF x1 is X^k_1 and …and x_m is X^k_m THEN y is Y^k

หรือ IF x is X^k THEN y is Y^k ; k= 1,2,…,M

โดยที่ x คือ ตัวแปรสถานะของกระบวนการ ซึ่งใช้เป็นอินพุตของตัวควบคุมฟัซซี

$x = [x1,\ldots..,xm]^T$

X^k คือ ฟัซซีของตัวแปรอินพุต ในส่วนเหตุของกฎการควบคุม

$X^k = X^k_1 \text{ x}\ldots\ldots\text{x } X^k_m$

m คือ จำนวนตัวแปรอินพุตของตัวควบคุม

y คือ ตัวแปรเอาต์พุตของตัวควบคุมฟัซซี

Y^k คือ ฟัซซีเซตของตัวแปรเอาต์พุตในส่วนผลของการควบคุมที่ k

M คือ จำนวนกฎการควบคุมทั้งหมดในฐานการควบคุม

ซึ่งจากคำจำกัดความในรูปสมาการข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่ากฎการควบคุมจะถูกกำหนดตามเงื่อนไข ถ้า...แล้ว เช่น ถ้าเจ็บคอ แล้ว จะเป็นไข้หวัด ซึ่งเงื่อนไขของกฎการควบคุมนี้จะ

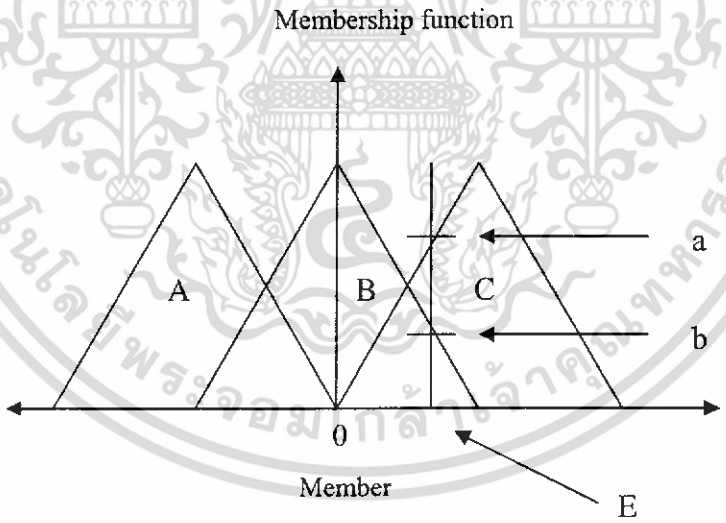
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกกำหนดมาจากสิ่งที่เคยพบมาหลายๆ ครั้งจนเกิดความเคยชินจนมีความรู้สึกว่าเป็นสิ่งที่น่าจะเป็นไปได้สูง ซึ่งเรียกว่าความชำนาญหรือประสบการณ์ซึ่งจุดตรงนี้เองที่จะนำไปเป็นหลักฐานในการหาข้อสรุปในส่วนของอินเฟอร์เรนท์ ซึ่งตัวอย่างของกฎการควบคุมที่อยู่ในรูปของสมาการกฎการควบคุมแบบฟัซซี เช่น

IF input signal IS position THEN output signal IS negative

การฟัซซีฟิเคชัน (Fuzzification)

การฟัซซีฟิเคชั่น คือ กระบวนการหาฟัซซีเซตบนเอกภพสัมพัทธ์ U ของอินพุต เพื่อเป็นตัวแทนของอินพุต ซึ่งมีค่าเป็นตัวเลขสำหรับใช้อินพุตของระบบฟัซซี หรืออีกนัยหนึ่งคือ การแปลงค่าตัวเลขของกระบวนการให้เป็นตัวแปรของฟัซซี โดยค่าของฟัซซีจะเป็นค่าตัวเลขที่ได้จากฟัซซีเซตบนเอกภพสัมพัทธ์ U ซึ่งการฟัซซีฟิเคชั่นสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การฟัซซีฟิเคชั้นโดยใช้ฟัซซีซิงเกิลตัน, การฟัซซีฟิเคชั่นโดยใช้ฟัซซีนั่มเบอร์, การฟัซซีฟิเคชั่นโดยไฮบริดนั่มเบอร์ ซึ่งในที่นี้จะอธิบายเฉพาะส่วนของการฟัซซีฟิเคชั่นโดยใช้ฟัซซีซิงเกิลตัน ซึ่งสามารถกระทำได้ดังนี้



รูปที่ 2.16 แสดงการฟัซซีฟิเคชั่นแบบซิงเกิลตัน

โดยที่ E เป็นฟัซซีซิงเกิลตัลซึ่งมี S(E) = {uo}

$\mu E(u) = 1 ; u = uo$

$\mu E(u) = 0 ; u \neq uo$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปสามารถแสดงให้เห็นว่าการหาฟัซซีฟิเคชั่นด้วยวิธีการฟัซซีซิงเกิลตันนั้นจะใช้หลักการอินเตอร์เซกชั้นระหว่างกลุ่มเซตทางอินพุตที่ถูกกำหนดขึ้นกับเซตแบบซิงเกิลตันซึ่งจขากรูปจะเห็นไดว่าได้กำหนดให้กลุ่มเซตทางอินพุตประกอบด้วยเซต A,B,C ซึ่งเป็นฟัซซีเซตแบบฟัซซีนัมเบอร์ และเซตที่จะถูกนำมาอินเตอรีเซกชั่นคือเซต E ซึ่งเป็นเซตแบบซิงเกิลตันซึ่งจะเกิดในตำแหน่งที่มีอินพุตเข้ามา ซึ่งเมื่อทำการอินเตอร์เซกชั่นหรือการว้อนทับกันจะทำให้เกิดจุซ้อนทับกัน 2 จุด คือ จุด a เป็นจุดที่เซต E ซ้อนทับกันกับเซต C และจุด b ซึ่งเป็นจุดที่เซต E ซ้อนทับกับเซต B ซึ่งทั้งจุด a และจุด b จะเป็นค่าระดับการเป็นสมาชิกที่จะนำมาใช้เป็นตัวแทนทางอินพุต

การอินเฟอเรนท์แบบฟัซซี (Fuzzy Inferences)

การอินเฟอเรนท์ คือ กระบวนการในการหาข้อสรุป (Conclusion) จากหลักฐาน ซึ่งในกระบวนการอินเฟเรนท์หลักฐานที่นำมาใช้จะได้มาจากส่วนของกฎการควบคุมที่ถูกกำหนดขึ้นมาจากความชำนาญ

รูปที่ 2.17 แสดงการอินเฟอเรนท์แบบฟัซซี

ซึ่งจากรูป ถ้าสาวนการกำหนดการควบคุมกำหนดไว้ว่า ถ้ามีข้อมูลอินพุตเข้ามาที่เซต A ค่าอาต์พุตที่ได้จะต้องเป็นเซต B ซึ่งจากหลักฐานนี้เองทำให้หน่วยอินเฟอเรนท์สามารที่จะหาข้อสรุปออกมาได้โดยให้อินพุต a อยู่ในช่วงสมาชิกของเซต A จึงสามารถที่จะระบุได้เลยว่า ข้อสรุปที่ได้จะต้องเป็นสมาชิกของเซต B ซึ่งในรูปจะเห็นได้ว่าการที่สมาชิกแต่ระตัวมีระดับการเป็นสมาชิกไม่เท่าจึงทำให้ข้อสรุปจะต้องขึ้นอยู่กับระดับกาเป็นสมาชิกของเซตด้วย

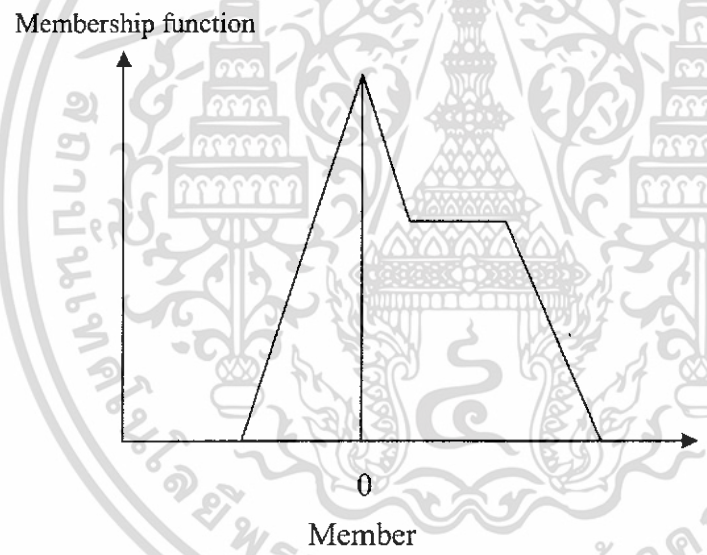
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดีฟัซซีฟิเคชั่น (Defuzzification)

การดีฟัซซีฟิเคชั่น คือ กระบวนกสรหาค่าอินพุตพียงค่าเดียว (ซิงเกิลตัน) ที่เหมาะสมที่สุด เพื่อเป็นตัวแทนของฟัซซีเอาต์พุต โดยค่าที่ได้จะกระจายอยู่บนเอกภพสัมพัทธ์ของเอาท์พุตนั้น หรือจะกล่าวอีกลักษณะหนึ่ง คือ การแปลงค่าตัวแปรทางฟัซซีให้เป็นตัวแปรของกระบวนการที่จะนำไปควบคุมกระบวนการต่อไป โดยกระบวนการดีฟัซซีฟิเคชั่นจะสามารถกระทำได้หลายวิธีดังนี้

การหาค่าระดับการเป็นสมาชิดสูงสุด (Max- membership principle)

ซึ่งรู้จักในชื่อของ High method ซึ่งวิธีนี้จะใช้วิธีการหาค่าโดยเลือกค่าเอาท์พุตที่มีค่าระดับการเป็นสมาชิกสูงสุดเพียงค่าเดียว

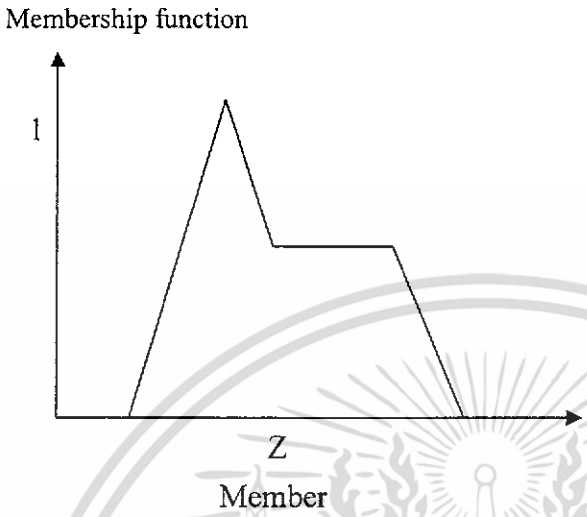


รูปที่ 2.18 แสดงการดีฟัซซีฟิเคชั่นโดยใช้วิธีการหาค่าระดับการเป็นสมาชิกสูงสุด

จากรูป จะแสดงถึงเซต เอาท์พุตที่ได้มาจากหน่วยอินเฟอเรทจะเห็นว่าค่าเอาท์พุตที่มีระดับการเป็นสมาชิกสูงสุด คือค่า u ซึ่งก็คือ ค่าที่เป็รตัวแทนของเอาท์พุตนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าศูนย์กลางของฟัซซี (Centric method)



รูปที่ 2.19 รูปแสดงการดีฟัซซีฟิเคชั่นโดยใช้วิธีการหาจุดศูนย์กลางของฟัซซี

ในรูปที่ 2.19 จะเห็นได้ว่าการหาค่าเอาท์พุตของการดีฟัซซีฟิเคชั่นนั้นด้วยวิธีการหาจุดศูนย์กลางของฟัซซีจะเป็นการหาจุดที่เป็นศูนย์กลางของพื้นที่ซึ่งได้มาจากการอินเฟอเรนท์ โดยในรูปที่ คำตอบของการดีฟัซซีฟิเคชั่นที่ได้คือ Z ซึ่งถ้ากำหนดให้เซตในรูปที่ 2.19 คือ เซต C จะสามารถหาค่า Z ได้จาก สมการต่อไปนี้

$$Z = \int \mu C(u)udu \; / \; \int \mu C(u)udu$$

กำหนดให้

C คือ เซตเอาท์พุต

U คือ สมาการของเอกภพสัมพัทธ์ทางเอาท์พุต

Z คือ ค่าที่ได้จากการดีฟัซซีฟิเคชั่น

การหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก (Weighted average method)

เป็นวิธีหาค่าเอาท์พุตที่เหมาะสม ซึ่งหาค่าได้จากสมาการ

$$V = \{\sum \mu B(V)\, V\} / \{\sum \mu B(V)\}$$

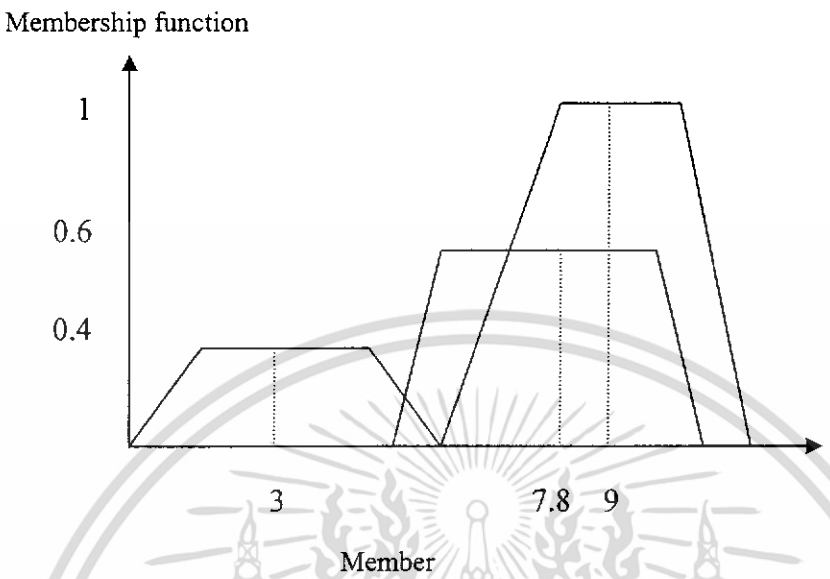
กำหนดให้

B คือ เซตเอาท์พุต

V คือ สมาชิกของเอกภพสัมพัทธ์ทางเอาท์พุต

VO คือ ค่าที่ได้จากการดีฟัซซีฟิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



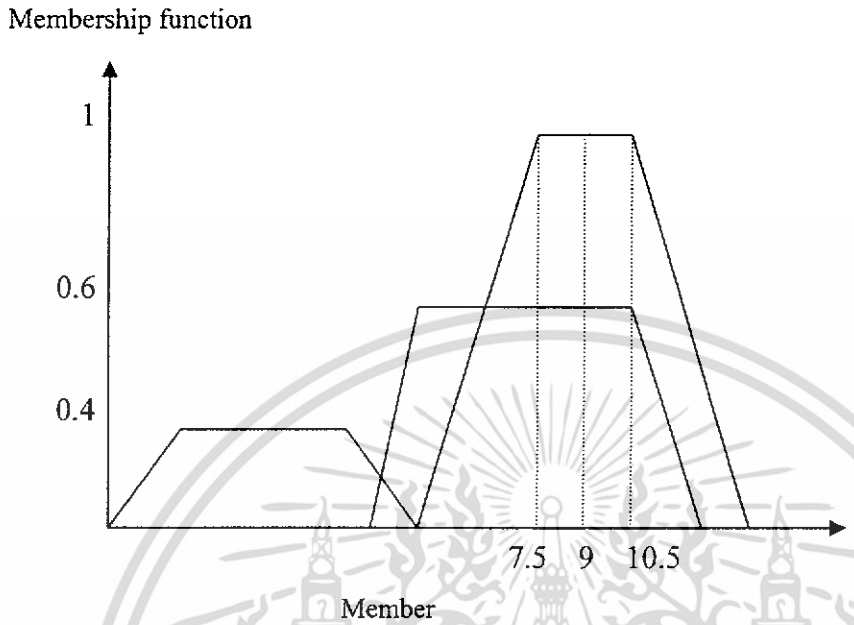
รูปที่ 2.20 รูปแสดงการดีฟัซซีฟิเคชั่นด้วยการหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก

ในการใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมาทำการดีฟัซซีฟิเคชั่นโดยจากรูป จะพบได้ว่าก่อนที่จะทำการหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักจะต้องแยกกลุ่มเซตเอาท์พุตที่จะนำมาทำการดีฟัซซีว่าประกอบด้วยเซตใดบ้างซึ่งในรูปที่ 2.20 สมมุติว่าประกอบด้วยเซต A, B, C ขั้นตอนต่อไปในการหาดีฟัซซีฟิเคชั่นด้วยวิธีนี้โดยการหาค่ากลางของสมาชิกแต่ละเซตซึ่งจากรูปคือ ตำแหน่งที่ลากเส้นประลงมาในแต่ละเซตแล้วนำค่ากลางในแต่ละเซตที่ได้คูณกับค่าระดับการเป็นสมาชิกของค่ากลางหรือค่าสมาชิกที่เกิดค่ากลางนั้นๆแล้วจึงนำค่าที่ได้ของแต่ละเซตมาบวกเข้าด้วยกันแล้วจึงนำผลบวกที่ได้มาหารด้วยผลรวมของระดับการเป็นสมาชิกที่ตำแหน่งค่ากลางของทุกเซตซึ่งค่าที่ได้จึงเป็นคำตอบของการดีฟัซซีด้วยวิธีนี้ ซึ่งจากในรูปค่ากลางของแต่ละเซต คือ 3, 7.8,9

การหาค่ากลางสูงสุด (Mean-Max-membership)

เป็นการหาค่ากลางของค่าสูงสุดของระดับการเป็นสมาชิกที่ตำแหน่งสูงสุด การหาค่าดีฟัซซีฟิเคชั่นด้วยวิธีการนี้จะเป็นการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการที่เซตที่จะนำมาทำการดีฟัซซีฟิเคชั่นมีค่าระดับการเป็นสมาชิกอยู่หลายค่าซึ่งการหาค่าดีฟัซซีฟิเคชั่นด้วยวิธีการหาค่าสูงสุดไม่สามารถกระทำได้ ซึ่งจากรูปที่ 2.21 จะพบได้ว่าเซตมีค่าระดับการเป็นสมาชิกสูงสุดอยู่หลายค่าจึงต้องใช้วิธีการหาค่ากลางของค่าสูงสุดมาทำการดีฟัซซีฟิเคชั่น ซึ่งในการหาค่ากลางจะหาค่าเฉพาะช่วงที่มีค่าสูงสุดตามเส้นประที่ลากลงมาดังในรูปซึ่งจะทำให้ค่าการดีฟัซซีออกมา

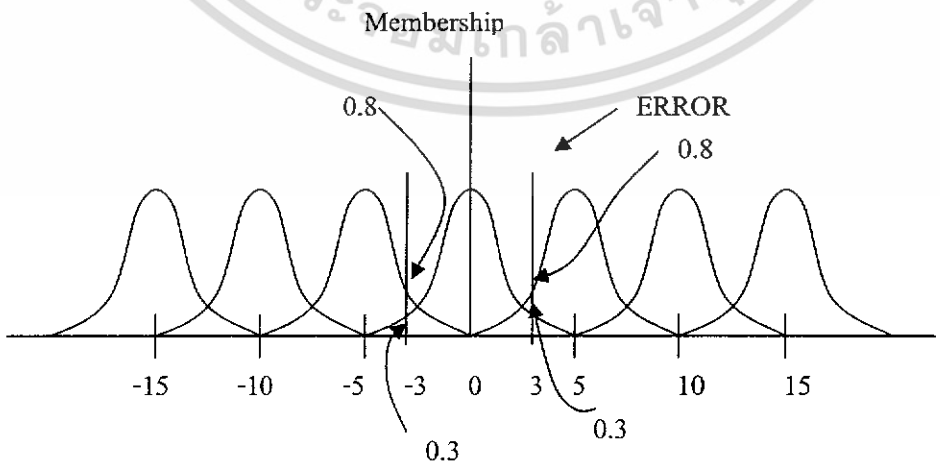
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงการดีฟัซซีฟิเคชั่นโดยการหาค่ากลางสูงสุด

การกำหนดหน่วยฟัซซีฟิเคชั่น

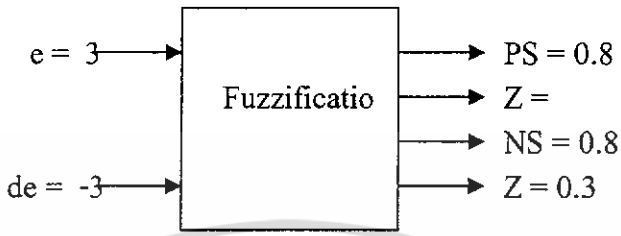
การทำงานของหน่วยฟัซซีฟิเคชั่นจะมีหน้าที่ในการแปลงข้อมูลตัวแปรของอินพุตให้เป็นข้อมูลตัวแปรของฟัซซีเพื่อให้หน่วยอินเฟอเรนท์ทำการตัดสินใจต่อไป โดยขั้นตอนในการแปลงข้อมูลจะใช้หลักการที่ให้ค่าอินพุตเข้ามาเป็นเซตซิงเกิลตัน ซึ่งเมื่อเกิดมีอินพุตเข้ามาเซตซิงเกิลตันในตำแหน่งนั้นจะทำการอินเตอร์เซกชั้นกับเซตทางอินพุตของฟัซซีที่กำหนดไว้ก่อนแล้ว ซึ่งผลลัพธ์ของการอินเตอร์เซกชั่นที่ได้จะเป็นค่าระดับการเป็นสมาชิกของสัญญาณอินพุต ERROR, dERROR



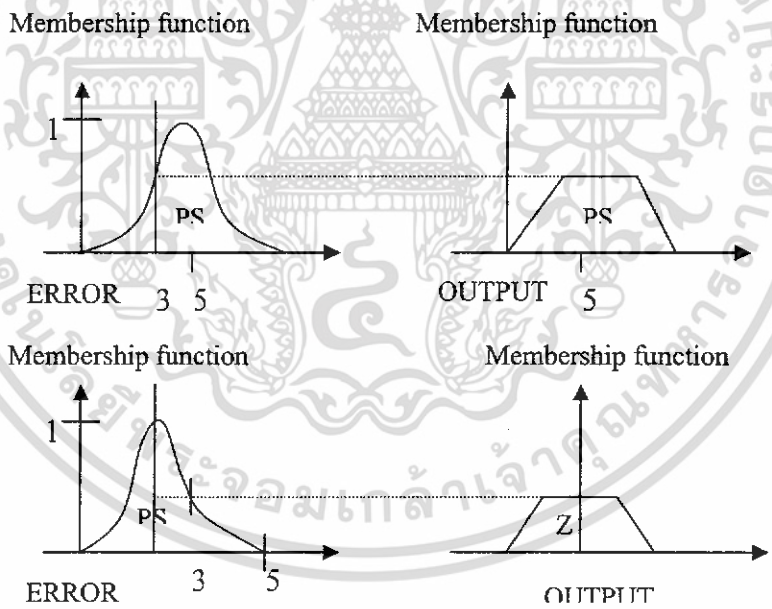
รูปที่ 2.22 การทำฟัซซีฟิคชั่นโดยซิงเกิลตัน

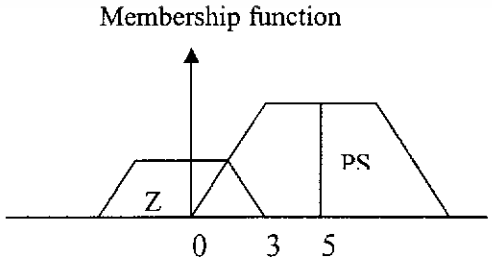
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า ERROR เข้ามาที่ 3 เป็นซิงเกิลตัน จะทำให้เกิดการอนเตอร์เซกชั่นกับเซต PS และ Z มีค่าเท่ากับ 0.8 และ 0.3 ตามลำดับ และ dERROR เข้ามาที่ -3 จะได้ค่าเท่ากับ NS = 0.8 และ Z = 0.3



การทำงานของหน่วยอินเฟอเรนท์มีหน้าที่ในการตัดสินใจที่จะทำการเลือกค่า Output โดยจะเลือกตามกฎการควบคุมโดยจะนำค่าที่ได้จากหน่วยฟัซซีฟิเคชั่นมาทำการเปรียบเทียบ จากตัวอย่างค่าที่ได้ เซตของชุด ERROR ที่เกิดจากการอินเตอร์เซกชั่นกันจะได้ PS = 0.8, Z = 0.3 และชุดของ dERROR จะได้ NS = 0.8, Z = 0.3 โดยมีรูปร่างของ output ที่ได้ดังนี้

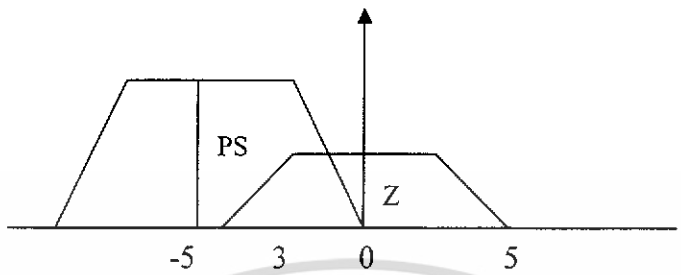




OUTPUT ของชุ ด ERROR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Membership function



OUTPUT ของชุด dERROR

จากนั้นนำค่าที่ได้ไปทำการเลือกกฎที่จะทำการควบคุมค่าจะได้จากตารางดังนี้

dERROR

	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	-50	-50	-50	-40	-50	-50	-50
NM	-45	-45	-45	-35	-45	-45	-45
NS	-40	-40	-40	-40	-40	-41	-41
Z	-36	-31	-27	-27	-27	-28	7
PS	10	10	14	18	20	31	31
PM	34	34	34	34	34	34	34
PB	40	40	40	50	50	50	50

รูปที่ 2.23 แสดงการอินเฟอเรนท์

เซต Z จะเลือกกฎ -27 เซต Z, NS จะเลือกกฎ -27 เซต PS,Z จะเลือกกฎ 18

เซตจะเลือกกฎและเซต PS, NS จะเลือกกฎ 14

ในส่วนการหาค่าเอาท์พุตของตัวควบคุมแบบฟัซซีหรือการแปลงตัวแปรแบบฟัซซีมาเป็นตัวแปรของกระบวนการในหน่วยดีฟัซซีฟิเคชั่นนี้จะใช้วิธีการของการเฉลี่ย จะนำค่าของเซตเอาท์พุตที่ได้จากหน่วยอินเฟอเรนท์มาคำนวณโดยในรูปที่ 2.23 ในตารางช่องแรก เซต Z,NS ได้ค่าเอาท์พุตเท่ากับ -27 และมีระดับการเป็นสมาชิก 2 ค่า คือ 0.3 และ 0.8 แต่ในการดัฟัซซีฟิเคชั่นด้วยวิธีการนี้จะใช้หลักการของ การกระทำแบบมิน (Min Operator) ก็คือ การเลือกค่าระดับการเป็นสมาชิกที่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า ฉะนั้นเราจึงเลือกค่าระดับการเป็นสมาชิกที่ 0.3 ของเงื่อนไขอินพุตนี้ ฉะนั้นในตารางช่องถัดไปของรูปที่ 2.23 จะใช้หลักการเดียวกันทั้งหมด ในส่วนของค่าเอาท์พุตสุดท้ายสามารถคำนวณได้ดังนี้

Set (Δ error, error)	Output	Membership function
Z,NS	-27	0.3
Z,Z	-27	0.3
PS,NS	14	0.8
PS,Z	18	0.3

รูปที่ 2.24 แสดงการดีฟัซซีฟีเคชั่น

$$\text{Output} = \frac{(-27\times0.3)+(-27\times0.3)+(14\times0.8)+(18\times0.3)}{(0.3+0.3+0.8+0.9)} = 0.23529$$

2.4 ข้อดีและข้อเสียของตัวควบคุมแบบฟัซซี

ข้อดีของการควบคุมโดยใช้ Fuzzy

1. Fuzzy Control สามารถออกแบบโดยนำข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีลักษณะไม่ชัดเจนมาใช้อย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพ ซึ่ง Controller แบบเก่านั้นไม่สามารถนำข้อมูลแบบภาษามนุษย์ (Linguistic Description) มาใช้ได้

2. Fuzzy Control เป็น Model-free approach ไม่ต้องการ Mathematical Model

3. Fuzzy Control สามารถควบคุมระบบบ Nonlinear ได้โดยอาศัยการปรับแต่งค่า Parameter โดยทฤษฎี Universal Approximation Fuzzy Logic Controller ให้เหมาะสม

4. เข้าใจง่ายเนื่องจาก Fuzzy Control เป็นการเลียนแบบวิธีการของมนุษย์ไม่ต้องใช้เครื่องมือทางคณิตศาตร์ที่ยุ่งยาก

5. Implement ระบบได้ง่ายโดยเฉพาะในส่วนของ Fuzzy Logic ทำให้การสร้าง Fuzzy Controller ทำได้ง่ายและรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ค่าใช้จ่ายในการพัฒนาระบบไม่มากนัก ใช้เวลาในการเรียนรู้ไม่มากนักและมี Software Tools สำหรับการออกแบบ Fuzzy Controller

ข้อเสียของการควบคุมโดยใช้ Fuzzy

1. ต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญอย่างมากในการกำหนด ลักษณะกราฟของ MF และเงื่อนไขการควบคุม
2. ถ้ากำหนดเงื่อนไขการควบคุมไม่ละเอียดพอ การควบคุมจะไม่สามารถเข้าสู่สภาวะ Stately State ได้ แต่จะเกิดการ Oscillate อยู่บริเวณใกล้จุด set point

Fuzzy Logic ถูกปรับปรุง และนำไปใช้งานต่างๆในหลายๆทาง ซึ่งรวมทั้งการแล่งประเภทของสภาพอากาศ พฤติกรรมของนกนางนวล การควบคุมการเผาปูนซีเมนต์ จำนวนผู้โดยสารในรถไฟ ลิฟต์ การจัดตารางของการใช้รางรถไฟ และเทคนิคบริการอื่นๆ และยังคงมีการคิดค้นใหม่ๆเพิ่มขึ้นเพื่อปรับปรุงวิธีการใช้ระบบพื้นฐานของ Fuzzy เช่น การแก้ไขฟังก์ชันระดับการเป็นสมาชิก ความสม่ำเสมอของส่วนกำหนดรูปแบบ Fuzzy เป็นต้น

Fuzzy Logic เหมาะที่จะนำมาใช้กับระบบที่ มีลักษณะดังนี้

1. มีรูปแบบระบบที่ซับซ้อน ยุ่งยาก หรือทำให้เกิดความชัดเจนได้ยาก
2. เป็นระบบที่ถูกควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญ
3. มี Input/Output ซับซ้อนมากมีค่าฟังก์ชันที่ไม่คงที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องพอสมควร
4. เป็นระบบที่ใช้คนคอยสังเกตขณะที่ระบบกำลังทำงาน
5. เป็นระบบที่ไม่แน่นอน ทั่วๆไป เช่น ระบบเศรษฐกิจ

2.5 หลักการหากฎการควบคุมแบบฟัซซี (Fuzzy Control Rule)

หลักการหา Fuzzy Control Rule

ในการออกแบบ Fuzzy Controller นั้นปัญหาสำคัญอันหนึ่งคือการหา Fuzzy Control Rule ที่เหมาะสม ซึ่งวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้จริงในงาน Process control อยู่ 3 วิธีด้วยกันคือ

1. <u>จากความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ</u>

Fuzzy controller ส่วนมากได้รับการออกแบบขึ้นโดยอ้างอิงกับ ความรู้และประสบการณ์ของวิศวกรรมควบคุมซึ่งอันที่จริงแล้วก็สามารถกล่าวได้ว่า Fuzzy control นั้นเป็น Application ที่ใช้ได้จริงอันแรกด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ

การออกแบบด้วยวิธีนี้เหมาะกับระบบที่ผู้ควบคุม มีการควบคุมเป็นหลักสำคัญ control rule นั้นก็ได้มาจากการ List วิธีการควบคุมต่างๆ โดยวิศวกรควบคุม แต่ข้อเสียของวิธีนี้ก็คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนมากผู้ควบคุมจะไม่สามารถถ่ายทอดความรู้ที่มีออกมาได้เป็นลายลักษณ์อักษร โดยเฉพาะระบบที่มีความซับซ้อนมาก

2. จากการจำลองลักษณะการทำงานของผู้ควบคุม

เมื่อทักษะของผู้ควบคุมเป็นสิ่งสำคัญ จึงจำเป็นมากที่จะต้องหา Fuzzy Control rule มาจากจำลองลักษณะการทำงานของผู้ควบคุมให้มาเป็น Input และ Output ของ Controller วิธีนี้ค่อยข้างคล้ายคลึงกับการจำลองกระบวนการเพราะ Input ของระบบจะหาได้ง่ายกว่า แต่ในสถานะการณ์จริงนั้นก็คสรจะเริ่มวิธี 1 และ 2 เข้าด้วยกัน

3. การจำลองกระบวนการ

ในวิธีแรกนั้นจะมีพื้นฐานมาจากความคิดคร่าวๆ ที่เกี่ยวกับคุณลักษณะของกระบานการเช่น เอาต์พุต เพิ่มมากขึ้นเมื่อ อินพุต เพิ่มขึ้น กระบวนการที่มี Time lag ส่วนวิธีที่ 2 จะใช้เฉพาะตัวแปรที่มีให้แก่ผู้ควบคุมกระบวนการ ซึ่งทั้ง 2 วิธี จะใช้ได้ดีเฉพาะในการที่ผู้ควบคุมมีบทบาทสำคัญในการควบคุมเท่านั้น

แต่ถ้าไม่ต้องการขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมและต้องการให้ผลการคุมดีกว่าควบคุมด้วยผู้ควบคุม ก็จะมีการออกแบบวิธีนี้ได้มีการศึกษาวิจัยมาหลายครั้งด้วยกัน การจำลองกระบวนการในที่นี้จะเป็นการแสดงลักษณะของ Process ออกมาด้วย Fuzzy set โดยพิจารณาจากอินพุต ตัวแปรสถานะ และ เอาต์พุต

มีแนวคิด 2 ทางด้วยกันในการออกแบบ Fuzzy Controller จากการจำลอง Fuzzy

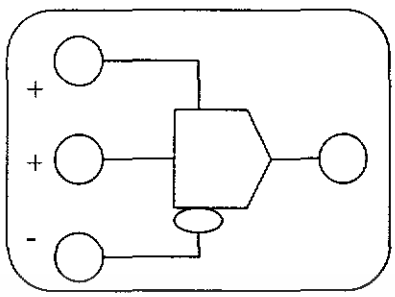
- ทางแรก คือการออกแบบให้ Control Rule นั้นทำการ Compensate ที่ไม่ต้องการของกระบวนการเพื่อให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ
- ทางที่สอง คือ เป็นไปตามทฤษฎีของ Optimal Control ซึ่งจะให้โครงสร้างและพารามิเตอร์ของ Control Rule ทำให้ระบบที่มี Fuzzy Controller ควบคุมอยู่นั้นเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการ

2.6 หลักการทำงานของวงจรภายในบอร์ดการทดลอง

2.6.1 วงจร Fuzzy Summing

Summing junction คือการรวมการเชื่อมต่อของสัญญาณอินพุตที่นำเข้ามาจะมีอยู่ 3 อินพุต อินพุตตัวแรกจะเป็น inverting อีกสองตัวจะเป็น Non-Inverting ดูสัญลักษณ์ตามารูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



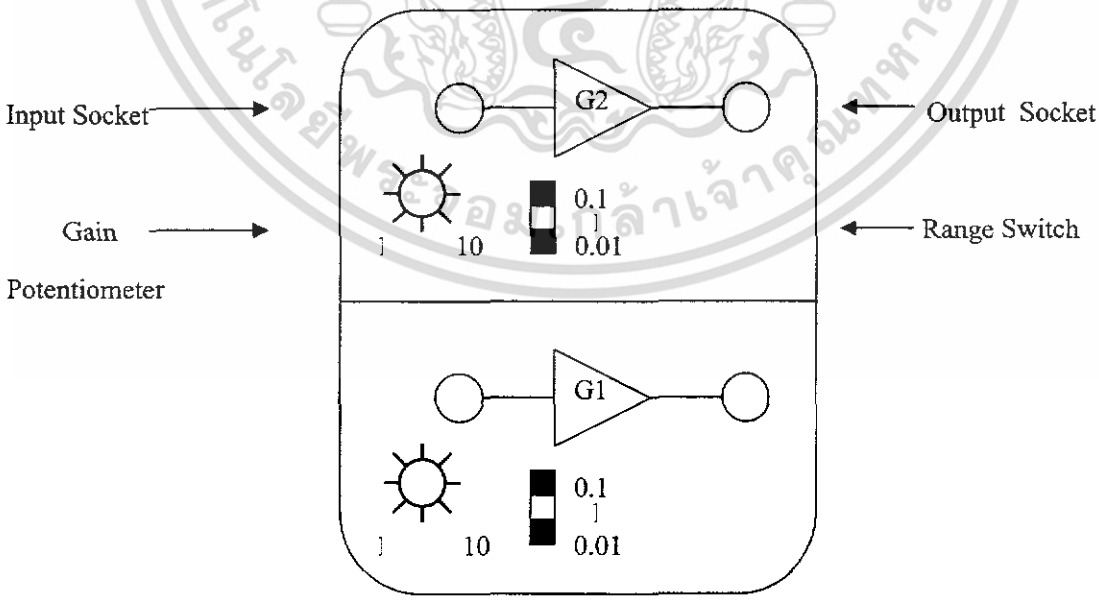
รูปที่ 2.25 แสดง Fuzzy Summing Block

หลักการทำงาน

โดยเราจะพิจารณาดูจาก Schematic Circuit ของวงจร Fuzzy Summing สามารถรับฟัซซีอินพุตได้หลาย อินพุต โดยฟัซซีอินพุต 1 และ 2 เป็น Summing แบบ Inverting โดยไอซีออฟแอม ที่ต่อในวงจรมี Gain การขยายเป็น "1" เลือกใช้ไอวี เบอร์ TL082

2.6.2 วงจร Amplifier Selection

แสดงภาคขยาย 2 ส่วนคือ G1 และ G2 ซึ่งแต่ละตัวสามารถปรับค่า Gain การขยายในช่วง 0.01 ถึง 10 ซึ่งสามารถเลือกและปรับ Gain โดยใช้สวิตช์และ Potentiometer รูปร่างของภาคขยายสัญญาณ



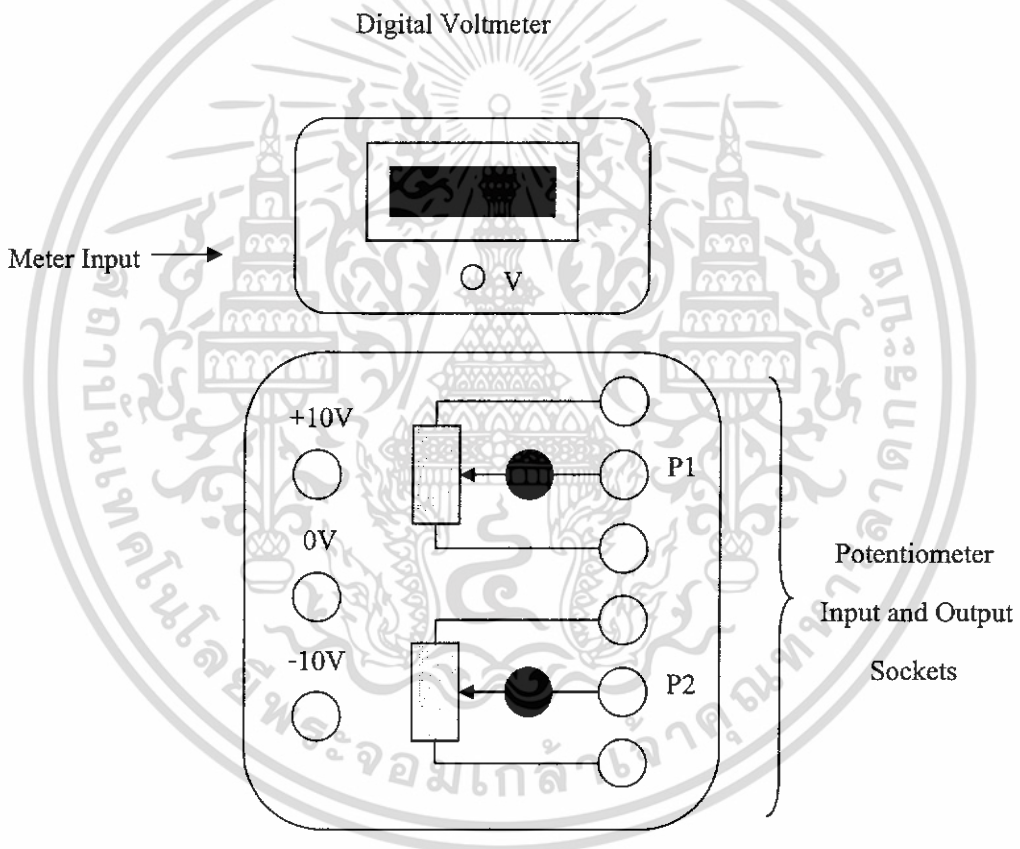
รูปที่ 2.26 แสดง วงจร Amplifier Selection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากฟัซซีอินพุต ของวงจร Fuzzy Amplifier ผ่านวงจร Buffer ผ่าน VR1 ทำหน้าที่ปรับ Gain SW1 ทำหน้าที่ Select Maximum Gain ซึ่งสามารถเลือกได้ 2 ขั้นตอน โดยใช้การต่อเป็น Inverting Amplifier และเอาต์พุต ก็เป็น Inverting เพื่อกลับเฟสของสัญญาณโดยมี Gain Output เป็น “1”

2.6.3 Voltmeter and potentiometer

เป็น Digital Voltmeter วึ่งได้ทำการ Calibrated ในช่วง +10V ถึง -10V การใช้งานเหมือนกับการใช้งานโดยทั่วไป ส่วน Potentiometer P1 และ P2 เป็นตัวปรับแรงดันไฟ DC ตามที่ต้องการโดยจะประกอบด้วย 3 ส่วนมี เอาต์พุต +10 V,-10V และ G (Ground)

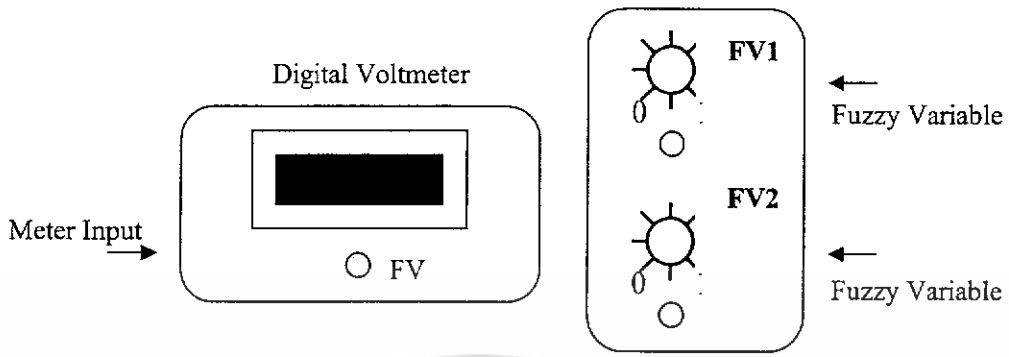


รูปที่ 2.27 แสดง Digital Voltmeter

วงจร Fuzzy Meter

จัดทำขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมืออำนวยความสะดวกให้กับสัญญาณ Fuzzy ซึ่งผลิตจากฟัซซีลอจิกบล็อก ซึ่งประกอบด้วย Fuzzy Digital Voltmeter ในช่วง 0 ถึง 1 มีตัวผลิตสัญญาณ Fuzzy ที่ปรับค่าได้2ตัว คือ fv1 และ fv2 สร้างไว้เพื่อที่จะปรับแหล่งผลิตสัญญาณฟัซซีในช่วง 0 ถึง 1 ด้วยมือ และมันสามารถใช้ตรวจสอบการทำงานของ ฟัซซีลอจิกบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



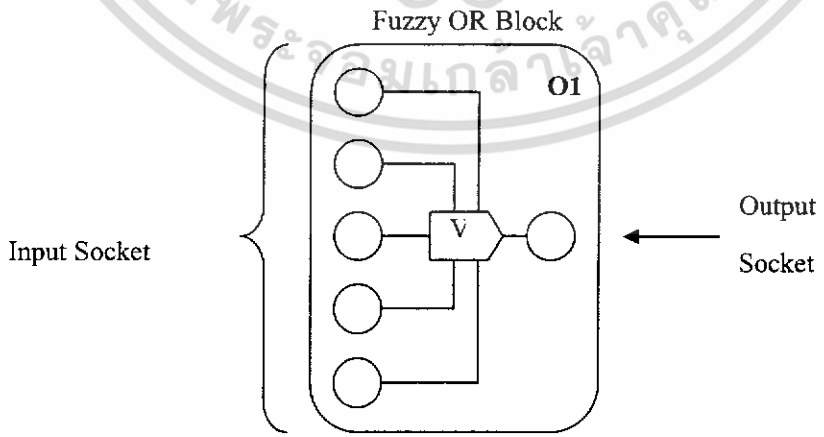
รูปที่ 2.28 แสดง Fuzzy Meter

การทำงานของวงจรส่วนใหญ่ จะบรรจุอยู่ใน IC L7106 ซึ่งประกอบไปด้วยภาคขับจอแสดงผล LCD ขนาด 3 หลักครึ่ง วงจรผลิตความถี่สัญญาณนาฬิกา วงจรเปรียบแรงดัน และส่วนของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอลโดยเริ่มจากขับจอ LCD โดยจะมีขา 21 คอยป้อนสัญญาณพัลส์ออกมาให้กับขาคอม ของจอ LCD เนื่องจากจอ LCD ไม่สามารถขับให้แสดงผลด้วยไปตรงได้ โดยที่ขา 8 ขา12 และ ขา16 จะมีจุดจั้มอยู่ 3 จุด เพื่อใช้ต่อเพื่อเลือกการแสดงผลให้เป็นโวลล์มิเตอร์หรือ 10 โวลล์

2.6.4 วงจร Fuzzy OR

Fuzzy OR จะมีอินพุต 5 ตัว สัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาจะนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณตัวไหนที่มีค่าสูงสุดก็จะออกมาเป็นสัญญาณเอาต์พุต Fuzzy OR จะมีทั้งหมด 5 ตัว

สัญลักษณ์ดูตามรูป



รูปที่ 2.29 แสดง วงจร Fuzzy OR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก Schematic ของวงจร เป็นการต่อแบบ Precision half wave rectifier โดยจะเอาเอาต์พุตทางด้านบวกออกไป โดยที่จะเอาเอาต์พุตของอินพุตที่สูงที่สุดจะไปเปรียบเทียบกราวน์กับเอาต์พุตของอินพุตที่น้อกว่าทำให้ไดโอดที่เอาต์ของอินพุตที่มีแรงดันน้อยอยู่ในสภาวะ Revert Bias ทำให้เอาต์พุตที่ได้จะเป็นค่าอินพุตที่มากที่สุด คือในการป้อนอินพุตทั้ง 5 อินพุตจะทำการเปรียบเทียบเอาค่าอินพุตที่**มากที่สุด**ออกเอาต์พุต

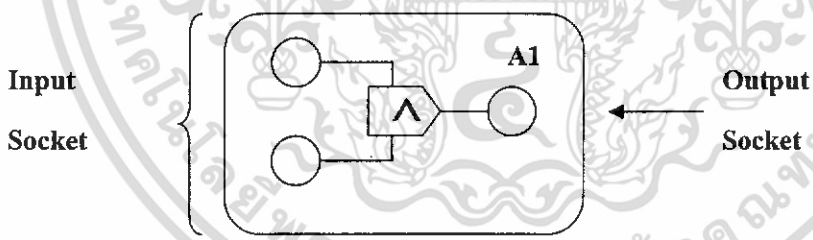
ถ้าให้ $\mu_A(x)$ เป็นสมาชิกของ A และ $\mu_B(x)$ เป็นสมาชิกของ B แล้ว เมื่อนำมา OR กันแล้วจะได้ค่าที่มากที่สุดของสองสมาชิกนี้

$$\mu_{A\,OR\,B} = \mu_A \vee \mu_B = \max(\mu_A, \mu_B)$$

เช่น $\mu_A \vee \mu_B = \min(0.5, 0.1) = 0.5$ เป็นต้น

2.6.5 วงจร Fuzzy AND

Fuzzy AND จะมีสัญญาณอินพุต 2 สัญญาณ และมีสัญญาณเอาต์พุต 1 สัญญาณ สัญญาณอินพุตที่เข้ามาจะมีการเปรียบเทียบกับสัญญาณตัวใดตัวหนึ่งที่มีค่าเล็กที่สุดก็จะออกมาเป็นสัญญาณเอาต์พุต Fuzzy AND จะมีทั้งหมด 6 ตัว สัญลักษณ์ดูตามรูป



รูปที่ 2.30 แสดงวงจร Fuzzy AND

จากรูป Schematic ของวงจร Fuzzy AND เป็นการต่อวงจรแบบ Precision half wave rectifier โดยจะเอาเอาต์พุตทางด้านบวกออก โดยที่เอาต์พุตของอินพุตที่**น้อยที่สุด**จะได้เปรียบเทียบกราวน์กับไดโอดของเอาต์พุตตัวที่สูงกว่าโดยจะทำให้ไดโอดอยู่ในสภาวะ Reverse Bias ทำให้ได้เอาต์พุตเป็นค่าที่**น้อยที่สุด**ออกไป

ถ้าให้ $\mu_A(x)$ เป็นสมาชิกของ A และ $\square_B(x)$ เป็นสมาชิกของ B แล้ว เมื่อนำมา AND กันแล้วจะได้ค่าที่น้อยที่สุดของสองสมาชิกนี้

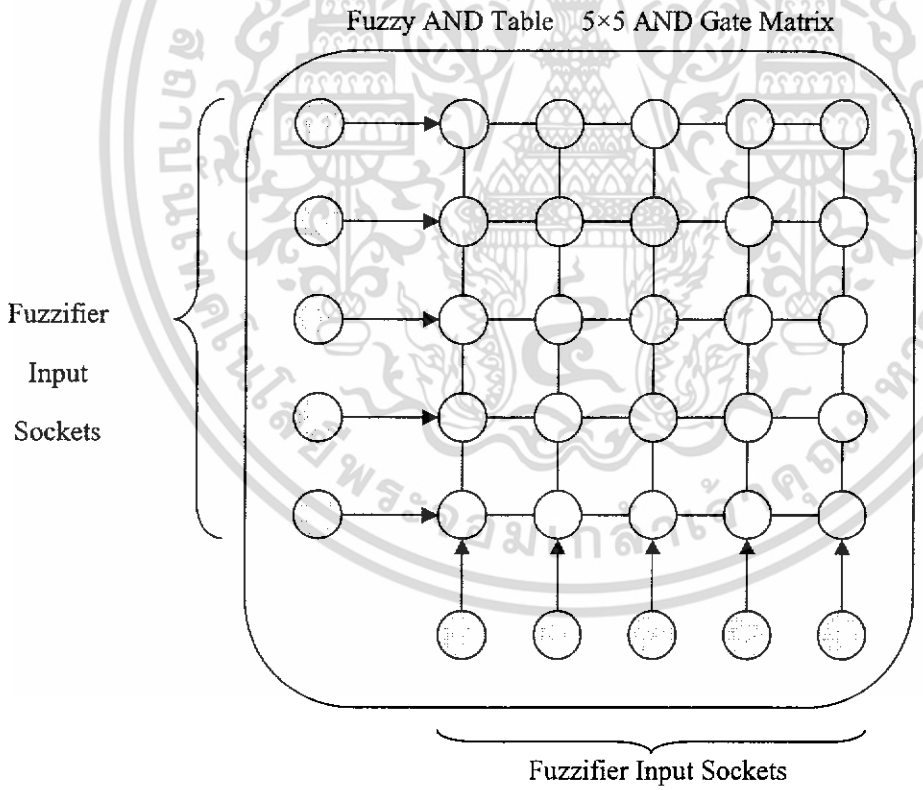
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_{A\ AND\ B} = \mu_A \wedge \mu_B = \min(\mu_A, \mu_B)$$

เช่น $\mu_A \wedge \mu_B = \min(0.5, 0.1) = 0.1$ เป็นต้น

2.6.6 วงจร Fuzzy AND Table

ตามรูป Fuzzy AND Table ใช้สำหรับต่อกับวงจรขนาดใหญ่ที่ต้องการต่อกับ Fuzzy AND หลายๆ บล็อกช่วยให้ง่ายในการต่อวงจร Fuzzy Table จะประกอบไปด้วย Fuzzy 5×5 เมตริกในส่วนของหลักจะมีทั้งหมด 5 อินพุตจะอยู่ทางด้านริมซ้าย และแถวจะมีทั้งหมด 5 อินพุตจะอยู่ขอบล่าง Fuzzy อินพุตสามารถเป็นไปได้ 2×5 และสัญญาณที่ออกมาเป็นไปได้ ทั้ง 25 เอาต์พุต สัญลักษณ์ดูตามรูปที่ 2.31



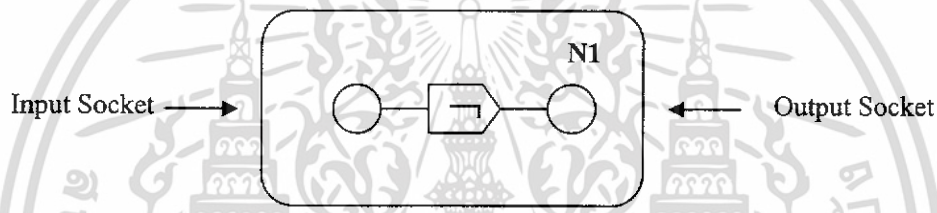
รูปที่ 2.31 แสดงวงจร Fuzzy AND Table

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามรูปวงจรไดโอด 2 ตัวต่อแบบ Comparator โดยเปรียบเทียบเอาแรงดันที่น้อยที่สุดออกเอาต์พุตโดยที่ Transistor ต่อเป็น Buffer ก่อนออกเอาต์พุต

2.6.7 วงจร Fuzzy NOT

Fuzzy NOT มีสัญญาณอินพุต 1 สัญญาณและมีสัญญาณเอาต์พุต 1 สัญญาณเมื่อสัญญาณอินพุตป้อนเข้ามาสัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจะได้ "1 สัญญาณอินพุตที่เข้ามา" Fuzzy NOT มีอยู่ 3 ตัวสัญลักษณ์ดูตามรูป



รูปที่ 2.32 แสดงวงจร Fuzzy NOT

จาก Schematic circuit ของวงจร Fuzzy NOT เริ่มเมื่อรับอินพุต Fuzzy เข้ามาโดยจะผ่านวงจร Buffer และถูก Summing กับ -10V DC และเข้าสู่วงจร Precision half wave rectifier ซึ่งจะทำให้เอาต์พุตที่ได้มีค่าเป็นบวก

2.6.8 วงจร Fuzzifier

Fuzzifier มีอยู่ 2 ตัว คือ F1 และ F2 แต่ละตัวมีอยู่ 5 ระดับสมาชิก ทั้งหมดจะกำหนดเหมือน triangular function เหล่านี้ก็คือ

LP สัญญาณขนาดใหญ่ทางด้านบวก

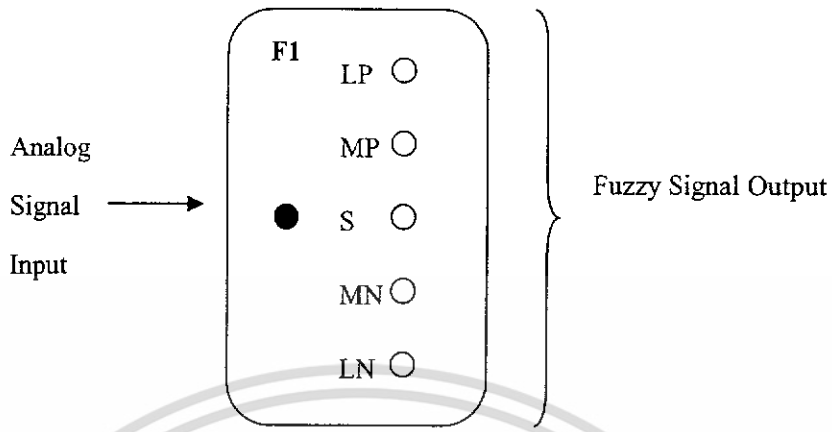
MP สัญญาณขนาดปานกลางทางด้านบวก

S สัญญาณขนาดเล็ก

MN สัญญาณขนาดปานกลางทางด้านลบ

LN สัญญาณขนาดใหญ่ทางด้านบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 สัญลักษณ์ของ Fuzzifier

หลักการทำงาน

หลักการทำงานของวงจรจะแบ่งย่อยตามเอาต์พุต ได้ 5 วงจรซึ่งทั้ง 5 วงจรย่อยรับอินพุตจาก Terminal เดียวกัน ซึ่งเป็น Voltage DC Input ตั้งแต่ -10V ถึง +10 V

วงจรย่อย 1 Large Position (LP)

โดยจะรับอินพุตเข้ามาเข้าวงจรลบ ซึ่งเป็นวงจรผสมระหว่าง Inverting และ Non-Inverting และสามารถปรับ Gain สัญญาณผลต่างได้ในวงจร Large position นี้ V2 = 10 V , RF=150K, R1=75K, R2=5K, RG=10K, V1=Vinput

สูตรการหาวงจรเอาต์พุต Vout=(-RF/R1)V1 + (RG/R2 + RG)(R1 + RF/R1)V2

เข้าสู่วงจร Precision half wave rectifier โดยจะได้เอาต์พุตเป็นลบ ซึ่งเกิดจากการต่อไดโอดทั้ง 2 ตัว D1 และ D2 โดยอาต์พุตของอ๊อฟแอม เป็นบวกจะผ่าน D2 ลงกราวน์เสมือนของอ๊อฟแอม และถ้าเป็นลบจะผ่าน D1 ออกเอาต์พุตไปเข้าวงจร Voltage Follower แบบ Inverting และ บวกกับ -10 V DC ก่อนเข้าวงจร Precision half wave rectifier ซึ่งการต่อไดโอด D3 และ D4 โดยถ้าอินพุตเป็นลบเข้ามาจะผ่าน D4 ลงกราวน์เสมือนของอ๊อปแอมและถ้าอินพุตเป็นบวกจะผ่าน D3 ออกเอาตีพุตเป็นการตรวจสอบเฉพาะไฟบวกออก

วงจรย่อย 2 Medium Position (MP)

โดยจะรับอินพุตมาเข้าวงจรลบ โดย V2=10V, RF=150K, R1=75K, R2=20K, RG=10K, V1=Vinput แล้วเข้าวงจร Precision half wave rectifier โดยมี Gain เป็น "2" เอาต์พุตเป็นลบ แล้วทำการบวกกับเอาต์ที่ออกจากวงจรลบ โดยวงจร Inverting summing Amplifier เอาต์พุตของวงจรจะถูกนำไปบวกกับ -10V เข้ากับวงจร Precision half wave rectifier detect เฉพาะแรงดันบวกออกเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรย่อย 3 Small Position (S)

โดยรับอินพุตเข้ามาเข้าวงจร Inverting Amplifier Gain=2 เอาต์พุตจะเข้าวงจร Precision half wave rectifier โดยมี gain=2 ตรวจสอบแรงดันลบออกเอาต์พุต เอามาบวกกับเอาต์พุตของ Inverting Amplifier โดยวงจร Inverting Summing Amplifier เอาต์พุตของวงจรจะถูกนำไปบวกกับ -10V ก่อนเข้าวงจร Precision half wave rectifier แรงดันบวกออกทางเอาต์พุต

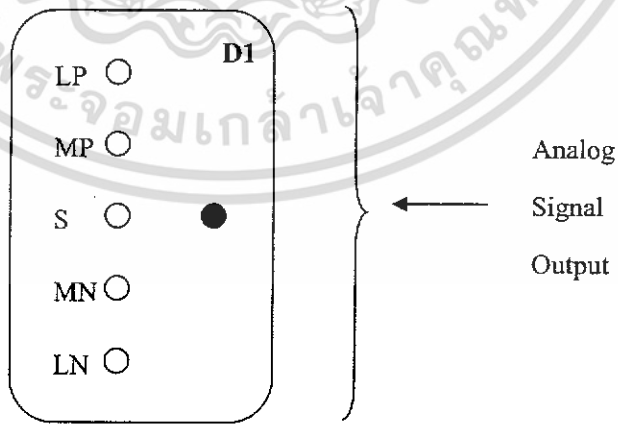
วงจรย่อย 4 Medium Negative (MN)

รับอินพุตเข้ามายังวงจรแรงดันลบโดย V=10V, RF=150K, R1=75K, R2=20K, RG=10K, V1=Vinput เอาต์พุตของวงจรจะไปเข้าวงจร Precision half wave rectifier โดยจะตรวจสอบแรงดันลบออกเอาต์พุต มาทำการบวกกับเอาต์พุตของวงจรแรงดันลบ โดยวงจร Inverting Summing Amplifier เอาต์พุตของวงจรจะนำมาบวกกับ -10V ก่อนเข้าวงจร Precision half wave rectifier โดยจะตรวจสอบแรงดันบวกออกทางเอาต์พุต

วงจรย่อย 5 Large Negative (LN)

รับอินพุตเข้ามาทางวงจรลบ โดย V2=10V, RF=150K, R1=75K, R2=5K, RG=10K, V1=Vinput เอาต์พุตของวงจรจะไปเข้าวงจร Precision half wave rectifier โดยจะตรวจสอบแรงดันบวกออกเอาต์พุตแล้วนำไปบวกกับ -10V เข้ากับวงจร Precision half wave rectifier โดยจะตรวจสอบเอาแรงดันบวกออกเอาต์พุต

2.6.9 วงจร Defuzzifier



รูปที่ 2.34 สัญลักษณ์ของ Defuzzifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัว Defuzzification มีอินพุตประกอบด้วย 5 อินพุต คือ LP, MP, S, MN และ LN และเอาต์พุต 1 เอาต์พุต มีหลักการทำงานเหมือนกับตัว Fuzzification แต่ทำงานตรงกันข้ามกันซึ่งเราจะสังเกตได้จากตัววงจรที่มีลักษณะกลับกัน ตัว Defuzzification จะรับสัญญาณฟัซซี 5 ระดับเข้ามา สัญญาณดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณอนาลอค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การทดลอง

การทดลองที่ 1 : Fuzzy Membership

วัตถุประสงค์ : เพื่อสังเกตการจัดระดับของตัวแปรฟัซซีทั้งห้าจากตัวฟัซซิฟิเคชั่น (Fuzzification) เมื่อถูกป้อนสัญญาณและความต่างศักย์ โดยทำการทดลองทีละตัวแปรจาก 5 ตัวแปรเปรียบเทียบและสรุปผล

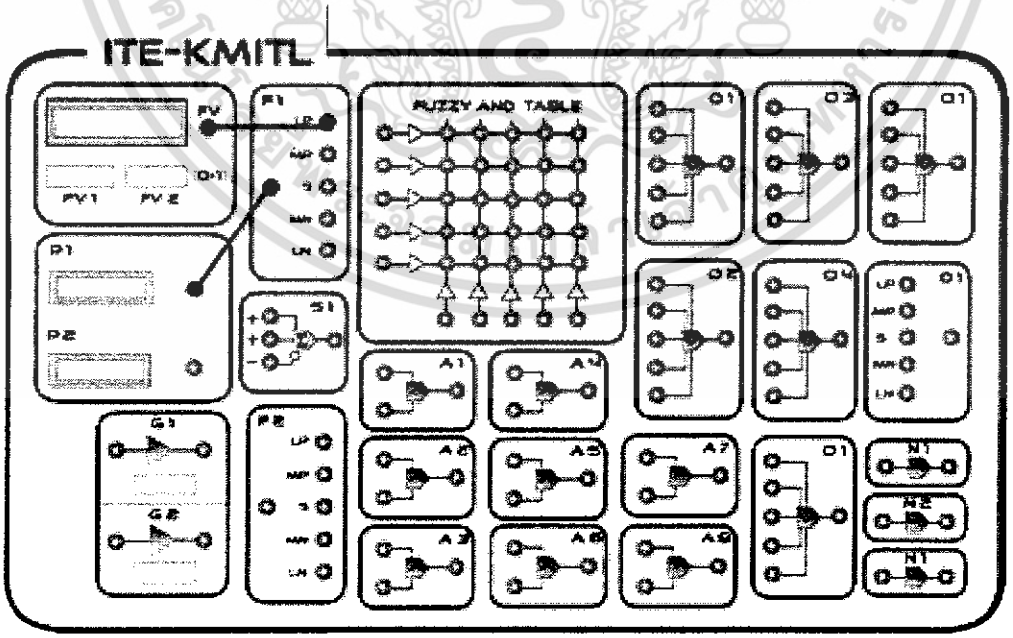
ขั้นตอนการดำเนินงาน : เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังที่แสดงอยู่ใน รูปที่ 2.35

การกำหนดค่าเริ่มต้น :

ป้อนความต่างศักย์ -10 โวลต์ ให้แก่อินพุตของตัวฟัซซิฟิเคชั่น ดูการเปลี่ยนแปลงและการจัดระดับของตัวแปรที่เอาต์พุตทั้งห้า อันได้แก่ LP (Large positive), MP (Medium positive), S (Small), MN (Medium negative) and LN (Large negative) แล้วบันทึกผลการทดลองในตาราง หลังจากนั้นเพิ่มค่าความต่างศักย์ไปทีละหนึ่ง จนกระทั่งความต่างศักย์เท่ากับ 10 โวลต์ กดดูกราฟจากผลการทดลองที่บันทึกในตาราง

ผลลัพธ์และสรุปผลการทดลอง :

เปรียบเทียบลักษณะรูปร่างการจัดระดับของตัวแปรทั้งห้าพร้อมสรุปผล



รูปที่ 2.35 แสดงการต่อวงจร Fuzzy membership

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 2 : Defuzzification

วัตถุประสงค์ : เพื่อสังเกตการเปลี่ยนกลับของตัวแปรฟัซซีไปเป็นสัญญาณอนาล็อกโดยตัวดีฟัซซิฟิเคชั่น

ขั้นตอนการดำเนินงาน : เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่แสดงอยู่ใน รูปที่ 2.36

การกำหนดค่าเริ่มต้น :
ตั้งค่าความต่างศักย์ของตัวแปรฟัซซี fv1 ที่ 0
ตั้งค่าความต่างศักย์ของตัวแปรฟัซซี fv2 ที่ 1

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการทำงานของตัวดีฟัซซิฟิเคชั่นจากการสังเกตสัญญาณที่เอาต์พุตซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามการเชื่อมต่อในแต่ละตัวแปรฟัซซี เนื่องจากมีการรวมกันของตัวแปรฟัซซีได้หลากหลาย ดังนั้นเราจะสนใจเฉพาะกรณีที่จะแสดงให้เห็นการทำงานพื้นฐานของตัวดีฟัซซิฟิเคชั่นเท่านั้น

ตรวจสอบตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 1 ซึ่งถูกเชื่อมต่อไปยังอินพุต MP ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าสัญญาณดีฟัซซิฟิเคชั่นในแต่ละขั้นตอนและบันทึกค่า

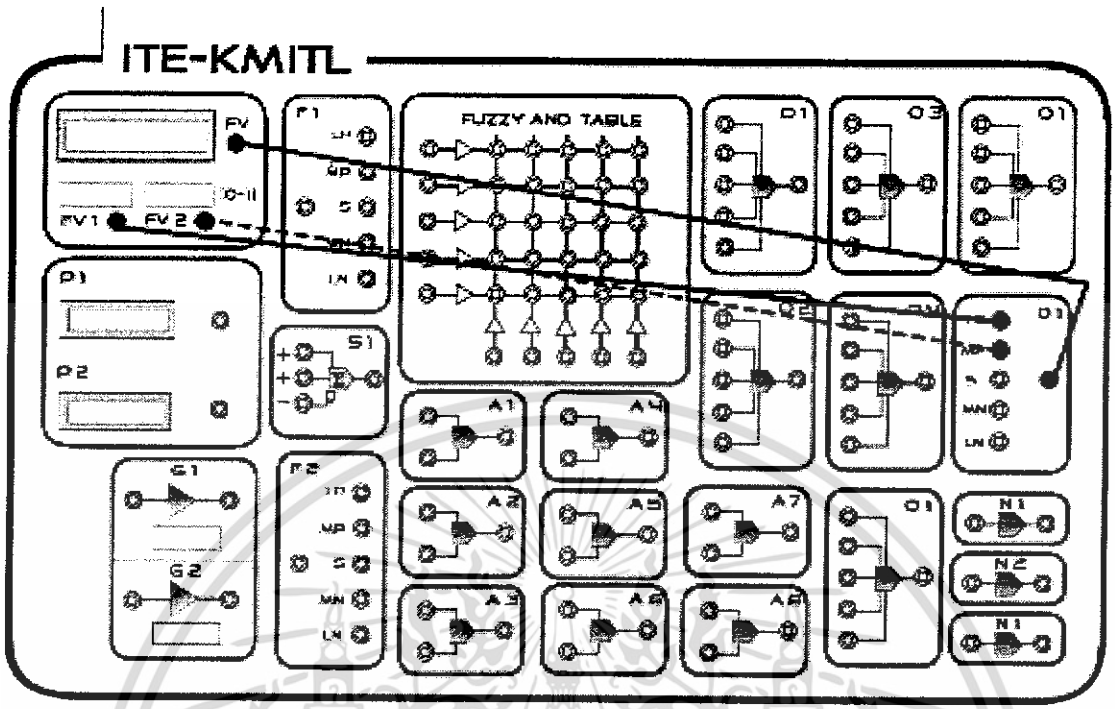
ตรวจสอบตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 1 ซึ่งถูกเชื่อมต่อไปยังอินพุต S ทำการตั้งค่า fv1 ให้เท่ากับ 0 และเพิ่มค่า fv1 จาก 0 ไปถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าสัญญาณดีฟัซซิฟิเคชั่นในแต่ละขั้นตอนและบันทึกค่า

ตรวจสอบตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 1 ซึ่งถูกเชื่อมต่อไปยังอินพุต MN ทำการตั้งค่า fv1 ให้เท่ากับ 0 และเพิ่มค่า fv1 จาก 0 ไปถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าสัญญาณดีฟัซซิฟิเคชั่นในแต่ละขั้นตอนและบันทึกค่า

ตรวจสอบตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 1 ซึ่งถูกเชื่อมต่อไปยังอินพุต LP ทำการตั้งค่า fv1 ให้เท่ากับ 0 และเพิ่มค่า fv1 จาก 0 ไปถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าสัญญาณดีฟัซซิฟิเคชั่นในแต่ละขั้นตอนและบันทึกค่า

ผลลัพธ์และสรุปผลการทดลอง :
เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับค่าทางทฤษฎีโดยใช้สมการดีฟัซซิฟิเคชั่น ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 แสดงการต่อวงจร Defuzzification

การทดลองที่ 3 : Fuzzy Logic Operators : AND and NOT

วัตถุประสงค์ : เพื่อสังเกตการดำเนินการของตรรกศาสตร์ฟัซซี AND และ NOT

ส่วนที่ 1 : ฟัซซี AND

ขั้นตอนการดำเนินงาน : เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่แสดงอยู่ใน รูปที่ 2.37

การกำหนดค่าเริ่มต้น :

ตั้งค่าความต่างศักย์ของตัวแปรฟัซซี fv1 ที่ 0

ตั้งค่าความต่างศักย์ของตัวแปรฟัซซี fv2 ที่ 0.2

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการทำงานของฟัซซี AND ที่ดำเนินการกับตัวแปรฟัซซีอินพุต (fv1) เนื่องจากมีการรวมกันของตัวแปรฟัซซีได้หลากหลาย ดังนั้นเราจะสนใจเฉพาะกรณีที่จะแสดงให้เห็นการทำงานพื้นฐานของตัวฟัซซี AND เท่านั้น

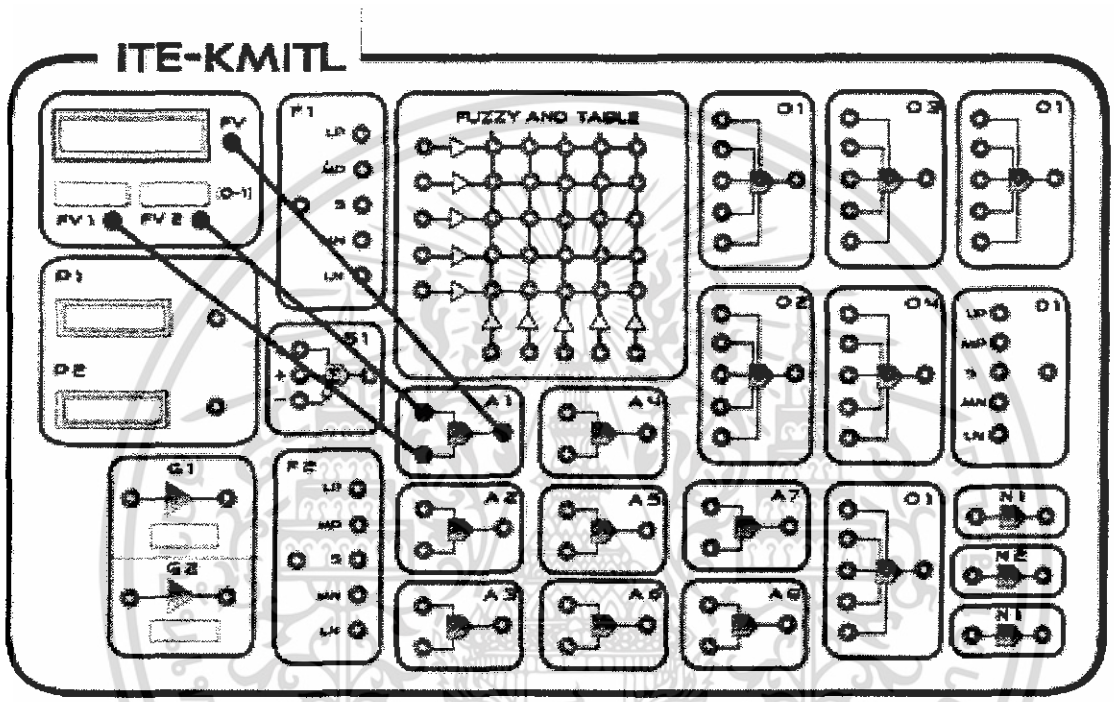
ตรวจสอบตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.2 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี AND ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่า

กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.4 ทำการเพิ่มค่า fv1 จาก 0 ไปถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี AND ในแต่ละขั้นตอนและบันทึกค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.6 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี AND ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่า

กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.8 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี AND ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่า



รูปที่ 2.37 แสดงการต่อวงจรFuzzy AND

ส่วนที่ 2 : ฟัซซี AND และ ฟัซซี NOT

ขั้นตอนการดำเนินงาน : เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่แสดงอยู่ใน รูปที่ 2.38

การกำหนดค่าเริ่มต้น :

ตั้งค่าความต่างศักย์ของตัวแปรฟัซซี fv1 ที่ 0

ตั้งค่าความต่างศักย์ของตัวแปรฟัซซี fv2 ที่ 0.2

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการทำงานของฟัซซี AND ที่ดำเนินการกับตัวแปรฟัซซีอินพุต (fv1) เมื่อเชื่อมรวมพร้อมกันกับฟัซซี NOT เนื่องจากมีการรวมกันของตัวแปรฟัซซีได้หลากหลาย ดังนั้นเราจะสนใจเฉพาะกรณีที่จะแสดงให้เห็นการทำงานพื้นฐานของตัวฟัซซี AND และฟัซซี NOT เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจสอบตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.2 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี NOT ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่าในคอลัมน์ที่ 2 ของตาราง

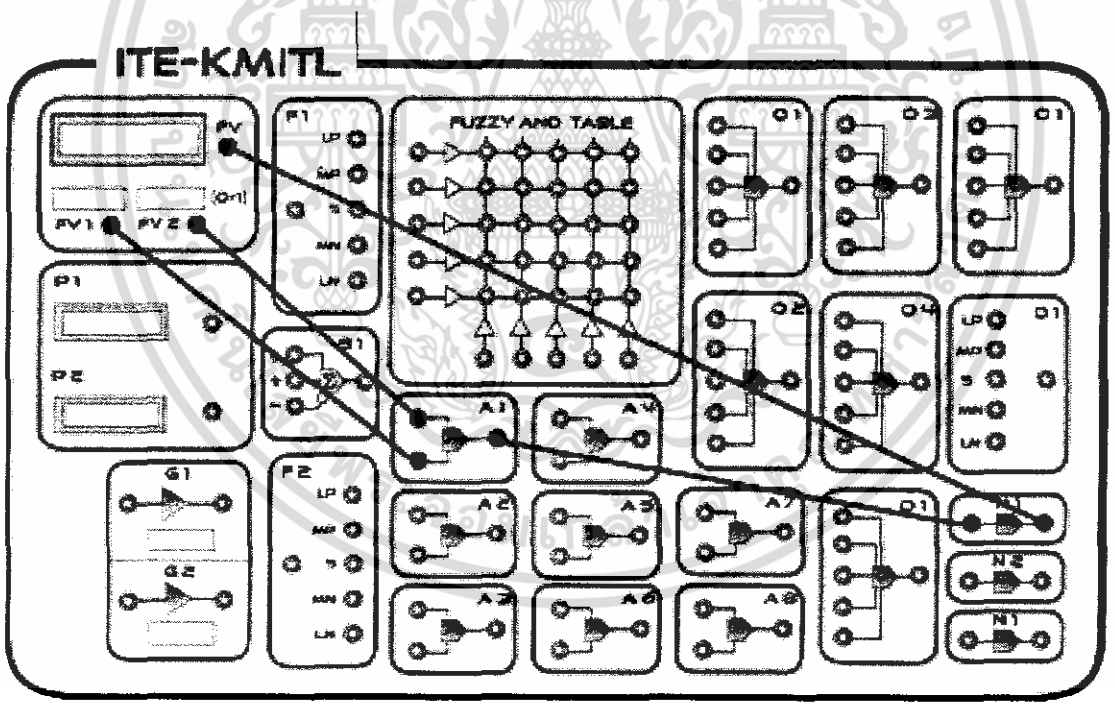
กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.4 ทำการเพิ่มค่า fv1 จาก 0 ไปถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี NOT ในแต่ละขั้นตอนและบันทึกค่าในคอลัมน์ที่ 3 ของตาราง

กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.6 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี NOT ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่าในคอลัมน์ที่ 4 ของตาราง

กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.8 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี NOT ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่าในคอลัมน์ที่ 5 ของตาราง

ผลลัพธ์และสรุปผลการทดลอง :

เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับค่าทางทฤษฎีโดยใช้สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟัซซีAND และ ฟัซซี NOT ดังนี้



รูปที่ 2.38 แสดงการต่อวงจรFuzzy AND and Fuzzy NOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4 : Fuzzy Logic Operators : OR and NOT

วัตถุประสงค์ : เพื่อสังเกตการดำเนินการของตรรกศาสตร์ฟัซซี OR และ NOT

ส่วนที่ 1 : ฟัซซี OR

ขั้นตอนการดำเนินงาน : เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่แสดงอยู่ใน รูปที่ 2.39

การกำหนดค่าเริ่มต้น :

ตั้งค่าความต่างศักย์ของตัวแปรฟัซซี fv1 ที่ 0

ตั้งค่าความต่างศักย์ของตัวแปรฟัซซี fv2 ที่ 0.2

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการทำงานของฟัซซี OR ที่ดำเนินการกับตัวแปรฟัซซีอินพุต (fv1) เนื่องจากมีการรวมกันของตัวแปรฟัซซีได้หลากหลาย ดังนั้นเราจะสนใจเฉพาะกรณีที่จะแสดงให้เห็นการทำงานพื้นฐานของตัวฟัซซี OR เท่านั้น

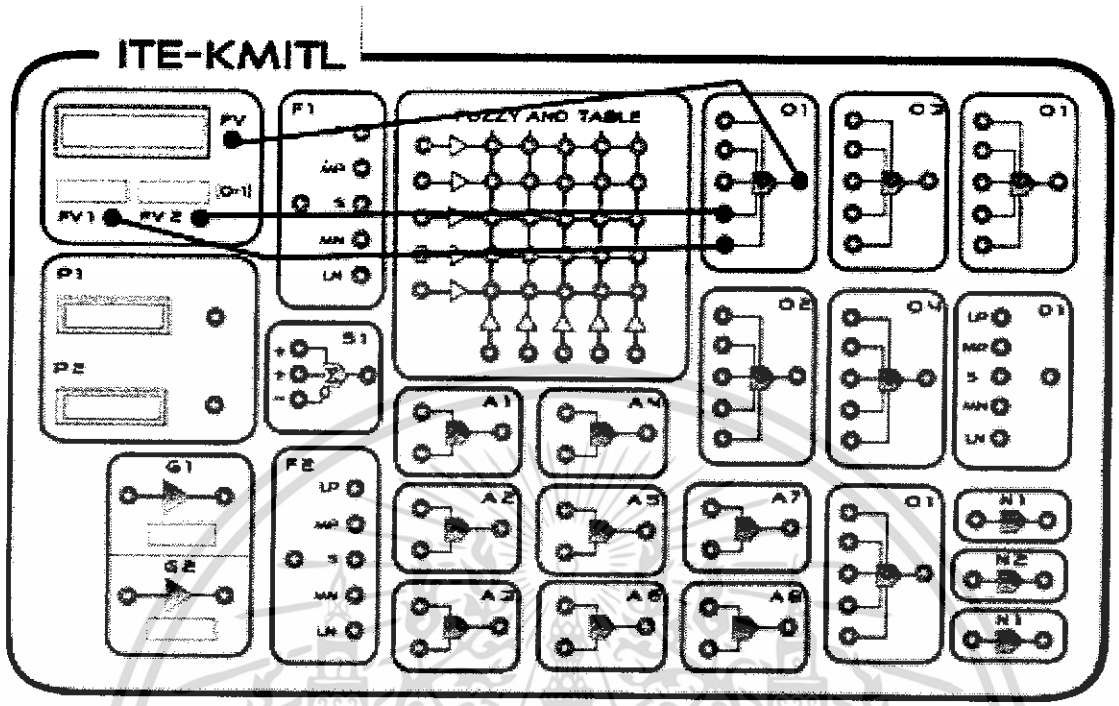
ตรวจสอบตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.2 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี OR ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่า

กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.4 ทำการเพิ่มค่า fv1 จาก 0 ไปถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี OR ในแต่ละขั้นตอนและบันทึกค่า

กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.6 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี OR ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่า

กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.8 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี OR ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.39 แสดงการต่อวงจรFuzzy OR

ส่วนที่ 2 : ฟัซซี OR และ ฟัซซี NOT

ขั้นตอนการดำเนินงาน : เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่แสดงอยู่ใน รูปที่ 2.40

การกำหนดค่าเริ่มต้น :

ตั้งค่าความต่างศักย์ของตัวแปรฟัซซี fv1 ที่ 0

ตั้งค่าความต่างศักย์ของตัวแปรฟัซซี fv2 ที่ 0.2

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการทำงานของฟัซซี OR ที่ดำเนินการกับตัวแปรฟัซซีอินพุต (fv1) เมื่อเชื่อมรวมพร้อมกันกับฟัซซี NOT เนื่องจากมีการรวมกันของตัวแปรฟัซซีได้หลากหลาย ดังนั้นเราจะสนใจเฉพาะกรณีที่จะแสดงให้เห็นการทำงานพื้นฐานของตัวฟัซซี OR และฟัซซี NOT เท่านั้น

ตรวจสอบตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.2 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี NOT ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่า

กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.4 ทำการเพิ่มค่า fv1 จาก 0 ไปถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี NOT ในแต่ละขั้นตอนและบันทึกค่า

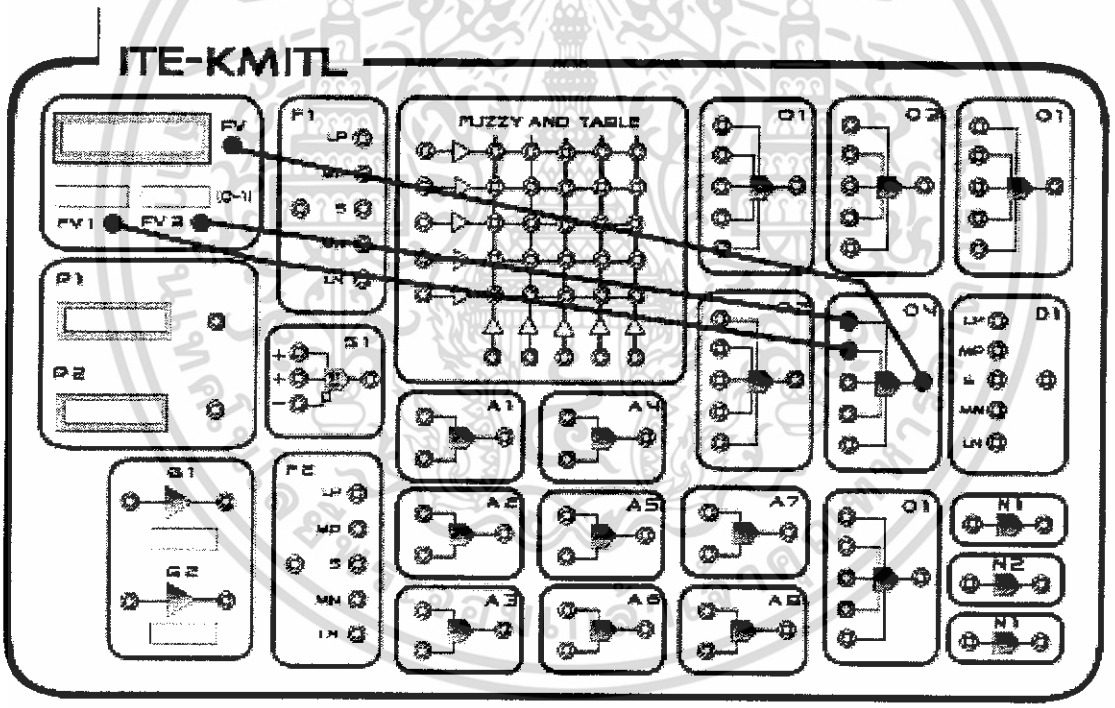
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.6 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี NOT ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่า

กำหนดตัวแปรฟัซซี fv2 ให้มีค่าเป็น 0.8 ทำการเพิ่มค่า fv 1 จาก 0 ถึง 1 ที่ละ 0.1 ขั้น อ่านค่าเอาต์พุตของสัญญาณฟัซซี NOT ในแต่ละขั้นพร้อมบันทึกค่า

ผลลัพธ์และสรุปผลการทดลอง :

เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับค่าทางทฤษฎีโดยใช้สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟัซซี OR และฟัซซี NOT ดังนี้



รูปที่ 2.40 แสดงการต่อวงจรFuzzy OR and Fuzzy NOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 5: Fuzzy Washing Machine Cycle

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษากระบวนการที่ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันของตรรกศาสตร์ฟัซซี โดยทำการจัดเตรียมวงจรจำลองระบบควบคุมความร้อนสำหรับรอบการทำงานของเครื่องซักผ้า

ส่วนที่ 1: ควบคุมความร้อน เฉพาะเวลา

ขั้นตอนการดำเนินงาน : เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่แสดงอยู่ใน รูปที่ 2.41

การกำหนดค่าเริ่มต้น :

ปรับค่าความต่างศักย์ของตัวป้อนความต่างศักย์ (P1) ให้เท่ากับ 0

การทดลองนี้เป็นการศึกษาตัวควบคุมด้วยตรรกศาสตร์ฟัซซีโดยการปรับการจ่ายพลังงานให้แก่ตัวควบคุมความร้อนที่แปรผันตามเวลาในรอบการซักผ้าเป็นหลัก ตัวป้อนความต่างศักย์(P1) จะแทนช่วงเวลาในรอบการซักผ้า (โดยที่ 0โวลต์ แทนเวลาเริ่มต้น และที่ 5โวลต์ แทนช่วงครึ่งเวลาแรก และ 10โวลต์ แทนช่วงเวลาทั้งหมด) ค่าเอาท์พุตของตัวดีฟัซซีฟายเออร์ (U) จะให้สัญญาณส่งไปที่หน่วยควบคุมความร้อน (โดย 0โวลต์ คือ ไม่มีพลังงาน 5โวลต์ คือพลังงานปานกลาง และ 10 โวลต์ คือพลังงานทั้งหมด)

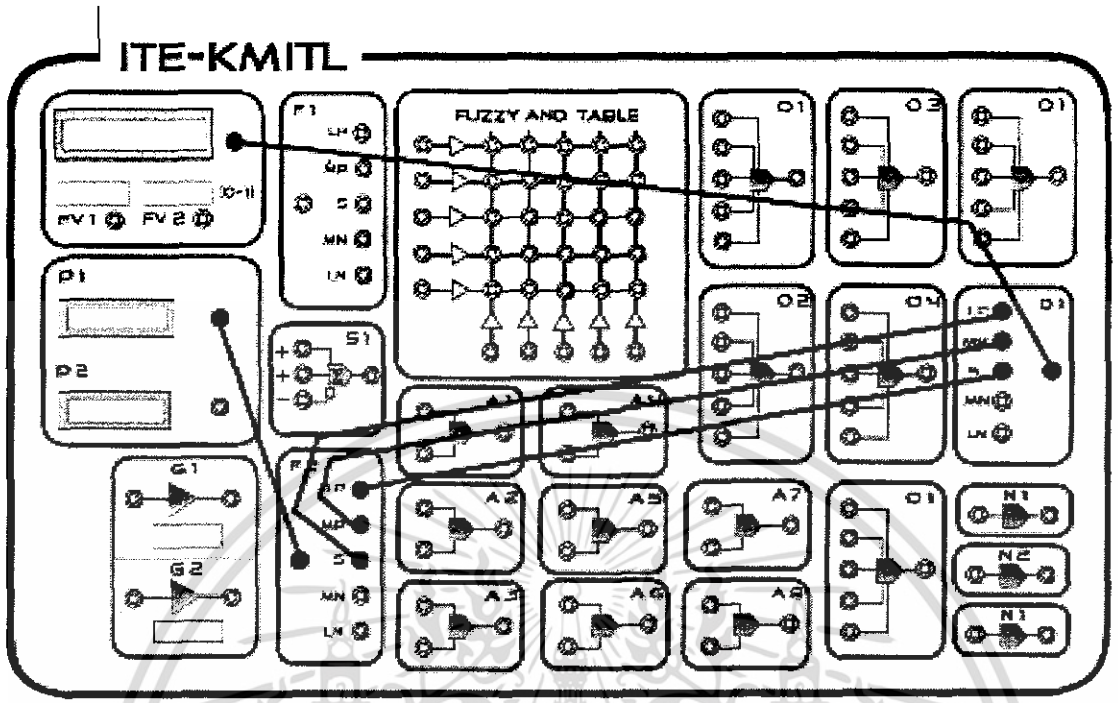
กฎของตรรกศาสตร์ฟัซซีจะสอดคล้องกลับการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ดังแสดงในตัวอย่าง และจะใช้ตัวป้อนความต่างศักย์ (P1) และ U ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น

กฎข้อที่ 1: ถ้า (ช่วงเวลาน้อย) แล้ว (การจ่ายพลังงานมาก)
กฎข้อที่ 2: ถ้า (ช่วงเวลาปานกลาง) แล้ว (การจ่ายพลังงานปานกลาง)
กฎข้อที่ 3: ถ้า (ช่วงเวลามาก) แล้ว (การจ่ายพลังงานเล็กน้อย)

การควบคุมวงจรการซักผ้าควรเริ่มต้นจากการจ่ายพลังงานมากและค่อยๆลดลงตามช่วงเวลาในการดำเนินการ

P1 = 0โวลต์ บันทึกค่าเอาท์พุตของดีฟัซซีฟายเออร์ U และผลลัพธ์ลงในตาราง จากนั้นเพิ่มค่าความต่างศักย์ P1 ทีละขั้นดังตารางตั้งแต่ 1โวลต์ ถึง 10โวลต์ และบันทึกค่าเอาท์พุตดีฟัซซีฟายเออร์ลงในตาราง เมื่อบันทึกผลการทดลองครบทุกขั้นแล้ว กดปุ่ม View graph เพื่อแสดงกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.41 แสดงการต่อวงจร Heater control (Time only)

ส่วนที่ 2 : การควบคุมความร้อน (การควบคุมเวลาด้วยอุณหภูมิของน้ำ)

ขั้นตอนการดำเนินงาน : เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่แสดงอยู่ใน รูปที่ 2.42

การกำหนดค่าเริ่มต้น :

กำหนดค่าความต่างศักย์ของ P1 ที่ 0 โวลต์

กำหนดค่าความต่างศักย์ของ P2 ที่ 10 โวลต์

การทดลองนี้เป็นการศึกษาตัวควบคุมด้วยตรรกศาสตร์ฟัซซีโดยการจ่ายพลังงานให้แก่ตัวควบคุมความร้อนของเครื่องซักผ้าที่แปรผันตามทั้งเวลาในรอบการซักผ้าและอุณหภูมิของน้ำ ตัวป้อนความต่างศักย์ตัวที่หนึ่ง(P1) จะแทนช่วงเวลาในรอบการซักผ้า (โดยที่ 0โวลต์ แทนเวลาเริ่มต้น และที่ 5โวลต์ แทนช่วงครึ่งเวลาแรก และ 10โวลต์ แทนช่วงเวลาทั้งหมด) ตัวป้อนความต่างศักย์ตัวที่สอง (P2) จะแทนอุณหภูมิของน้ำ (โดยที่ 0โวลต์ แทนอุณหภูมิต่ำ และที่ 5โวลต์ แทนอุณหภูมิปานกลางและ 10โวลต์ แทนอุณหภูมิสูง) ค่าเอาท์พุตของตัวดีฟัซซีฟายเออร์ (U) จะให้สัญญาณ ส่งไปที่หน่วยควบคุมความร้อน (โดย 0โวลต์ คือไม่มีพลังงาน 5โวลต์ คือพลังงานปานกลาง และ 10โวลต์ คือพลังงานทั้งหมด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎของตรรกศาสตร์ฟัซซีจะสอดคล้องกลับการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ดังแสดงในตัวอย่าง และจะใช้ตัวป้อนความต่างศักย์ตัวที่หนึ่งและสอง (P1, P2) และ U ที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น

กฎข้อที่ 1: ถ้า (วงจรเวลาน้อย) แล้ว (การจ่ายพลังงานมาก)

กฎข้อที่ 2: ถ้า (วงจรเวลาปานกลาง) แล้ว (การจ่ายพลังงานปานกลาง)

กฎข้อที่ 3: ถ้า (วงจรเวลามาก) หรือ (อุณหภูมิของน้ำสูง) แล้ว (การจ่ายพลังงานน้อย)

การควบคุมรอบของการซักผ้าควรเริ่มต้นจากการจ่ายพลังงานมากและค่อยๆลดลงตามช่วงเวลาในการดำเนินการ อย่างไรก็ตามถ้าอุณหภูมิของน้ำสูง ฟัซซี OR จะทำให้สัญญาณจากตัวควบคุมพลังงานความร้อนจะลดลง ตามกฎข้อที่ 3

ตั้งค่า P2 = 10โวลต์ (ซึ่งสอดคล้องกับน้ำที่มีอุณหภูมิสูงมาก) กำหนดค่า P1 = 0โวลต์ โดยบันทึกค่าเอาท์พุตดีฟัซซีฟายเออร์ U และบันทึกผลลัพธ์ลงในคอลัมน์ที่ 2 ของตาราง จากนั้นเพิ่มค่าความต่างศักย์ทีละขั้นตั้งแต่ 1โวลต์ ถึง 10โวลต์ พร้อมบันทึกค่าเอาท์พุตของดีฟัซซีฟายเออร์ แต่ละขั้นลงในตาราง

ตั้งค่า P2 = 8โวลต์ (ซึ่งสอดคล้องกับน้ำที่มีอุณหภูมิสูง) กำหนดค่า P1 = 0โวลต์ โดยบันทึกค่าเอาท์พุตดีฟัซซีฟายเออร์ U และบันทึกผลลัพธ์ลงในคอลัมน์ที่ 3 ของตาราง จากนั้นเพิ่มค่าความต่างศักย์ทีละขั้นตั้งแต่ 1โวลต์ ถึง 10โวลต์ พร้อมบันทึกค่าเอาท์พุตของดีฟัซซีฟายเออร์ แต่ละขั้นลงในตาราง

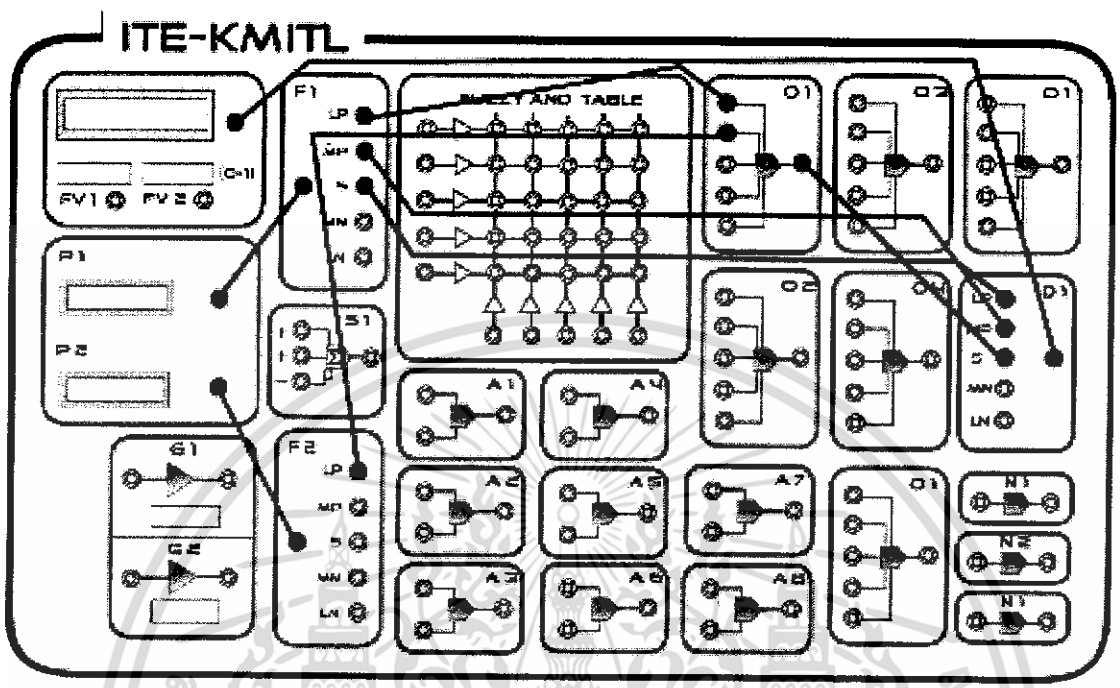
ตั้งค่า P2 = 6โวลต์ (ซึ่งสอดคล้องกับน้ำที่มีอุณหภูมิอุ่นมาก) กำหนดค่า P1 = 0โวลต์ โดยบันทึกค่าเอาท์พุตดีฟัซซีฟายเออร์ U และบันทึกผลลัพธ์ลงในคอลัมน์ที่ 4 ของตาราง จากนั้นเพิ่มค่าความต่างศักย์ทีละขั้นตั้งแต่ 1โวลต์ ถึง 10โวลต์ พร้อมบันทึกค่าเอาท์พุตของดีฟัซซีฟายเออร์ แต่ละขั้นลงในตาราง

ตั้งค่า P2 = 5โวลต์ (ซึ่งสอดคล้องกับน้ำที่มีอุณหภูมิอุ่น) กำหนดค่า P1 = 0โวลต์ โดยบันทึกค่าเอาท์พุตดีฟัซซีฟายเออร์ U และบันทึกผลลัพธ์ลงในคอลัมน์ที่ 5 ของตาราง จากนั้นเพิ่มค่าความต่างศักย์ทีละขั้นตั้งแต่ 1โวลต์ ถึง 10โวลต์ พร้อมบันทึกค่าเอาท์พุตของดีฟัซซีฟายเออร์ แต่ละขั้นลงในตาราง

ผลลัพธ์และสรุปผลการทดลอง :

เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับผลลัพธ์ที่คุณคาดว่าจะเกิดจากระบบการควบคุมแบบฟัซซีและสิ่งที่คุณคาดว่าจะเกิดจากเครื่องซักผ้าเมื่อเริ่มใส่น้ำเย็นและค่อยๆทำให้น้ำอุ่นตามขั้นตอนแรกของรอบการซักผ้าจนกระทั่งกลายเป็นน้ำเย็นอีกครั้งซึ่งคือจบกระบวนการทำงานของเครื่องซักผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 แสดงการต่อวงจร Heater control (Time control with water temperature)

การทดลองที่ 6 : Fuzzy Camera Exposure Compensation : Direct Fuzzy Rule Implementation.

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษากระบวนการที่มีปฏิสัมพันธ์กันของตรรกศาสตร์ฟัซซี โดยทำการจัดเตรียมระบบควบคุมการจำลองทางตรรกศาสตร์ฟัซซีสำหรับตัวชดเชยการปล่อยแสงของกล้องถ่ายรูป โดยจะทำงานโดยตรงกับกฎที่กำหนดให้

ขั้นตอนการดำเนินงาน : เชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่แสดงอยู่ใน รูปที่ 2.43

อธิบายหลักการทำงาน :

ตั้งค่าความต่างศักย์ของ P1 ที่ 0

ตั้งค่าความต่างศักย์ของ P2 ที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางตรวจสอบการเชื่อมต่อวงจร

Connect From	To
Classifier C1, LP	And1, Or1
Classifier C1, MP	Or3, And1
Classifier C1, S	Or3, And4, And5
Classifier C2, LP	Or2, And4
Classifier C2, MP	Or2, And5
Classifier C2, S	And1, And2
And1	Defuzzifier LP
Or3	And2
Or1	And3
Or2	And3
And4	Defuzzifier LN
And5	Defuzzifier MN
And2	Defuzzifier MP
And3	Defuzzifier S

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการควบคุมทางตรรกศาสตร์ฟัซซีของตัวชดเชยการปล่อยแสงในกล้องถ่ายรูปอัตโนมัติ จุดมุ่งหมายก็คือการส่งสัญญาณชดเชยการปล่อยแสงให้กับตัววงจรควบคุมของกล้องโดยอัตโนมัติ การควบคุมจะขึ้นอยู่กับการวัดระดับของกลุ่มแสงไฟด้านหน้าและระดับของกลุ่มแสงไฟด้านหลัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเฟรมของกล้องถ่ายรูปและกล้องถ่ายวิดิโอ เราจะแทนตัวป้อนความต่างศักย์ตัวที่หนึ่ง(P1) เป็นระดับแสงไฟด้านหลัง (0 โวลต์ = เล็กน้อย, 5 โวลต์= ปานกลาง, 10โวลต์ = มาก) แทนตัวป้อนความต่างศักย์ตัวที่สอง (P2) เป็นระดับแสงไฟด้านหน้า (0 โวลต์ = เล็กน้อย, 5 โวลต์= ปานกลาง, 10โวลต์ = มาก) เอาต์พุตของตัวดีฟัซซิไฟเออร์ (u) จะแทนการควบคุมสัญญาณที่ถูกส่งให้กับหน่วยควบคุมแสง

i) การชดเชย large negative = -10 โวลต์

ii) การชดเชย medium negative = -5 โวลต์

iii) การชดเชย small = 0 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

iv) การชดเชย medium = 5 โวลต์

v) การชดเชย large = 10 โวลต์

กฎทางตรรกศาสตร์ฟัซซีจะสอดคล้องกับรูปภาพการเชื่อมโยงดังที่แสดงในรูปข้างล่าง และสามารถอธิบายโดยใช้สัญญลักษณ์แสดงได้ดังนี้

BL = Back lighting large

BM = Back lighting medium

BS = Back lighting small

FL = Front lighting large

FM = Front lighting medium

FS = Front lighting small

กฎข้อที่ 1: ถ้า (BL) และ (FS) แล้ว (การชดเชยมาก)

กฎข้อที่ 2: ถ้า (BM) และ (FS) แล้ว (การชดเชยปานกลาง)

กฎข้อที่ 3: ถ้า (BS) และ (FS) แล้ว (การชดเชยปานกลาง)

กฎข้อที่ 4: ถ้า (BL) และ (FM) แล้ว (การชดเชยน้อย)

กฎข้อที่ 5: ถ้า (BM) และ (FM) แล้ว (การชดเชยน้อย)

กฎข้อที่ 6: ถ้า (BS) และ (FM) แล้ว (การชดเชยปานกลางด้านลบ)

กฎข้อที่ 7: ถ้า (BL) และ (FL) แล้ว (การชดเชยน้อย)

กฎข้อที่ 8: ถ้า (BM) และ (FL) แล้ว (การชดเชยน้อย)

กฎข้อที่ 9: ถ้า (BS) และ (FL) แล้ว (การชดเชยมากด้านลบ)

จากกฎของฟัซซี การชดเชยจะมีมากเมื่อระดับแสงด้านหลังมากขึ้นและแสงด้านหน้าน้อยลง ในทางกลับกันเมื่อระดับแสงด้านหลังน้อยลงและแสงด้านหน้ามากขึ้น การชดเชยของแสงจะค่อยๆ ลดลง

ขั้นตอนการทำการทดลอง :

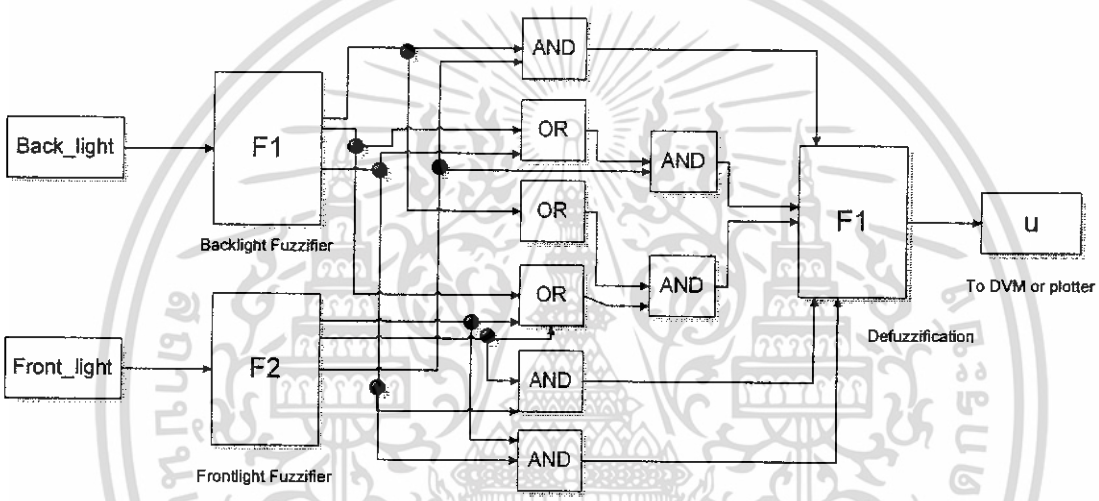
กำหนดให้ค่า P2 = 0 โวลต์ (แสงไฟด้านหน้าเป็นศูนย์) และค่า P = 0 โวลต์ (แสงไฟด้านหลังเป็นศูนย์) บันทึกค่าสัญญาณเอาต์พุตของตัวดีฟัซซิฟิเคชั่น u ลงในตาราง แล้วเพิ่มค่า P1 ทีละขั้น จาก 1 โวลต์ ถึง 10 โวลต์ บันทึกผลการทดลองทีละขั้นลงในตาราง เมื่อใส่ผลการทดลองเรียบร้อยแล้วคลิกดูกราฟที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลองซ้ำไปเรื่อยๆตามข้างต้นโดยเปลี่ยนค่า P2 เป็น 2 โวลต์, 4 โวลต์, 6 โวลต์ และ 8 โวลต์

สรุปผลการทดลอง :

เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่คุณคาดว่าจะเกิดจากระบบการควบคุมแบบฟัซซีและผลลัพธ์ที่คุณคาดว่าจะเกิดจากระบบการชดเชยการปล่อยแสงของกล้องถ่ายรูป



รูปที่ 2.43 แสดงการต่อวงจร Fuzzy Exposure Compensator Connection Diagram

การทดลองที่ 7 : Fuzzy Camera Exposure Compensation : Fuzzy State Table Implementation.

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษากระบวนการที่มีปฏิสัมพันธ์กันของตรรกศาสตร์ฟัซซี โดยทำการจำลองระบบควบคุมการจำลองทางตรรกศาสตร์ฟัซซีสำหรับตัวชดเชยการปล่อยแสงของกล้องถ่ายรูปในการทดลองที่ 6 อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้จะใช้ตารางแสดงสถานะทางฟัซซีในการทำงานโดยใช้กฎในการควบคุมเดียวกับในบทข้างต้น

ขั้นตอนการดำเนินงาน : เชื่อมต่ออุปกรณ์ตามขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่าเริ่มต้น :

ตั้งค่าความต่างศักย์ของ P1 ที่ 0

ตั้งค่าความต่างศักย์ของ P2 ที่ 0

อธิบายหลักการทำงาน :

การทดลองนี้เป็นการศึกษาการควบคุมทางตรรกศาสตร์ฟัซซีของตัวชดเชยการปล่อยแสงในกล้องถ่ายรูปอัตโนมัติ จุดมุ่งหมายก็คือการใช้ตารางแสดงสถานะทางฟัซซีเป็นตัวส่งสัญญาณชดเชยการปล่อยแสงให้กับตัววงจรควบคุมของกล้อง สัญญาณชดเชยที่ส่งจะขึ้นอยู่กับการวัดระดับของกลุ่มแสงไฟด้านหน้าและระดับของกลุ่มแสงไฟด้านหลัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเฟรมของกล้องถ่ายรูปและกล้องถ่ายวิดิโอ เราจะแทนตัวป้อนความต่างศักย์ตัวที่หนึ่ง(P1) เป็นระดับแสงไฟด้านหลัง (0 โวลต์ = เล็กน้อย, 5 โวลต์= ปานกลาง, 10โวลต์ = มาก) แทนตัวป้อนความต่างศักย์ตัวที่สอง (P2) เป็นระดับแสงไฟด้านหน้า

(0 โวลต์ = เล็กน้อย, 5 โวลต์= ปานกลาง, 10โวลต์ = มาก) เอาต์พุตของตัวดีฟัซซิไฟเออร์ (u) จะแทนการควบคุมสัญญาณที่ถูกส่งให้กับหน่วยควบคุมแสง

vi) การชดเชย large negative = -10 โวลต์

vii) การชดเชย medium negative = -5 โวลต์

viii) การชดเชย small = 0 โวลต์

ix) การชดเชย medium = 5 โวลต์

x) การชดเชย large = 10 โวลต์

กฎทางตรรกศาสตร์ฟัซซีจะสอดคล้องกับรูปภาพการเชื่อมโยงดังที่แสดงในรูปข้างล่าง และสามารถอธิบายโดยใช้สัญญลักษณ์แสดงได้ดังนี้

BL = Back lighting large

BM = Back lighting medium

BS = Back lighting small

FL = Front lighting large

FM = Front lighting medium

FS = Front lighting small

กฎข้อที่ 1: ถ้า (BL) และ (FS) แล้ว (การชดเชยมาก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎข้อที่ 2: ถ้า (BM) และ (FS) แล้ว (การชดเชยปานกลาง)

กฎข้อที่ 3: ถ้า (BS) และ (FS) แล้ว (การชดเชยปานกลาง)

กฎข้อที่ 4: ถ้า (BL) และ (FM) แล้ว (การชดเชยน้อย)

กฎข้อที่ 5: ถ้า (BM) และ (FM) แล้ว (การชดเชยน้อย)

กฎข้อที่ 6: ถ้า (BS) และ (FM) แล้ว (การชดเชยปานกลางด้านลบ)

กฎข้อที่ 7: ถ้า (BL) และ (FL) แล้ว (การชดเชยน้อย)

กฎข้อที่ 8: ถ้า (BM) และ (FL) แล้ว (การชดเชยน้อย)

กฎข้อที่ 9: ถ้า (BS) และ (FL) แล้ว (การชดเชยมากด้านลบ)

จากกฎของฟัซซี การชดเชยจะมีมากเมื่อระดับแสงด้านหลังมากขึ้นและแสงด้านหน้าน้อยลง ในทางกลับกันเมื่อระดับแสงด้านหลังน้อยลงและแสงด้านหน้ามากขึ้น การชดเชยของแสงจะค่อยๆลดลง

กฎการควบคุมทางตรรกศาสตร์ฟัซซีสามารถแทนเป็นตารางสถานะทางฟัซซีได้ ดังในรูปที่ 2.45 จะสังเกตได้ว่า uNL, uNM, etc. ในตารางการควบคุม จะสอดคล้องกับสัญญาณชดเชยที่ถูกสร้างจากตัวดีฟัซซีไฟเออร์ (เอาต์พุต u)

i) uNL = การชดเชย large negative

ii) uNM = การชดเชย medium negative

iii) uS = การชดเชย small

iv) uM = การชดเชย medium

v) uL = การชดเชย large

Black light level	FS	F	FL
BL	uL	uS	uS
B	uM	uS	uS
BS	uM	uNM	uNL

Front light level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำการทดลอง :

กำหนดให้ค่า P2 = 0 โวลต์ (แสงไฟด้านหน้าเป็นศูนย์) และค่า P = 0 โวลต์ (แสงไฟด้านหลังเป็นศูนย์) บันทึกค่าสัญญาณเอาต์พุตของตัวดีฟัซซิฟิเคชั่น u ลงในตาราง แล้วเพิ่มค่า P1 ทีละขั้น จาก 1 โวลต์ ถึง 10 โวลต์ บันทึกผลการทดลองทีละขั้นลงในตาราง เมื่อใส่ผลการทดลองเรียบร้อยแล้วคลิกดูกราฟที่ได้

ทำการทดลองซ้ำไปเรื่อยๆตามข้างต้นโดยเปลี่ยนค่า P2 เป็น 2 โวลต์, 4 โวลต์, 6 โวลต์ และ 8 โวลต์

สรุปผลการทดลอง :

เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่คุณคาดว่าจะเกิดจากระบบการควบคุมแบบฟัซซีและผลลัพธ์ที่คุณคาดว่าจะเกิดจากระบบการชดเชยการปล่อยแสงของกล้องถ่ายรูป เปรียบเทียบการทำงานตารางของแสดงสถานะทางฟัซซีกับวิธีตรงในการทดลองที่ 6 ว่าเหมือนกันหรือไม่อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 ข้อมูลเบื้องต้นและหลักการทำงานของระบบ : ยูสเคส (Use Case)

ยูสเคส 1: กระบวนการทำการทดลอง

บุคคลหลัก (Primary Actor): อาจารย์และนักศึกษา

บุคคลที่เกี่ยวข้องและได้ประโยชน์ (Stakeholder and Interests) :

- นักศึกษา : ไม่จำเป็นต้องทำการทดลองเฉพาะในห้องทดลอง แต่สามารถทำการทดลองที่ใดเวลาไหนก็ได้ สามารถอ่านและทำความเข้าใจทฤษฎีฟิซซีลอจิกได้ด้วยตนเองจากตัวเว็บแอพลิเคชั่น โดยผลการทดลองจะถูกส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปยังอีเมล์ของอาจารย์
- อาจารย์ : มีความสะดวกในการสอน และสามารถตรวจสอบได้ว่านักศึกษาได้ทำการทดลองไหนไปแล้วบ้าง หรือมีนักศึกษาคนใดได้ทำการส่งผลการทดลองแล้วบ้าง
- ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ : ไม่ต้องสิ้นเปลืองเงินซื้อบอร์ดทดลองฟิซซีลอจิกจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงมาก

สิ่งที่ต้องกระทำก่อน (Preconditions): นักศึกษาจะต้องทำการรีจิสเตอร์และทำการล็อกอินก่อนเข้าทำการทดลอง

สิ่งที่จะตามมา (Post conditions): นักศึกษาทำการทดลองได้ทุกคน โดยมีความสะดวกในการทำการทดลองมากขึ้น อาจารย์สามารถตรวจสอบได้ง่ายว่าใครยังไม่ส่งผลการทดลองใดบ้าง ประหยัด เวลาในการตรวจงาน นอกจากนั้นยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อและซ่อมบำรุงบอร์ดการทดลอง

การทำงานหลัก (Main Success Scenario):

1. นักศึกษาทำการรีจิสเตอร์โดยการกรอก ชื่อ(first_name), นามสกุล(Last_name), รหัสนักศึกษา(student_id),กลุ่ม(Section), ชื่อผู้ใช้(username), รหัสผู้ใช้ (password), อีเมล์ (email)
2. ทำการล็อกอินเข้าสู่โปรแกรมเพื่อทำการทดลองโดยการใส่ ชื่อผู้ใช้(username) และรหัสผู้ใช้ (password)
3. เข้าสู่หน้าเว็บเพจเมนูการทดลอง เลือกบทที่ต้องการทำทดลอง
4. เมื่อเลือกบทแล้ว จะเข้าสู่หน้าเพจการทำการทดลองซึ่งโดยจะมีส่วนอธิบายขั้นตอนการทำการทดลอง เป็นส่วนที่อยู่ทางด้านซ้ายมือของเว็บเพจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เมื่ออ่านทฤษฎีเสร็จแล้วเริ่มทำการทดลองโดยการกดที่ขาของอุปรณ์ทั้งสองด้านเพื่อทำการเชื่อมต่อ
6. ส่วนการแสดงผลที่บอร์ดการทดลองจะแสดงเส้นสีต่างๆ เพื่อแสดงว่าตอนนี้มีอุปกรณ์ใดที่เชื่อมต่อกันอยู่บ้าง
7. เมื่อเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเสร็จแล้วอินพุตค่าโวลต์
8. กดปุ่ม Simulate เพื่อทำการประมวลผลค่าอินพุต
9. ผลลัพธ์จะแสดงในส่วนเอาพุตด้านล่างของตัวบอร์ด
10. เลือกเมนูตารางบันทึกผลการทดลอง
11. นักศึกษานำผลลัพธ์มาใส่ในตารางบันทึกผลการทดลอง
    กระทำซ้ำข้อ8 และข้อ9 จนกว่าค่าที่อินพุตและเอาพุตนั้นจะครบตามขั้นตอนการทดลอง
12. เลือกเมนูส่ง ผลการทดลอง(Send result)

การทำงานเพิ่มเติม (Extensions)

5-7a. เมื่อเลือกการเชื่อมต่ออุปกรณ์ผิดพลาด สามารถกลับไปแก้ไขได้โดย
   1. คลิกที่แถวแล้วเลือกเคลียร์เฉพาะการเชื่อมต่ออุปกรณ์(Delete)
   2. เลือกเคลียร์การเชื่อมต่อทั้งหมด (Delete All)

8a. การอินพุตค่าโวลต์จะใส่ค่าในช่องว่างของอุปกรณ์ 2 ชนิดเท่านั้น คือ
   1. โพเทนชิโอมิเตอร์(Potentiometer)
   2. ฟัซซีโวลต์มิเตอร์ (Fuzzy Voltmeter)

12a. ในตารางบันทึกผลการทดลองจะมีเมนูให้เลือก 4 เมนูคือ
   1. เมนูส่งผลการทดลอง (Send Result)

12b. เมื่อเลือกเมนูดูผลการทดลองก่อนส่งจะปรากฏหน้าจอที่ประกอบด้วยฟอร์ม ที่มีผลลัพธ์, บทที่ทำการทดลอง, ชื่อ, รหัสนักศึกษา ที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ นักศึกษาสามารถเลือกที่จะกลับไปหน้าตารางบันทึกผลการทดลองและส่งผลการทดลอง (Send result)

ยูสเคส 2: กระบวนการบริหารนักศึกษา (การค้นหาข้อมูลนักศึกษาในระบบ)

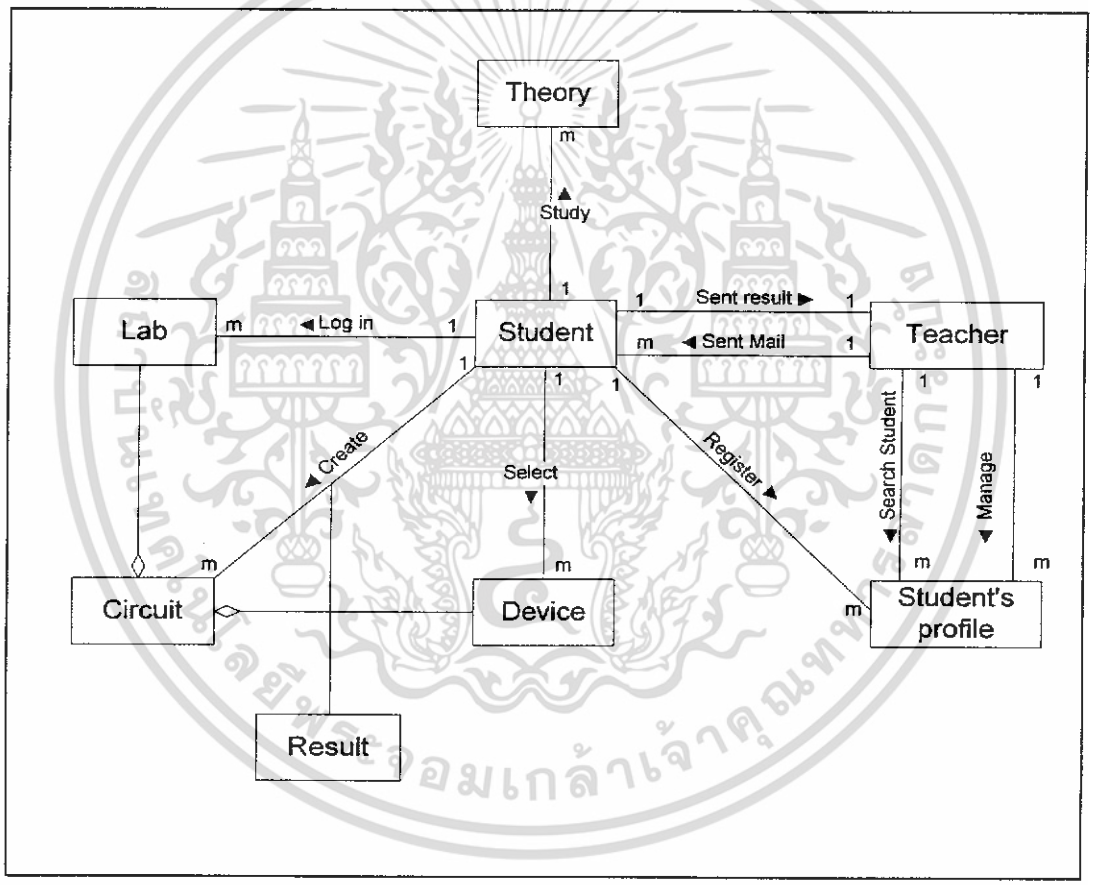
การทำงานหลัก (Main Success Scenario):

1. อาจารย์ทำการล็อกอินเข้าสู่โปรแกรม
2. ปรากฏหน้าจอหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรอก ชื่อ,ช่วงของรหัสประจำตัวนักศึกษา, ชั้นปี (Year), กลุ่ม(Section)หรือ ช่วงของบทการทดลอง อย่างใดอย่างหนึ่ง
4. กดปุ่มค้นหา (Search)
5. โปรแกรมจะทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาแสดงบนหน้าจอ

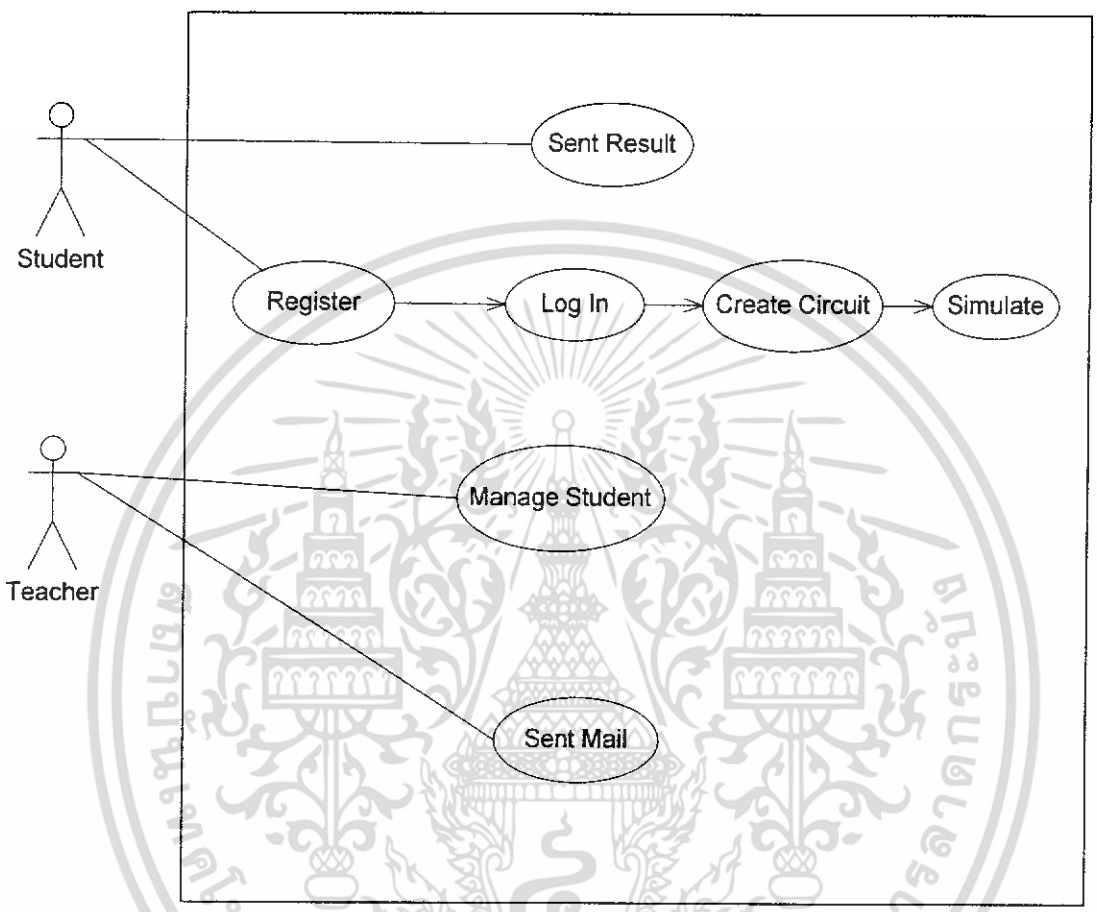
3.2 โดเมนโมเดล (Domain Model)



รูปที่ 3.1 แสดง โดเมน โมเดล (Domain Model)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

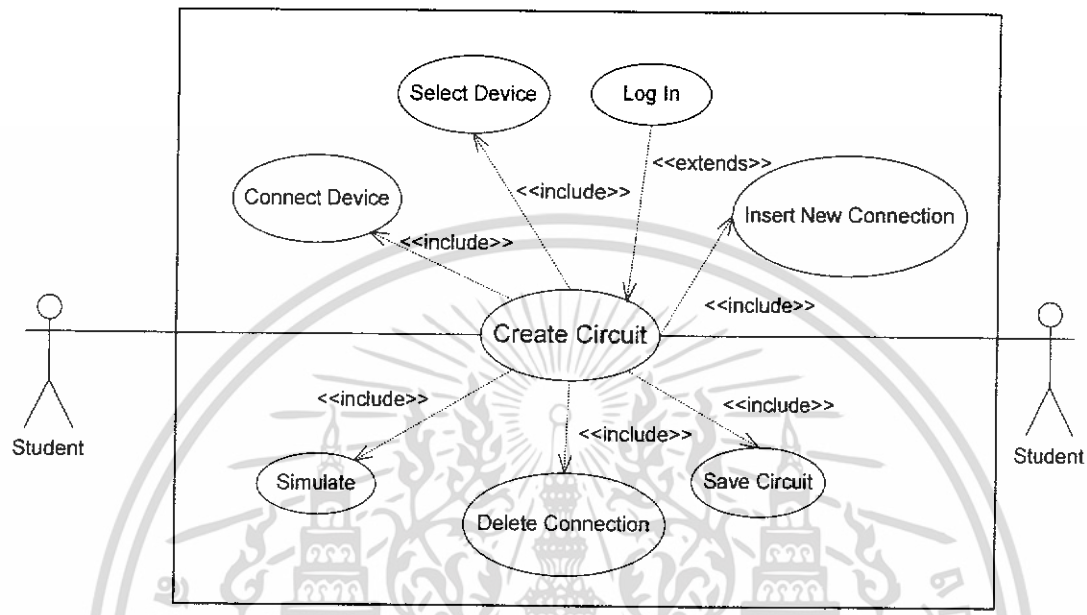
3.3 ไฮเลเวลยูสเคส (High Level Use Case)



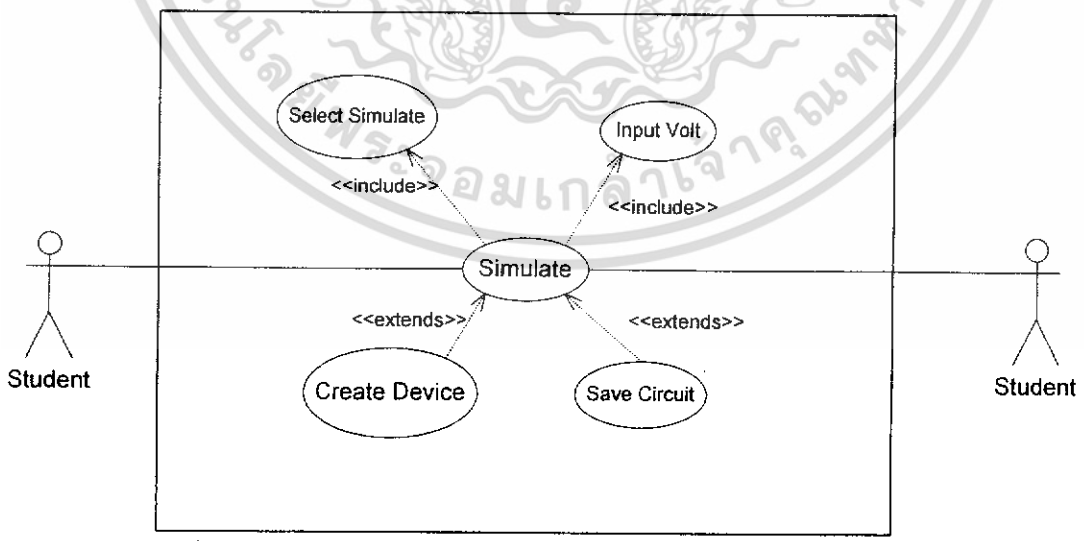
รูปที่ 3.2 แสดง ไฮเลเวลยูสเคส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram)

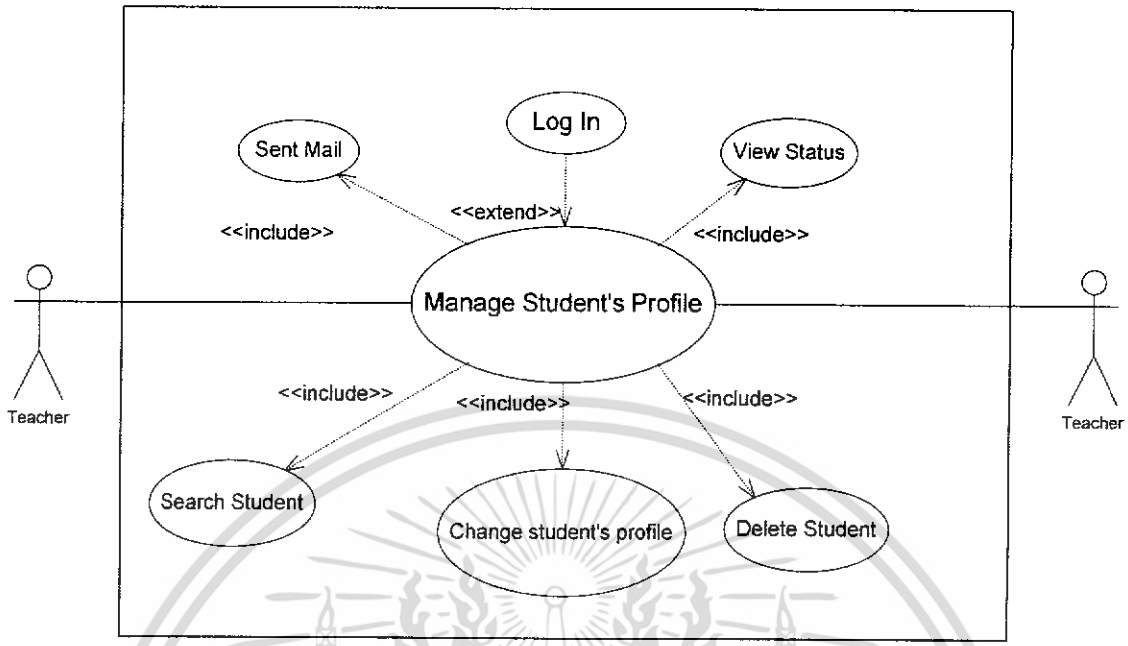


รูปที่ 3.3 แสดง ยูสเคสไดอะแกรมสำหรับการสร้างวงจร

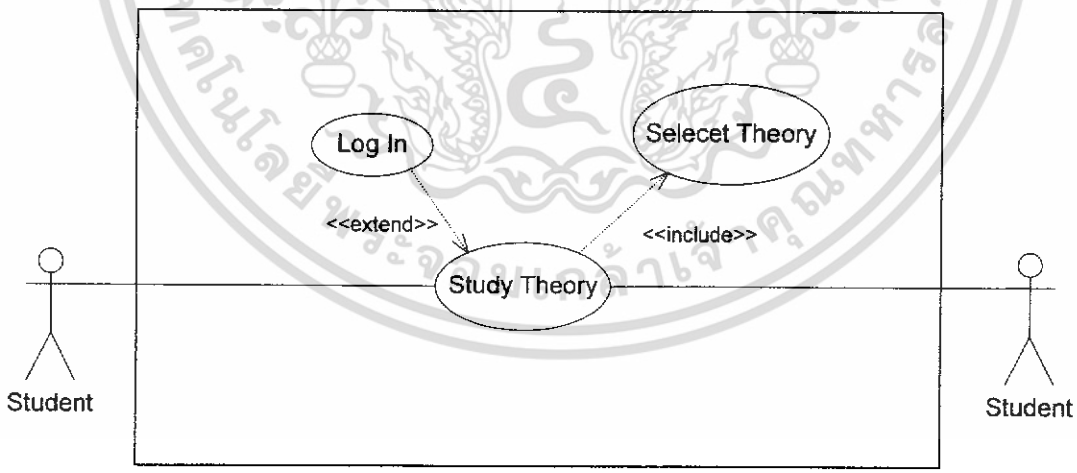


รูปที่ 3.4 แสดง ยูสเคสไดอะแกรมสำหรับการประมวลผลโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

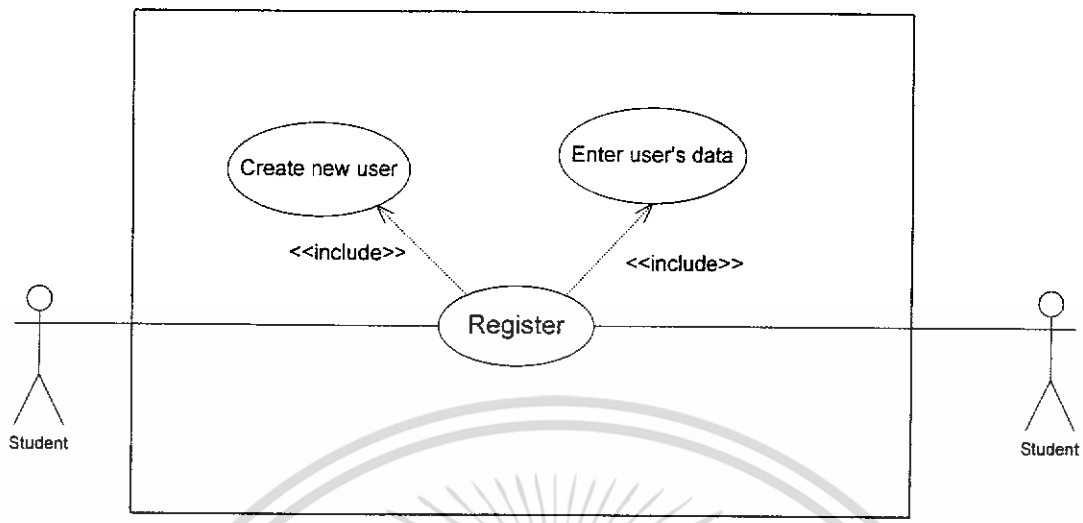


รูปที่ 3.5 แสดงยูส เคส ไดอะแกรมสำหรับการ จัดการข้อมูลนักศึกษาของอาจารย์

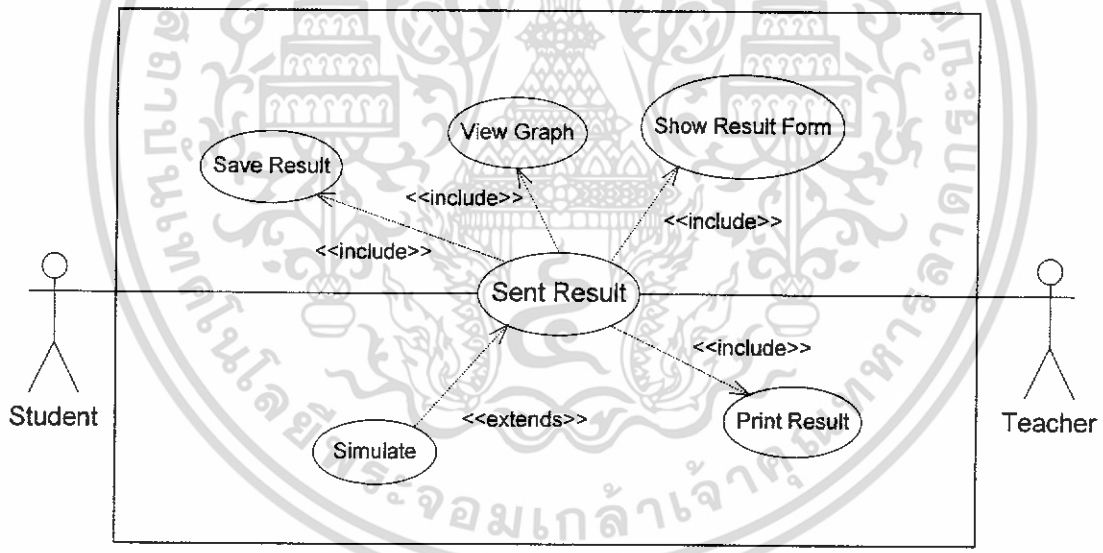


รูปที่ 3.6 แสดงยูสเคสไดอะแกรมสำหรับ การอ่านทฤษฎี ฟัซซีลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



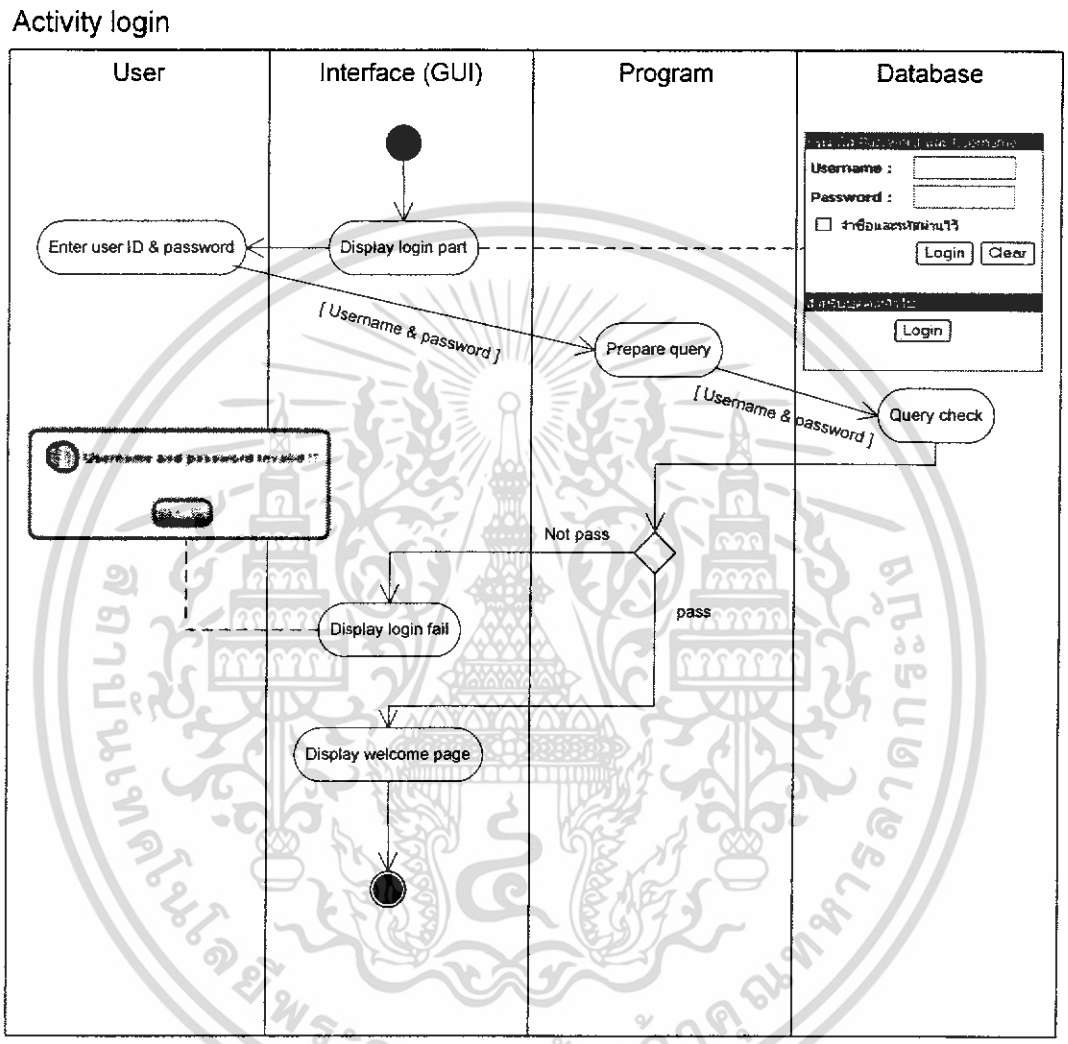
รูปที่ 3.7 แสดงยูสเคสไดอะแกรมสำหรับ การรีจิสตอร์เข้าทำการทดลอง



รูปที่ 3.8 แสดงยูสเคสไดอะแกรมสำหรับ การรีจิสตอร์เข้าทำการทดลอง

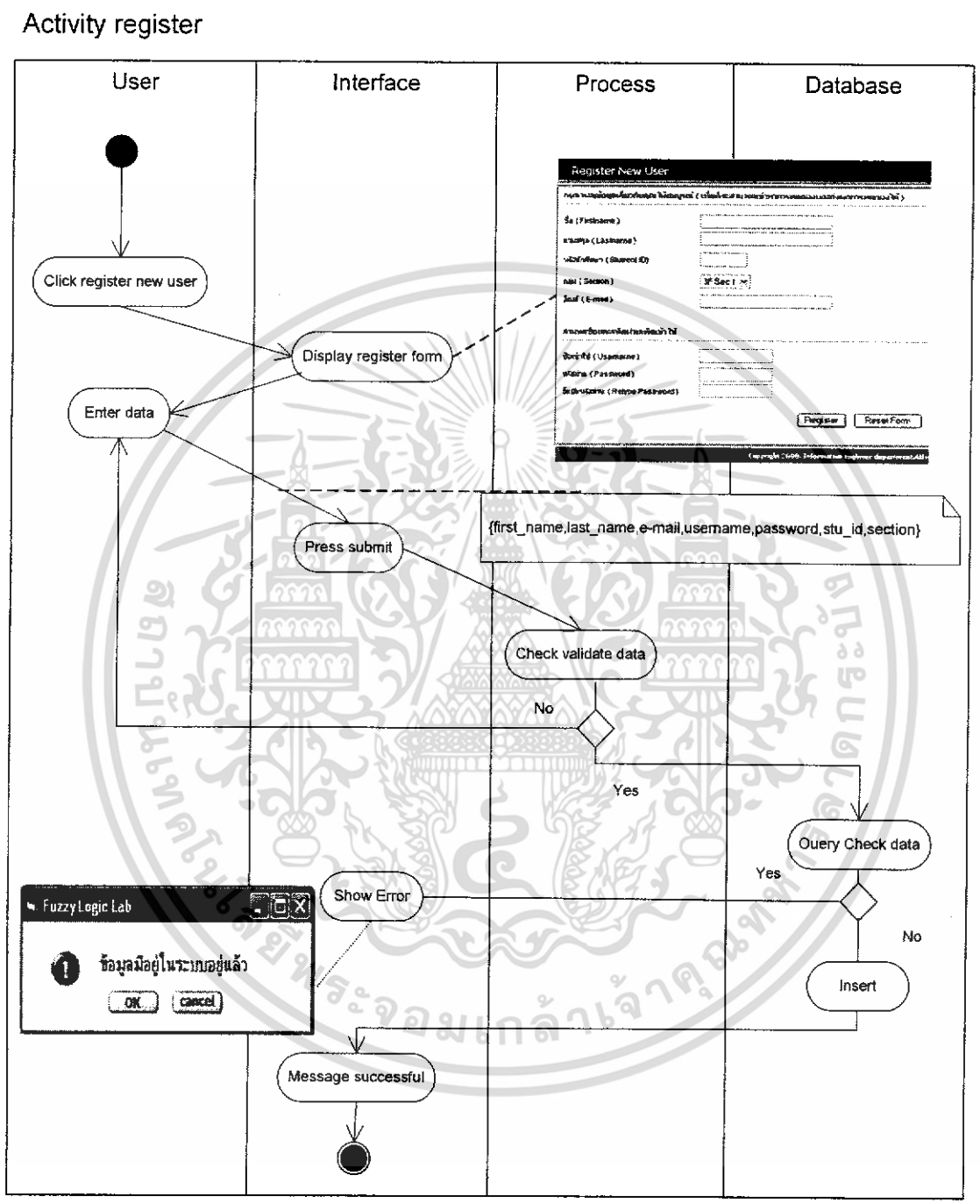
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 แอคติวิตี้ไดอะแกรม (Activity Diagram)



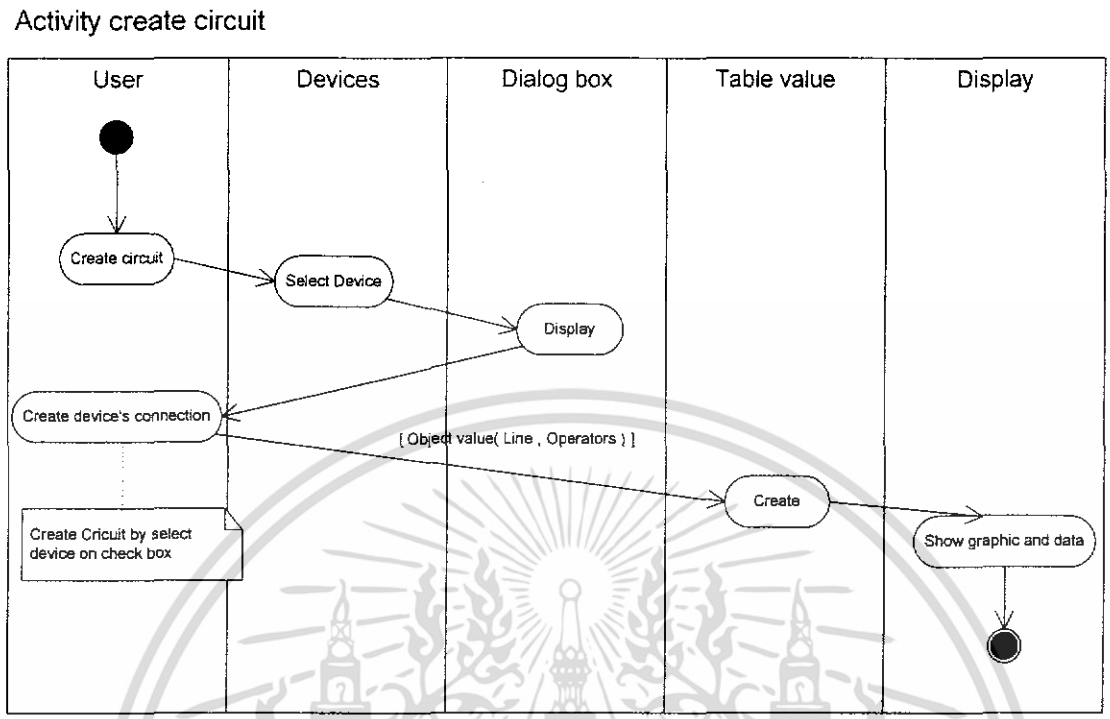
รูปที่ 3.9 แสดง แอคติวิตี้ไดอะแกรมการล็อคอินเข้าสู่ระบบของนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

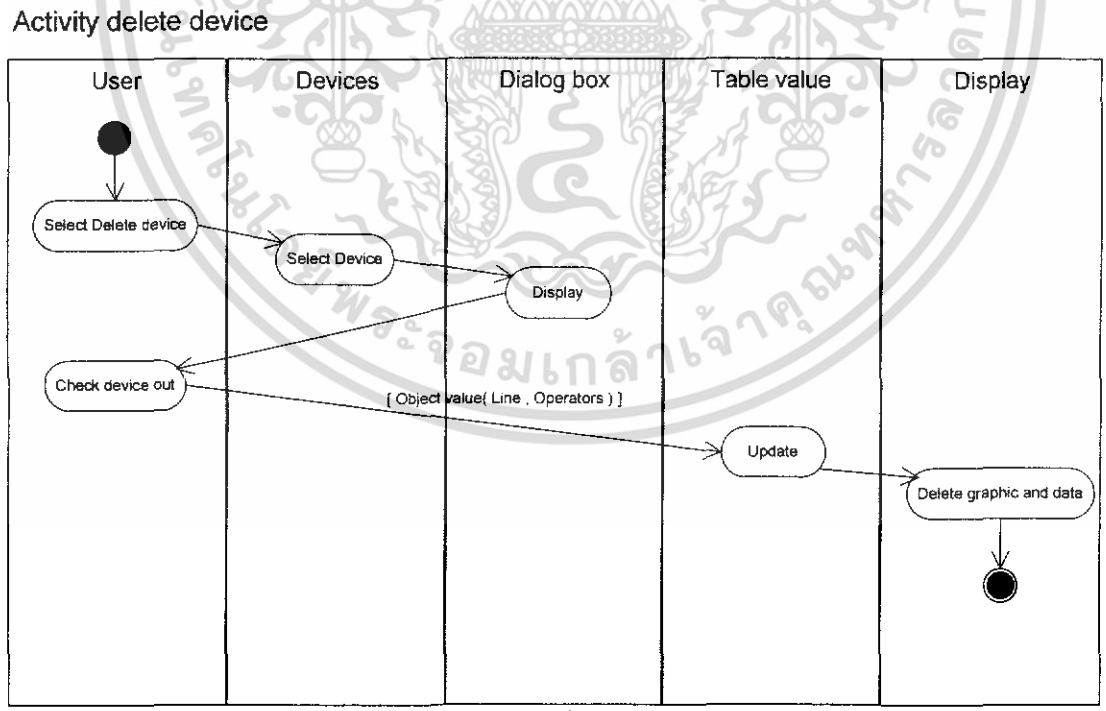


รูปที่ 3.10 แสดง แอคติวิตี้ไดอะแกรมการรีจิสเตอร์เพื่อทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

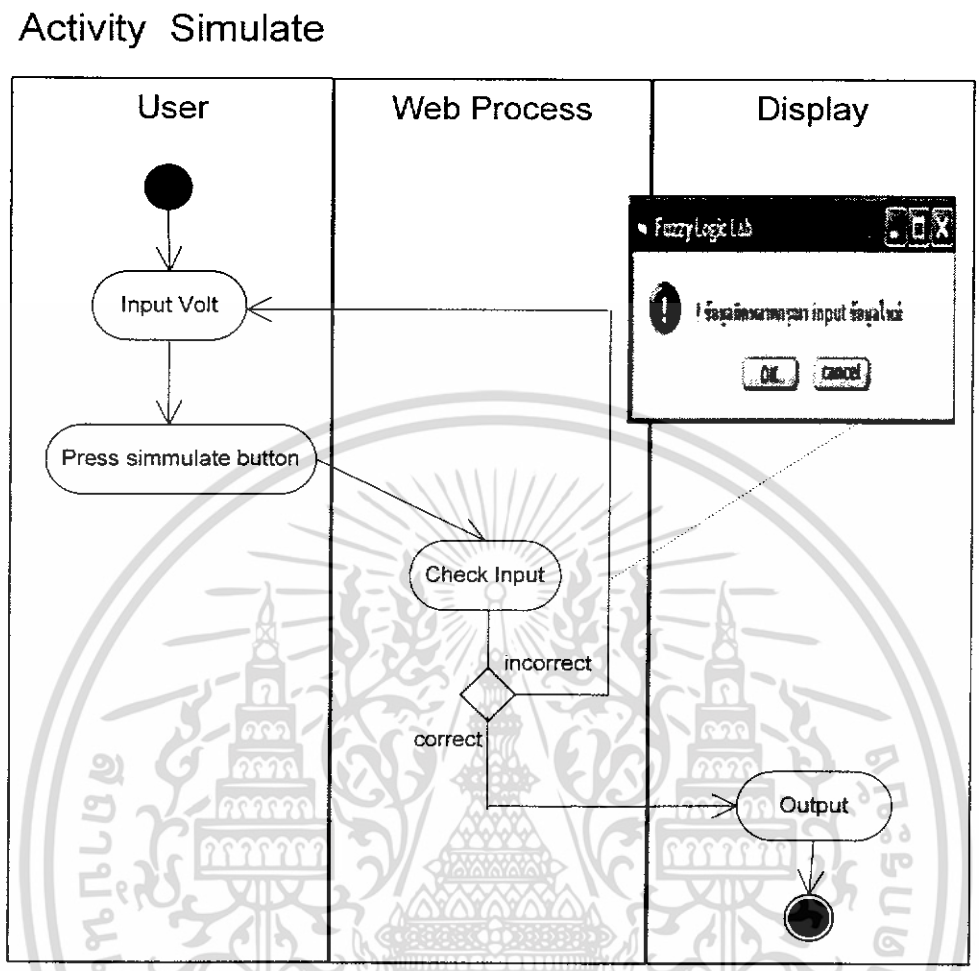


รูปที่ 3.11 แสดง แอคติวิตี้ไดอะแกรมการสร้างวงจรฟิซซีลอจิก



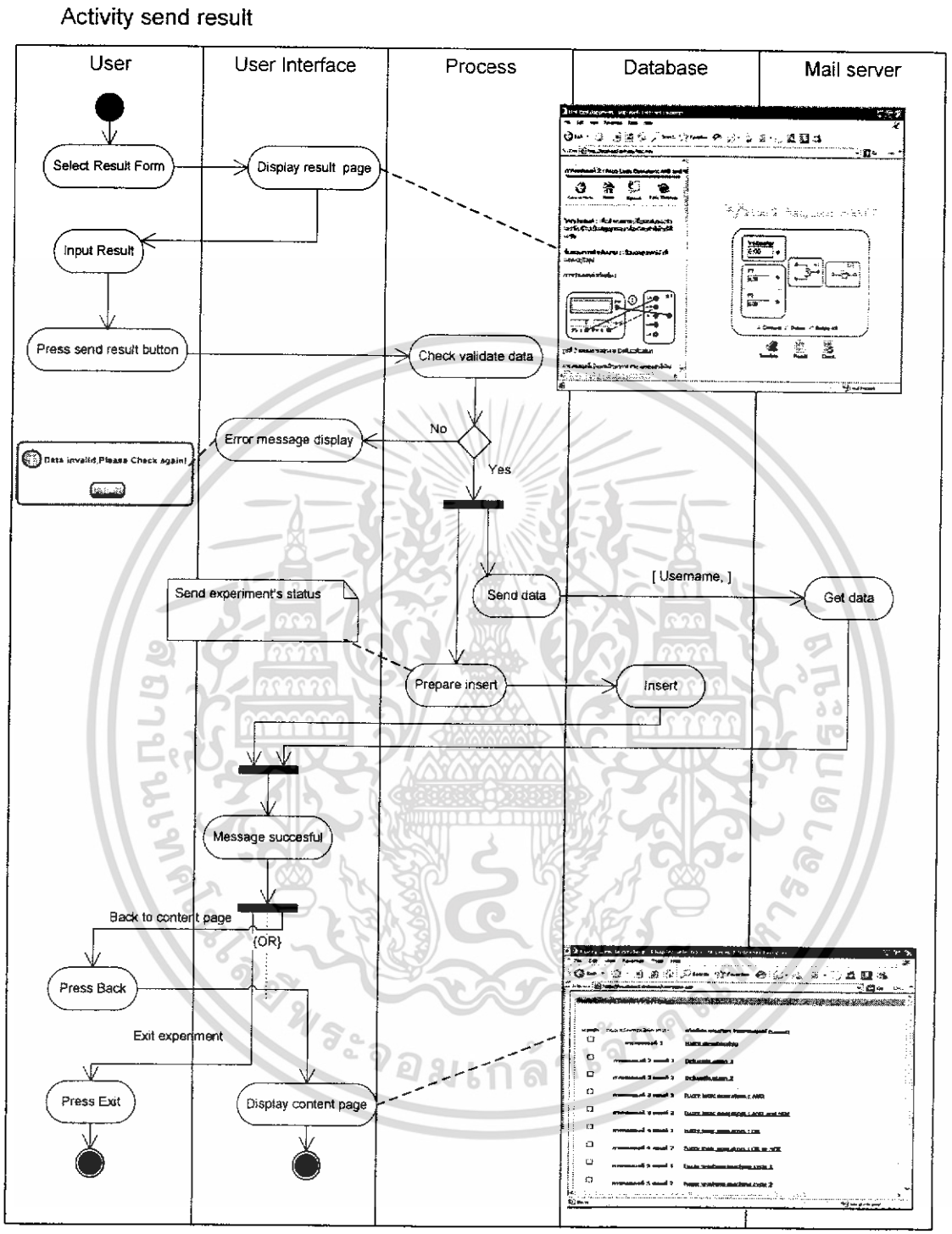
รูปที่ 3.12 แสดง แอคติวิตี้ไดอะแกรมการลบวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



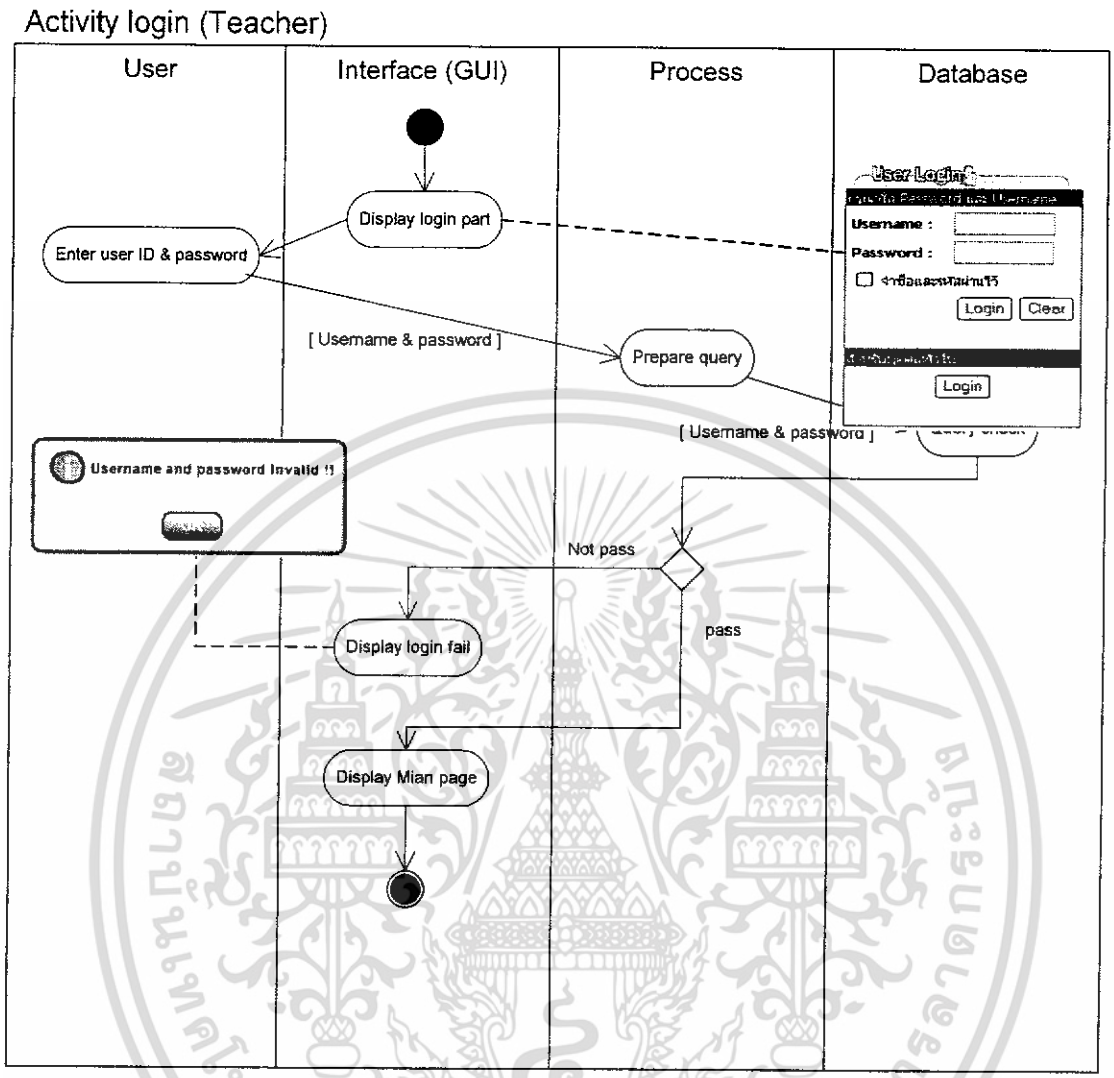
รูปที่ 3.13 แสดง แอคติวิตี้ไดอะแกรมการประมวลผลวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดง แอคติวิตี้ไดอะแกรมการส่งผลการทดลอง

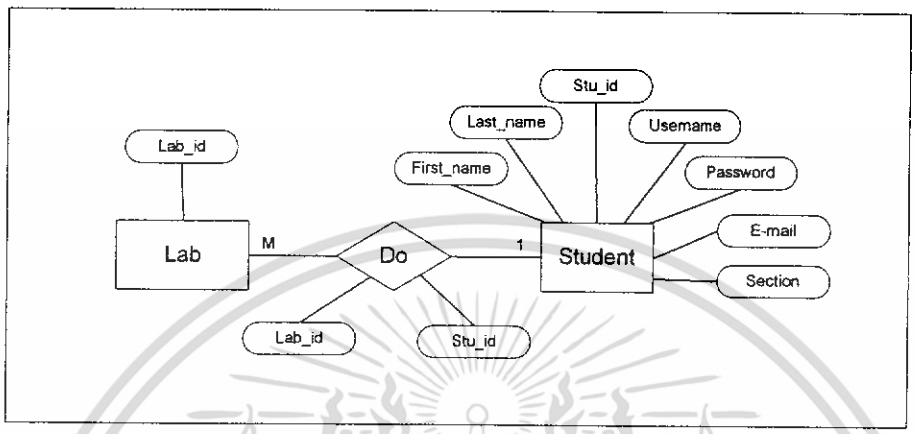
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดง แอคติวิตี้ไดอะแกรมการล็อกอินสำหรับอาจารย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design)



รูปที่ 3.16 แสดง อีอา โมเดล (ER Model) ของฐานข้อมูลระบบ

3.7 ดาต้าดิคชันนารี (Data Dictionary)

ตารางที่ 3.1 สำหรับเก็บข้อมูลนักศึกษา (Students' profile table)

Name	Type	Key	Null	Meaning
First_name	Char(16)			ชื่อนักศึกษา
Last_name	Char(16)			นามสกุลนักศึกษา
Stu_id	Char(10)	PK		รหัสนักศึกษา
Username	Char(10)			ชื่อในการเข้าใช้โปรแกรม
Password	Char(10)			รหัสในการเข้าใช้โปรแกรม
Year	Integer			ชั้นปี
Section	Char(3)			กลุ่ม
E-mail	Char(30)			อีเมล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 สำหรับเก็บการทดลอง (Lab table)

Name	Type	Key	Null	Meaning
Lab_id	Varchar(2)	PK		รหัสการทดลอง

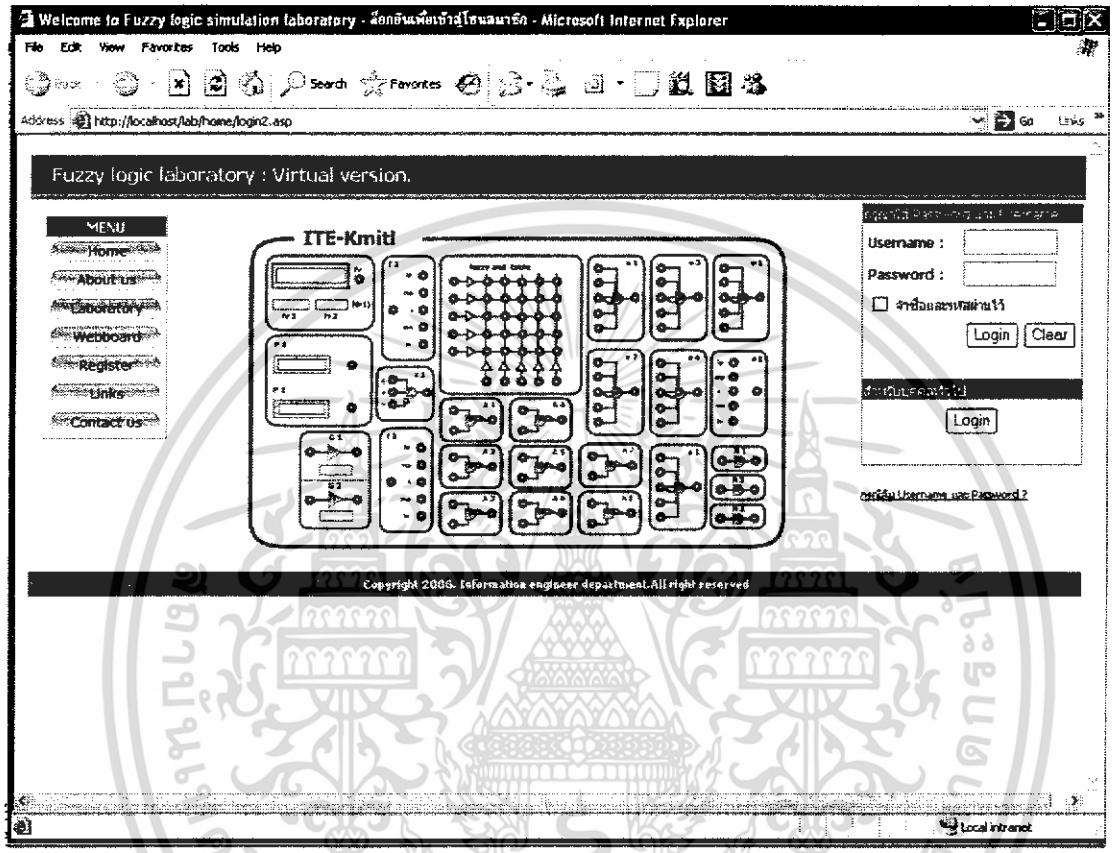
ตารางที่ 3.3 สำหรับเก็บค่าการทำการทดลอง (Do lab table)

Name	Type	Key	Null	Meaning
Lab_id	Varchar(2)			รหัสการทดลอง
Stu_id	Char(8)	PK		รหัสนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

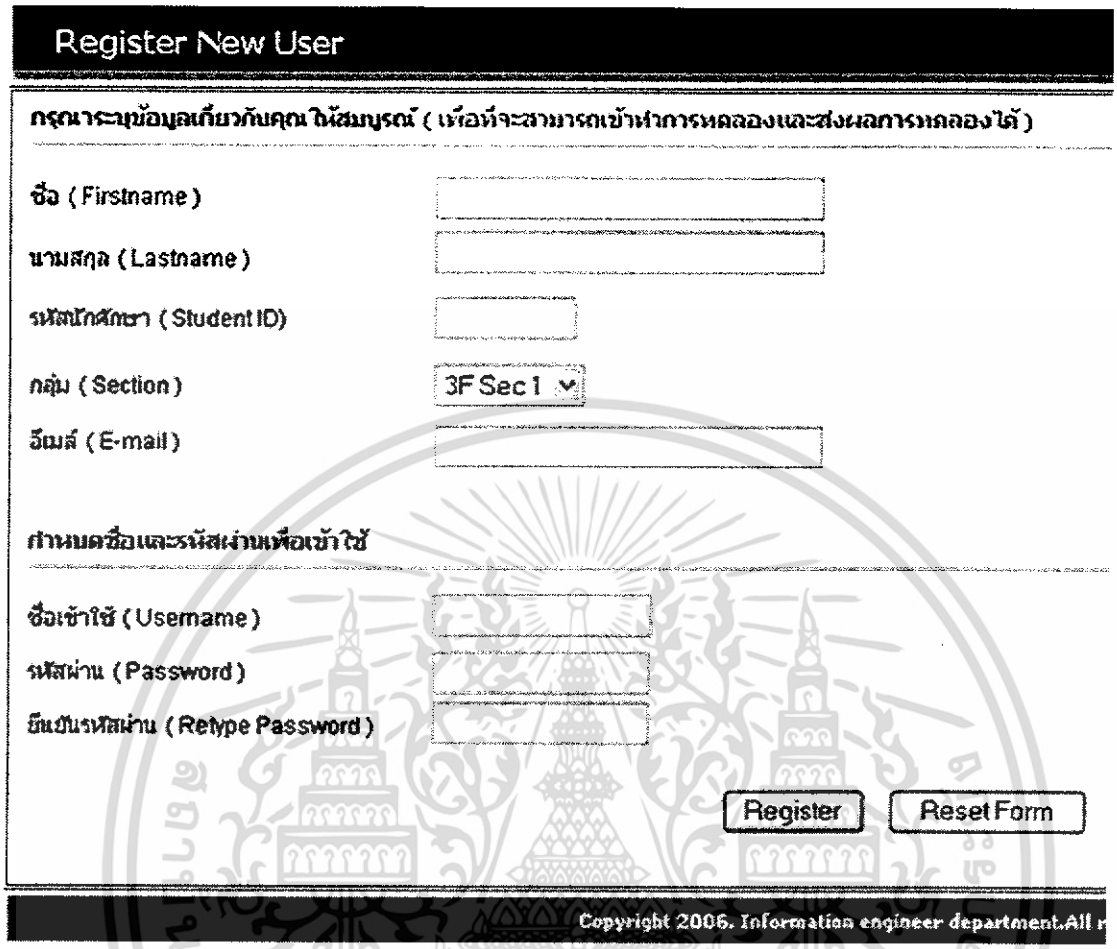
3.8 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface)

หน้าจอหลัก (Home page)

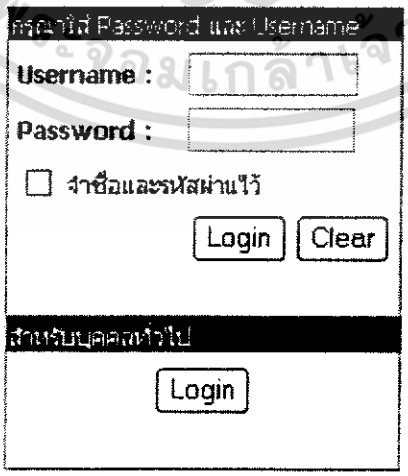


รูปที่ 3.17 แสดงหน้าจอหลัก (Home Page)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



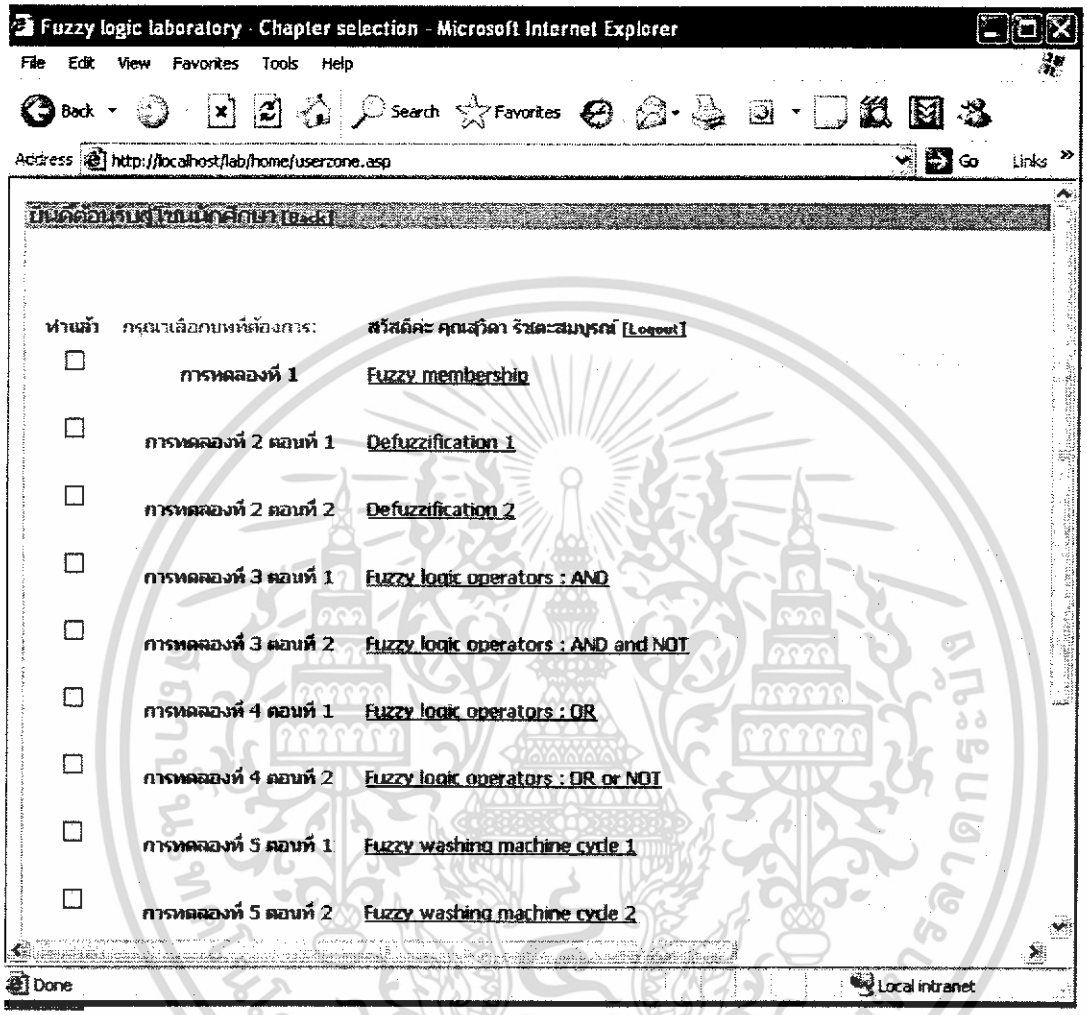
รูปที่ 3.18 แสดงหน้าจอลงทะเบียน



รูปที่ 3.19 แสดงการล็อกอิน

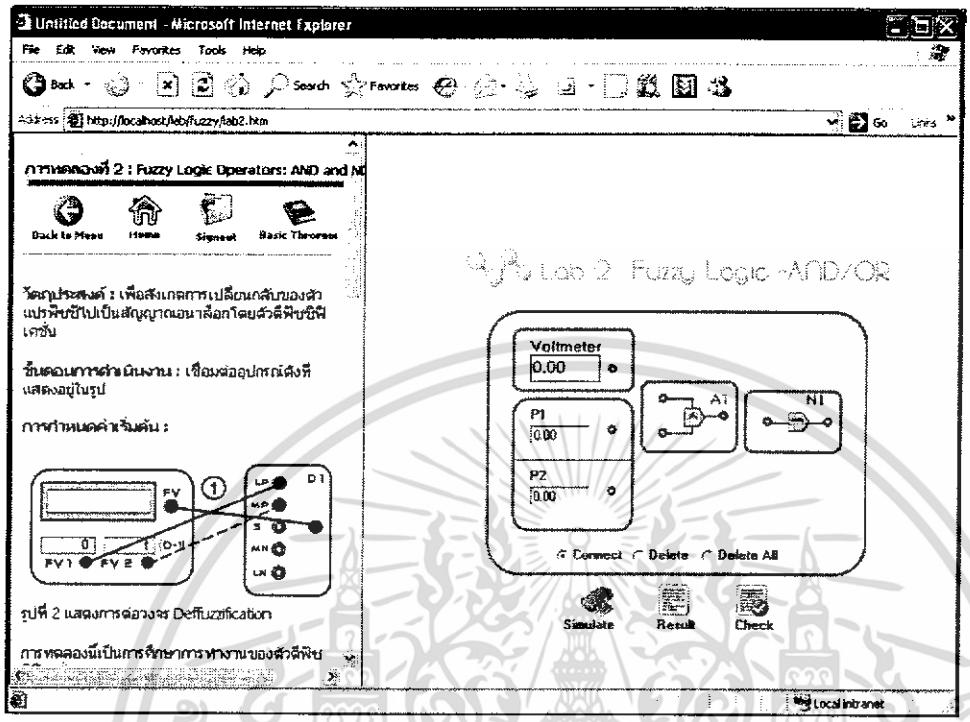
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนูการเข้าทำการทดลอง (Loboratory)

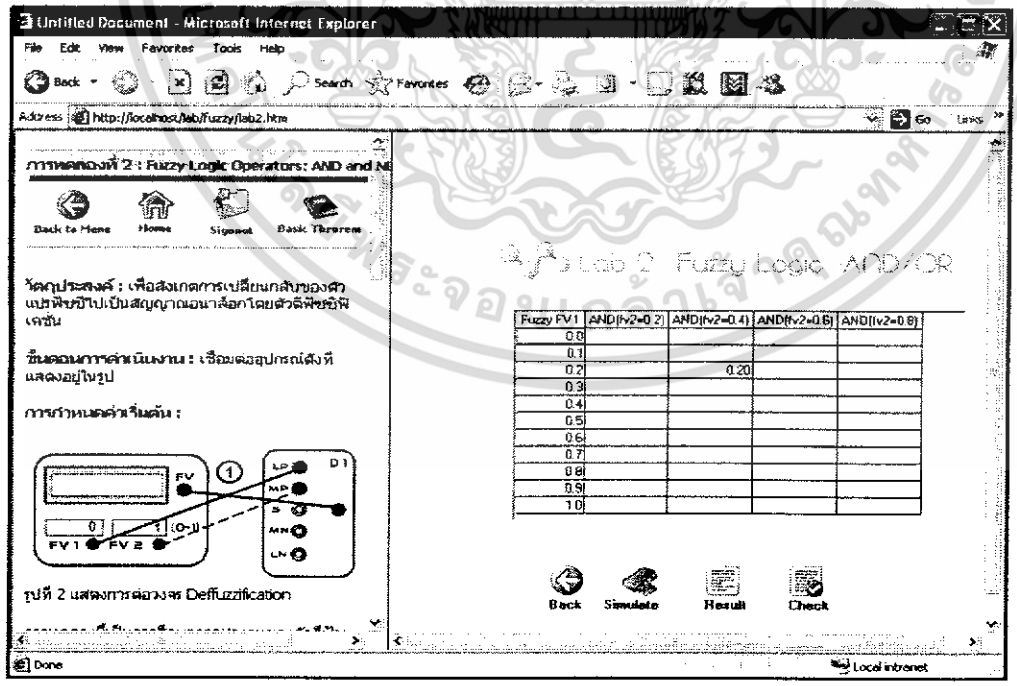


รูปที่ 3.20 แสดงหน้าเลือกการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

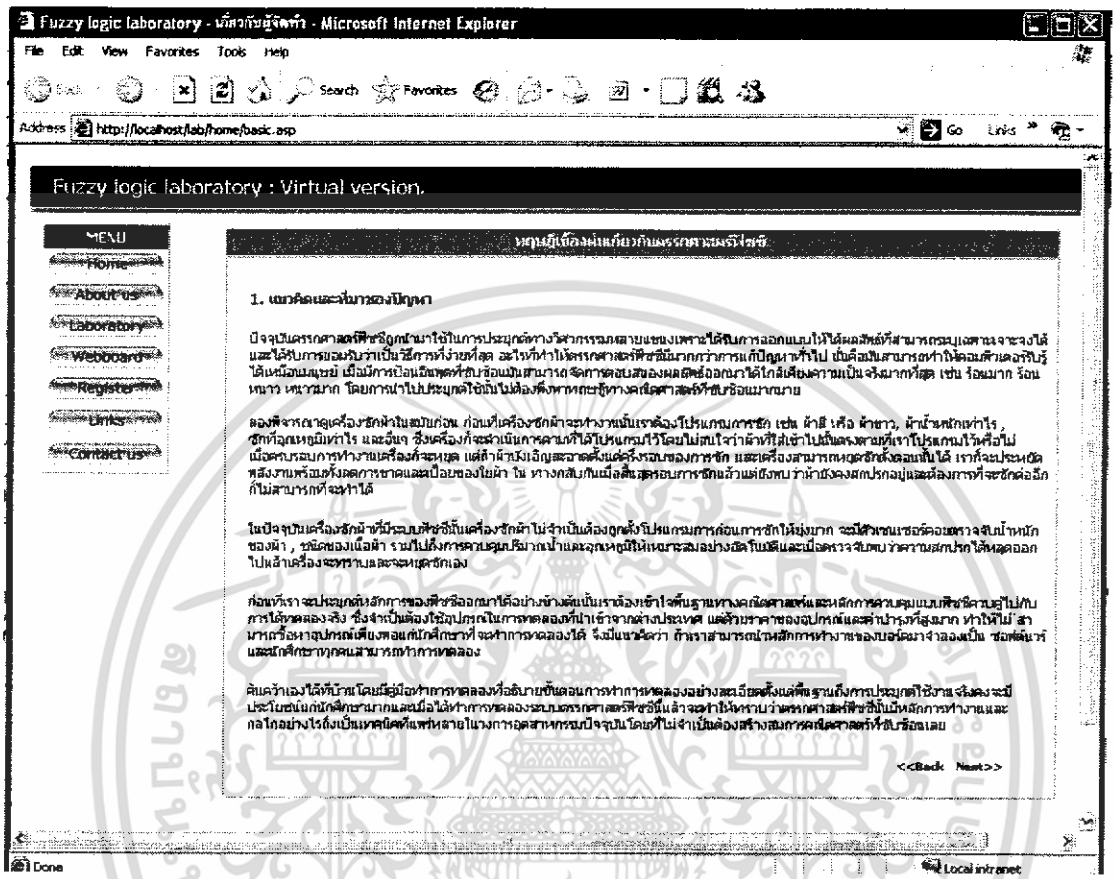


รูปที่ 3.21 แสดงหน้าทำการทดลอง



รูปที่ 3.22 แสดงหน้าผลการทดลองในรูปแบบตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 แสดงหน้าจอทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

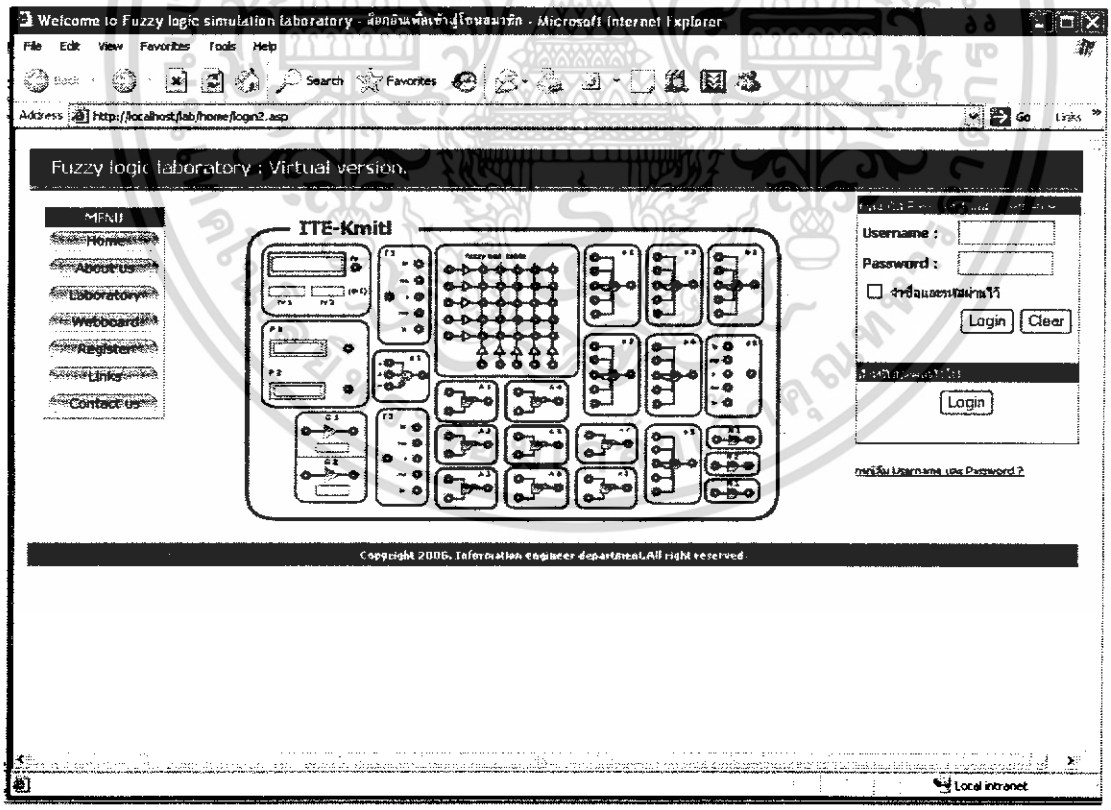
การทดลองและผลลัพธ์

การใช้งานโปรแกรมชุดทดลองตรรกศาสตร์ฟัซซีเสมือนจริง แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การทำการทดลอง
2. การใช้เมนูในหน้าหลัก
3. การตรวจสอบนักศึกษาของอาจารย์

4.1 ทำการทดลองตรรกศาสตร์ฟัซซี

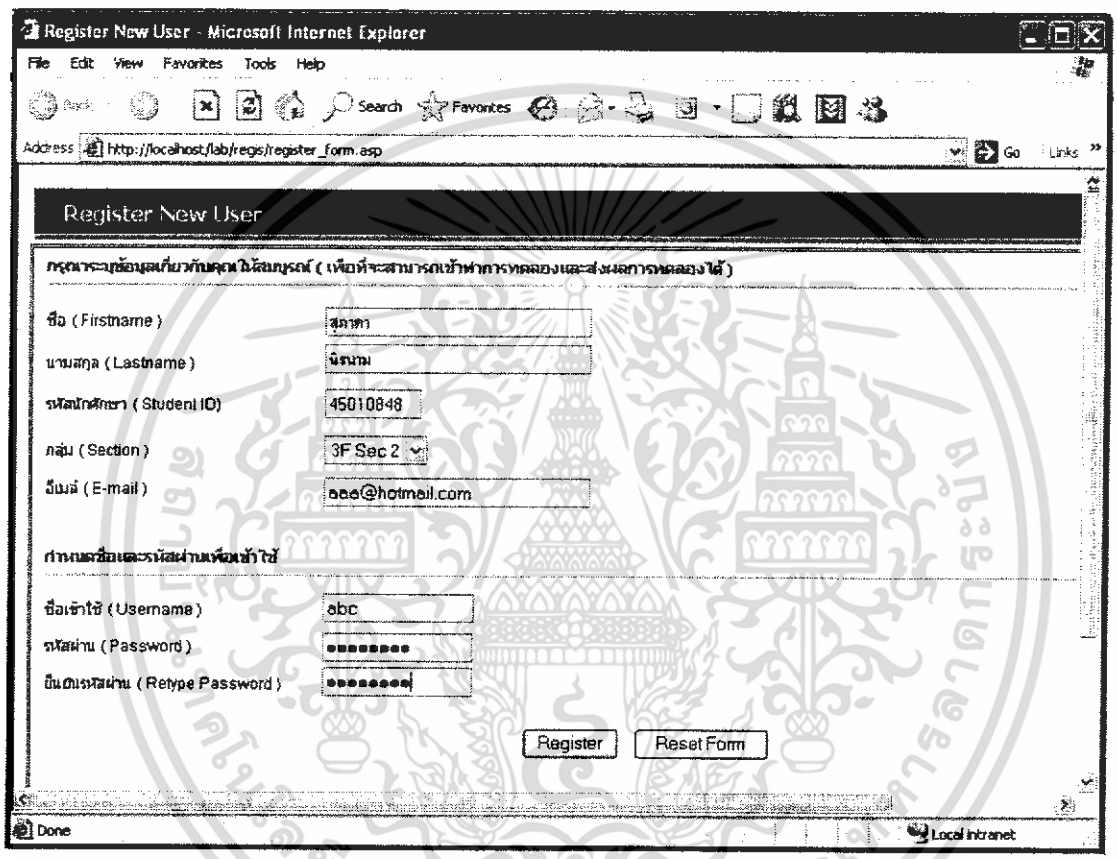
ในการทำการทดลองนั้นเมื่อผู้ใช้จะเข้าสู่หน้าหลัก (Home Page) ดังรูปที่ 4.1 ในหน้าหลักนั้นจะประกอบด้วย การลงทะเบียนใช้งาน, ทฤษฎีฟัซซี, เกี่ยวกับผู้จัดทำ (About us), ติดต่อผู้จัดทำ (Contact), ห้องสนทนา (Webboard) กรณีที่ผู้เป็นนักศึกษาจะต้องทำการลงทะเบียน (Register) ส่วนผู้ที่อื่นสามารถเข้าสู่การทดลอง (Log In)ได้เลย



รูปที่ 4.1 แสดงหน้าหลัก (Home Page)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

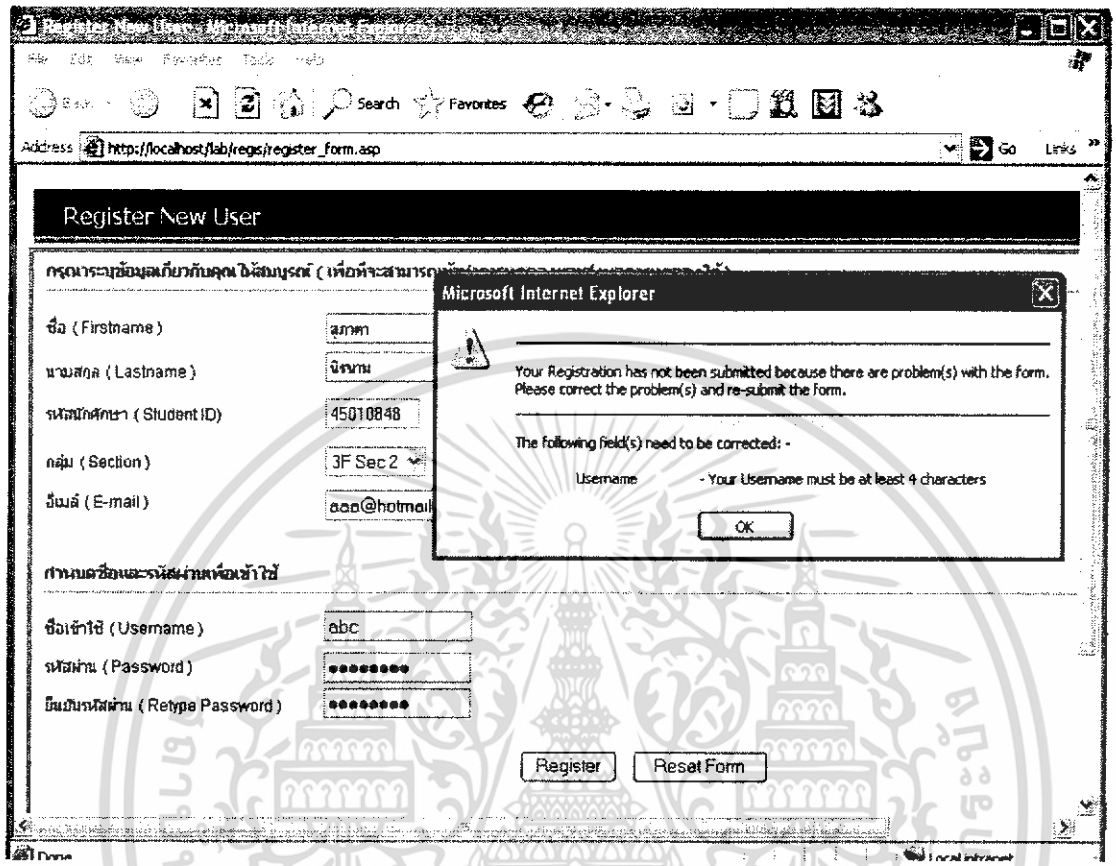
เมื่อทำการเลือกลงทะเบียน (Register) ในหน้าหลัก (Home Page) จะแสดงข้อมูลการลงทะเบียน คือ ชื่อนักศึกษา, นามสกุล , รหัสนักศึกษา (Student_ID), กลุ่ม (Section), อีเมล (e-mail), ชื่อผู้ใช้ (username) , รหัส (Password) แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงหน้าลงทะเบียน

โดยที่ชื่อผู้ใช้ (username) จะต้องมีขนาด 4 ตัวขึ้นไปถ้าใส่ไม่ครบ 4 ตัว แล้วกดลงทะเบียน (Register) จะมีข้อความเตือนให้ข้อมูลให้ถูกต้อง ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



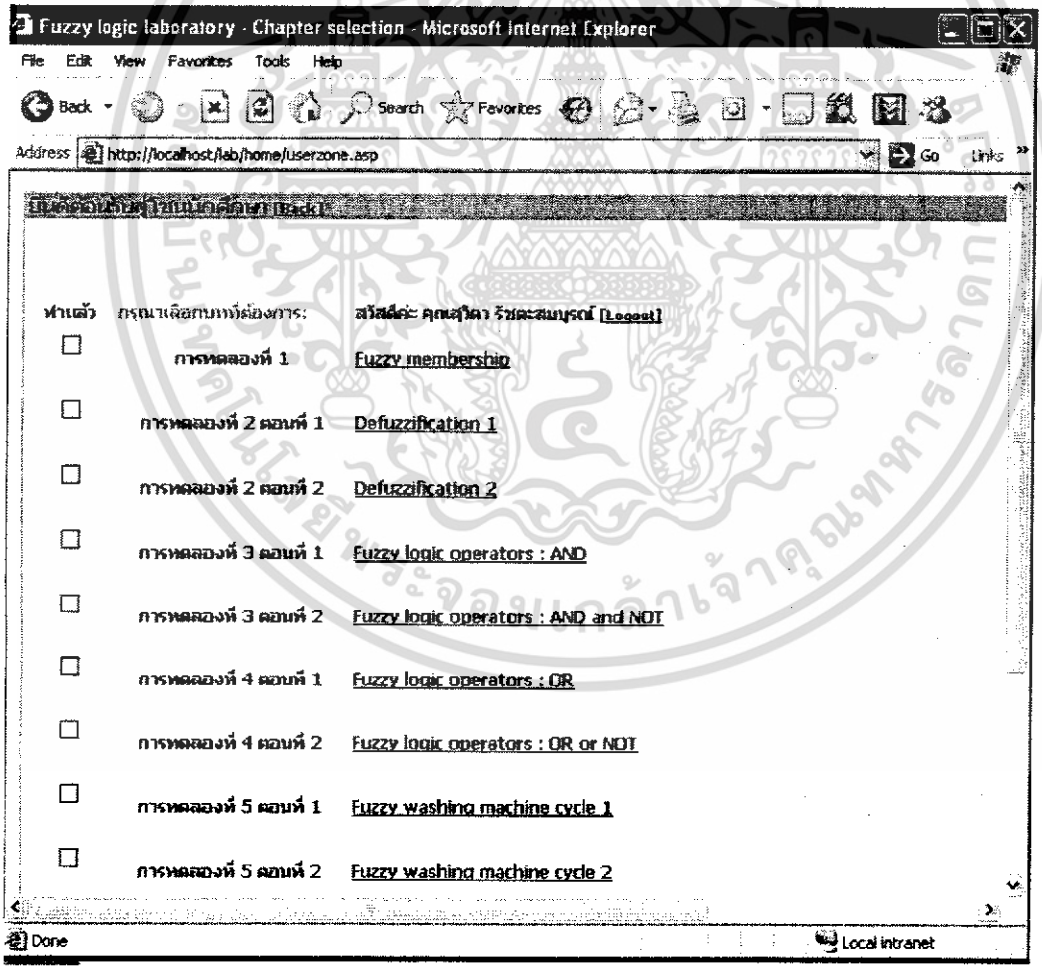
รูปที่ 4.3 แสดงข้อความเตือนเมื่อใส่จำนวน username ไม่ถูกต้อง

เมื่อทำการกรอกข้อมูลเพื่อทำการลงทะเบียนเสร็จให้ทำการกดปุ่ม ลงทะเบียน (Register) จากนั้นจะมีข้อความตอบรับแสดงการลงทะเบียนที่สำเร็จ

เริ่มทำการทดลอง โดยการกลับเข้าสู่หน้าหลักโดยการเลือกที่เมนู Home จากนั้นทำการล็อกอิน ดังรูปที่ 4.4 โดยใส่ ชื่อผู้ใช้ (User name) และ รหัส (Password) เมื่อทำการล็อกอินเสร็จ จะเข้าสู่หน้า ที่ให้ผู้ใช้ทำการเลือกหัวข้อที่จะทำการทดลอง ดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

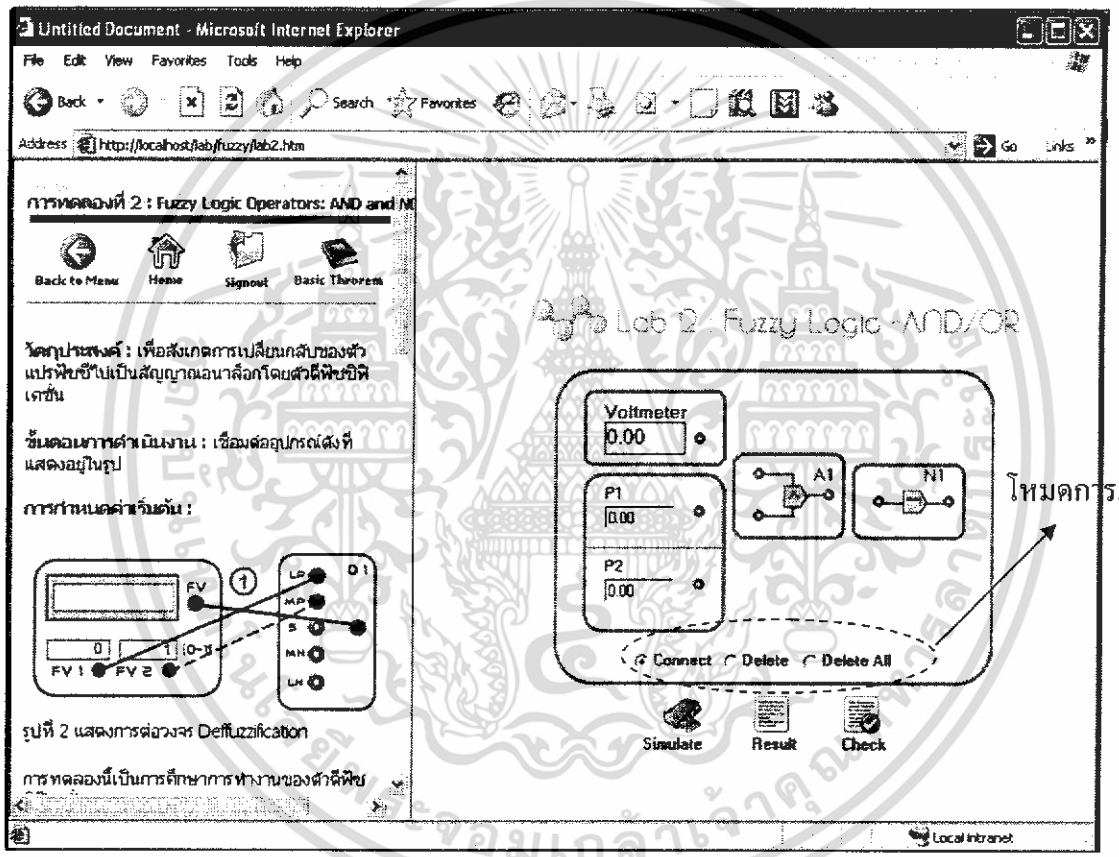
รูปที่ 4.4 แสดงหน้าล็อกอิน



รูปที่ 4.5 แสดงการเลือกหัวข้อการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าสู่หน้าทำการทดลอง โดยส่วนทางด้านซ้ายจะเป็นวัตถุประสงค์การทดลอง และ วิธีการทดลอง ทางด้านขวาจะเป็นส่วนของการทำการทดลอง โดยส่วนของการทดลองนั้นจะประกอบไปด้วย อุปกรณ์การทดลอง, ประมวลผลการทดลอง (simulation), แสดงผลการทดลอง (Result), ตรวจสอบผลการทดลอง (Check), ส่งผลการทดลอง (Send) และ โหมดการทำงานจะแบ่งออกเป็น 3 โหมดคือ เชื่อมต่อ (Connect) ซึ่ง , ลบการเชื่อมต่อ (Delete), ลบการเชื่อมต่อทั้งหมด (Delete All) ดังรูปที่ 4.6

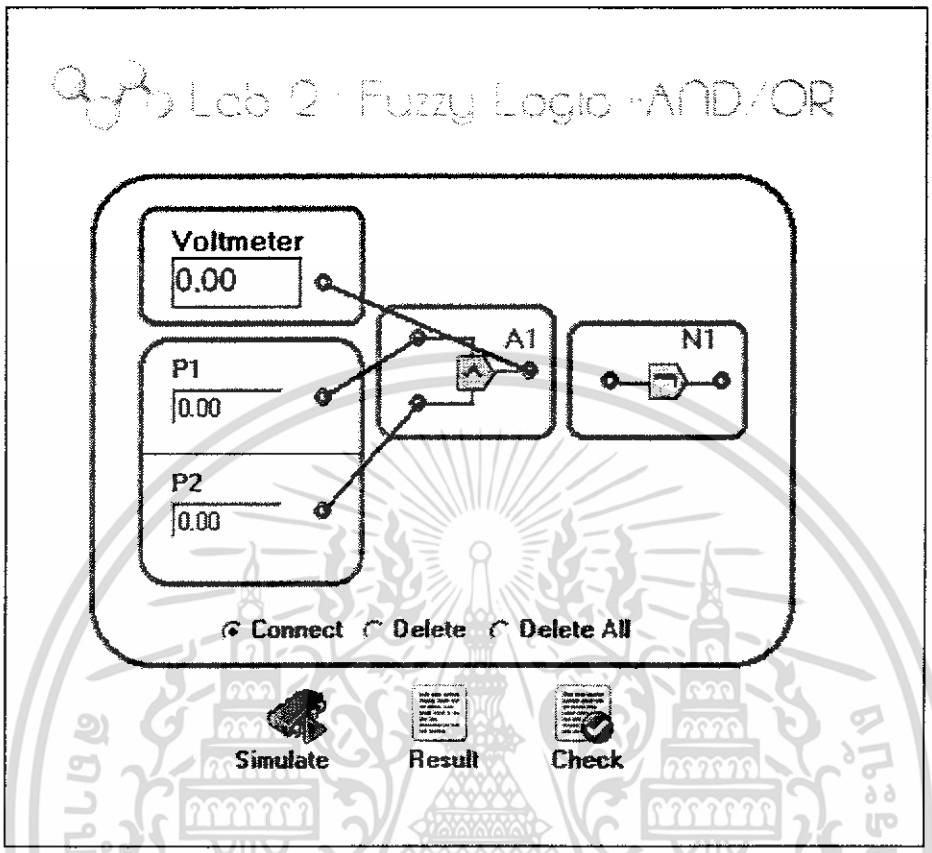


รูปที่ 4.6 แสดงการทำการทดลอง

ในการทดลองนั้นมีขั้นตอนดังนี้

- ลากเส้นเชื่อมระหว่างอุปกรณ์ โดยการกดที่ขาของอุปกรณ์ทั้ง 2 อุปกรณ์ ดังรูปที่ 4.7 ซึ่งจะทำการลากเส้นเชื่อมได้โหมดการทหลองต้องอยู่ที่ Connect ถ้าทำการกดซ้ำที่ขาของอุปกรณ์ตัวเดิมโปรแกรมจะไม่ทำการลากเส้นเชื่อมให้ หรือ ถ้ากดไม่โดนขาของอุปกรณ์โปรแกรมก็จะไม่ทำการลากเส้นเชื่อมให้

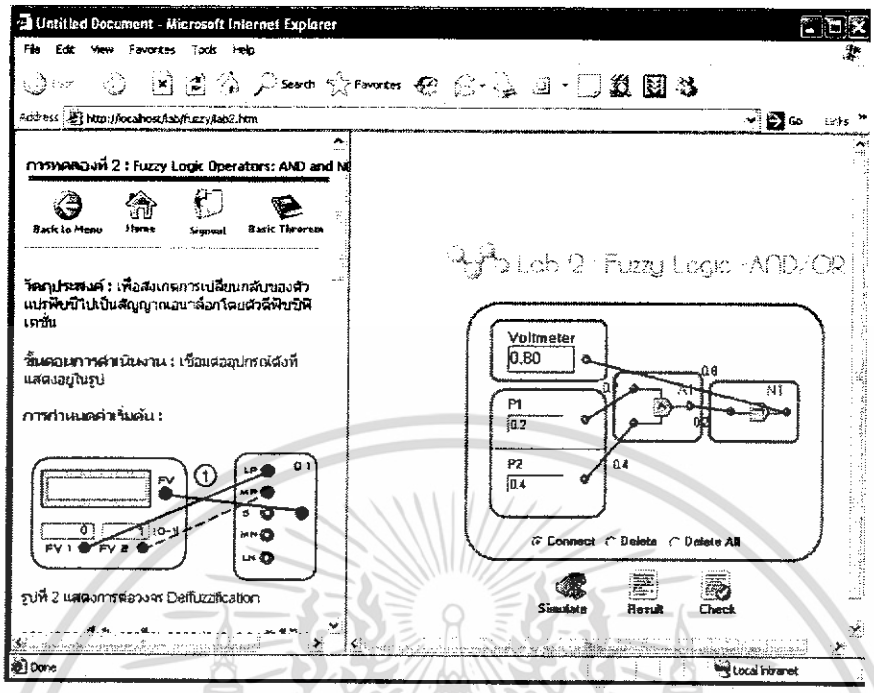
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



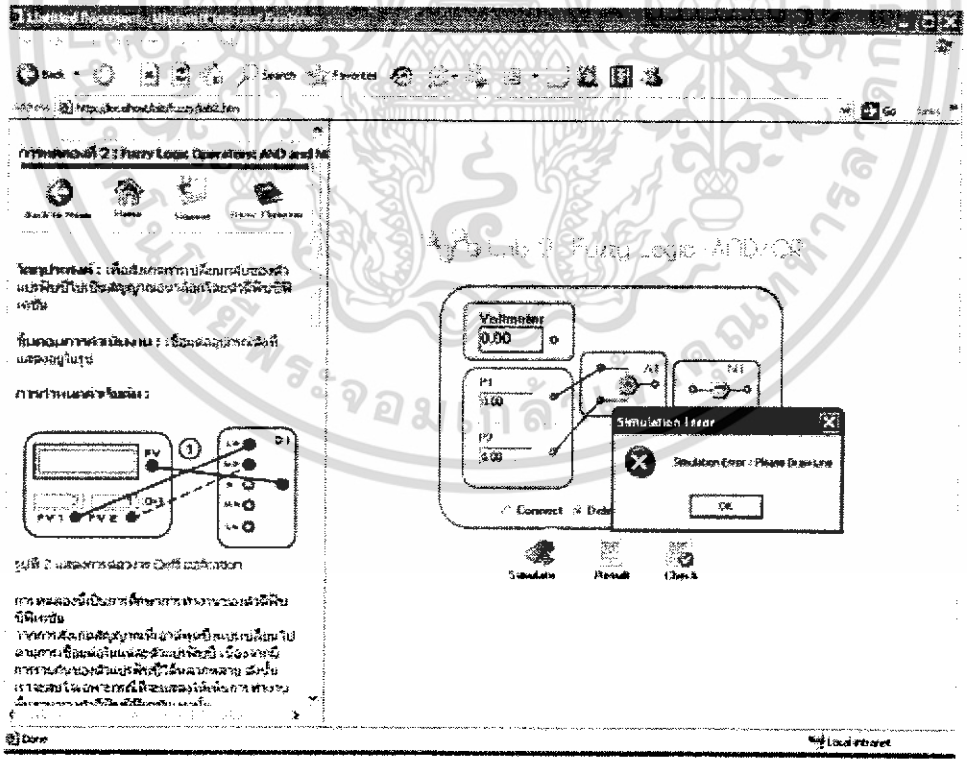
รูปที่ 4.7 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์

- เมื่อทำการลากเส้นเชื่อมระหว่างอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ใส่ค่าสำหรับเป็นค่าอินพุต
- กดปุ่ม Simulation เพื่อทำการประมวลผล โดยผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงอยู่ในส่วนแสดงผลที่เป็น Voltmeter และค่าที่ได้ในต่ละส่วนก็จะแสดงอยู่ระหว่างเส้น ดังรูปที่ 4.8 ถ้าทำการลากเส้นเชื่อมแล้วไม่ครบวงจร โปรแกรมจะมีข้อความเตือน ดังรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



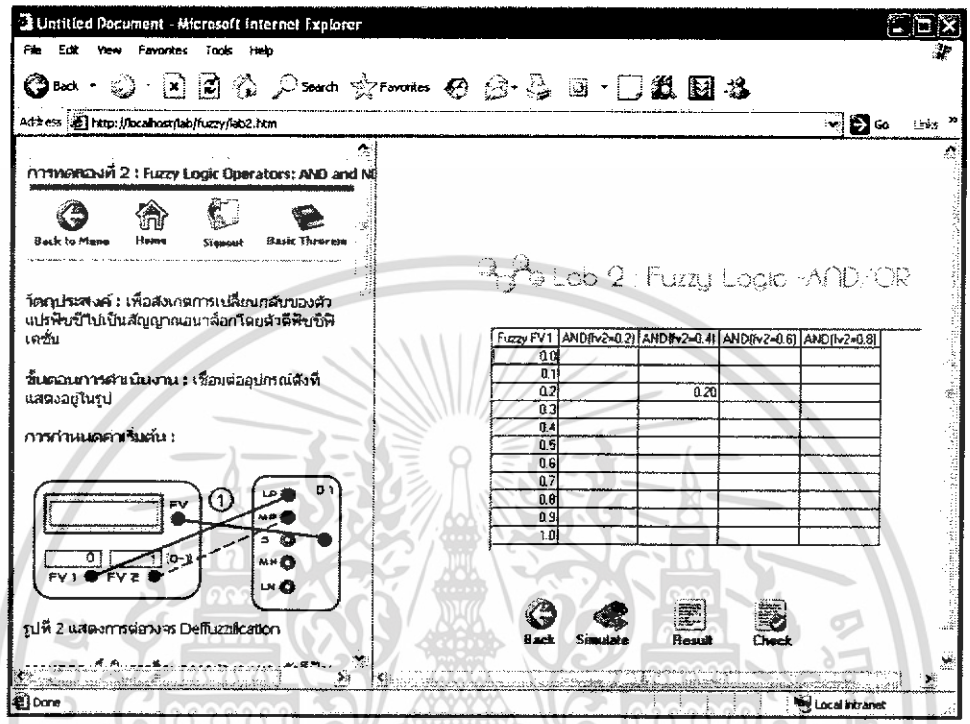
รูปที่ 4.8 แสดงค่าที่ได้จากการประมวลผล



รูปที่ 4.9 แสดงข้อความเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

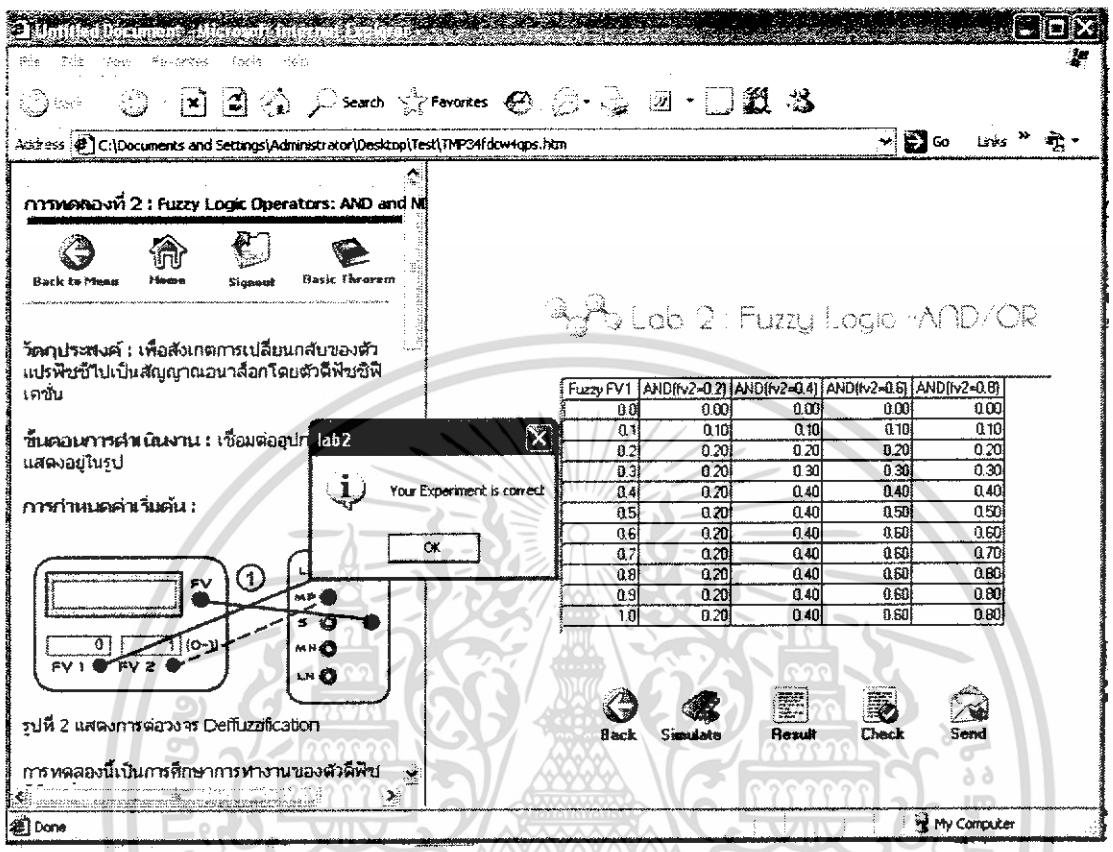
- ถ้าต้องการดูผลการทดลองที่อยู่ในรูปแบบของตารางก็ทำการกดปุ่ม Result ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงหน้าบันทึกผลการทดลอง

- กดปุ่ม Back เมื่อต้องการกลับไปทำการทดลองอีกครั้ง
- เมื่อทำการทดลองเสร็จกดปุ่ม Check เพื่อตรวจผลการทดลอง ถ้าผลการทดลองถูกต้อง โปรแกรมจะแสดงข้อความว่า “Your Experiment is correct” ดังแสดงในรูปที่ 4.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

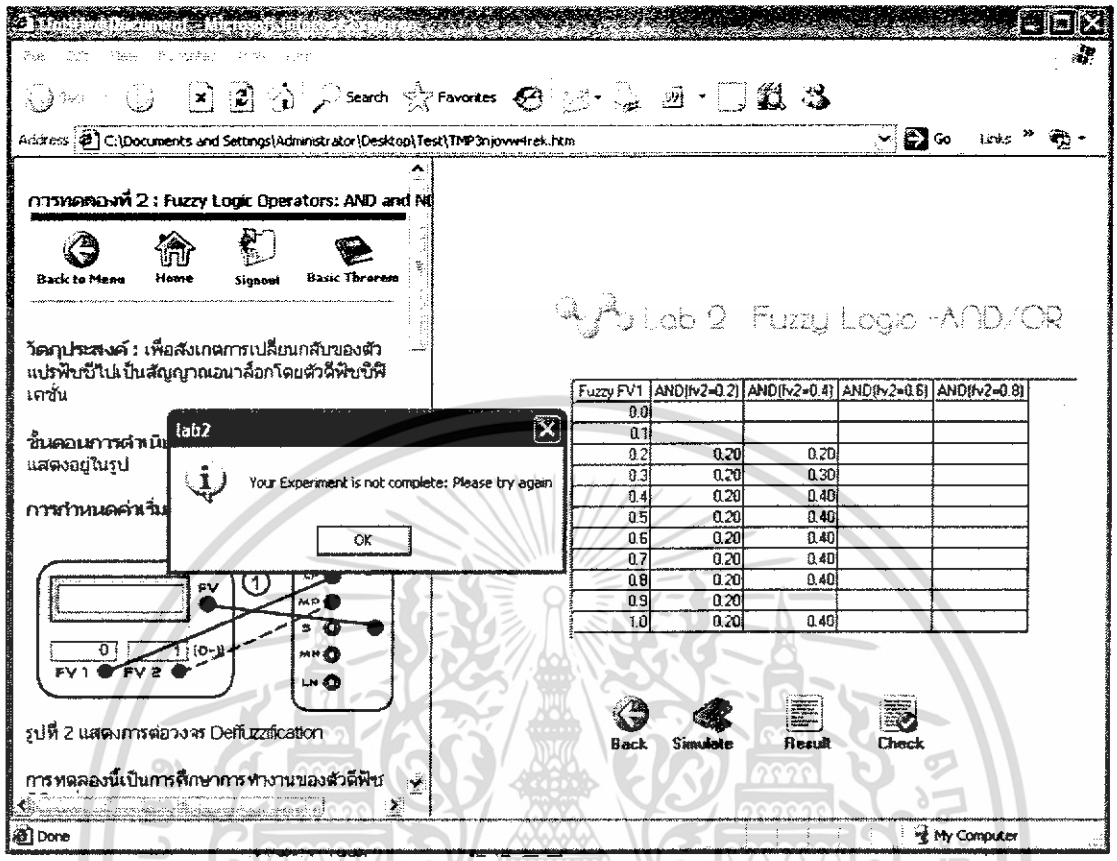


Fuzzy FV1	AND(fv2=0.2)	AND(fv2=0.4)	AND(fv2=0.6)	AND(fv2=0.8)
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.10	0.10	0.10	0.10
0.2	0.20	0.20	0.20	0.20
0.3	0.20	0.30	0.30	0.30
0.4	0.20	0.40	0.40	0.40
0.5	0.20	0.40	0.50	0.50
0.6	0.20	0.40	0.60	0.60
0.7	0.20	0.40	0.60	0.70
0.8	0.20	0.40	0.60	0.80
0.9	0.20	0.40	0.60	0.80
1.0	0.20	0.40	0.60	0.80

รูปที่ 4.11 แสดงข้อความยืนยันว่าคำตอบถูกต้อง

แต่เมื่อทำการทดลองยังไม่เสร็จแล้วกดปุ่ม Check โปรแกรมจะแสดงข้อความเตือนว่า “Your Experiment is not complete : Please try again ” ดังแสดงในรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

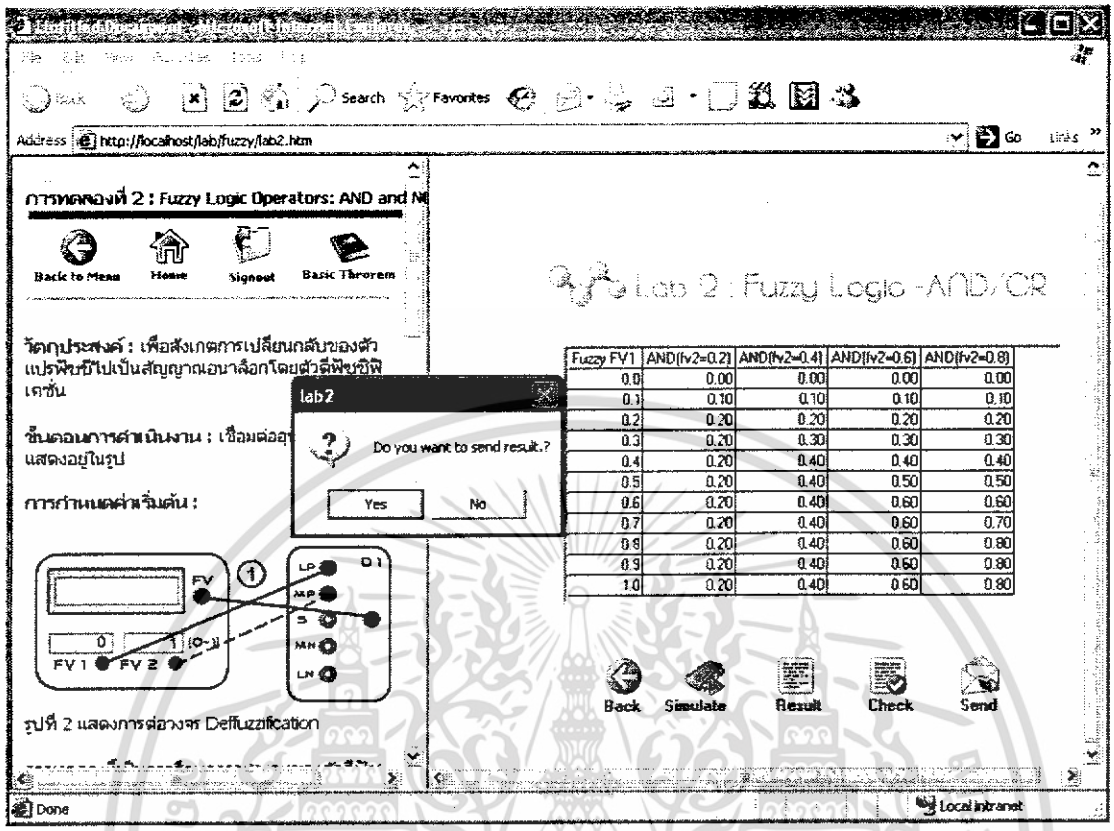


Fuzzy FV1	AND(fv2=0.2)	AND(fv2=0.4)	AND(fv2=0.6)	AND(fv2=0.8)
0.0				
0.1				
0.2	0.20	0.20		
0.3	0.20	0.30		
0.4	0.20	0.40		
0.5	0.20	0.40		
0.6	0.20	0.40		
0.7	0.20	0.40		
0.8	0.20	0.40		
0.9	0.20			
1.0	0.20	0.40		

รูปที่ 4.12 แสดงข้อความเตือนการทดลองยังไม่สำเร็จ

- เมื่อตรวจผลการทดลองแล้วถูกต้องแล้วปุ่ม Send ก็จะแสดงขึ้นมา ทำการกดปุ่ม Send เพื่อส่งผลการทดลองได้ ดังรูปที่ 4.13 โดยจะมีข้อความถามว่าต้องการจะส่งผลการทดลองหรือไม่ “Do you want to send result ?” เมื่อกด “yes” โปรแกรมก็จะทำการส่งผลการทดลองไปยังฐานข้อมูล โดยแสดงข้อความยืนยันการส่งผลการทดลองที่สำเร็จ “Sending complete ” และจะแสดงข้อความบอกคะแนนให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

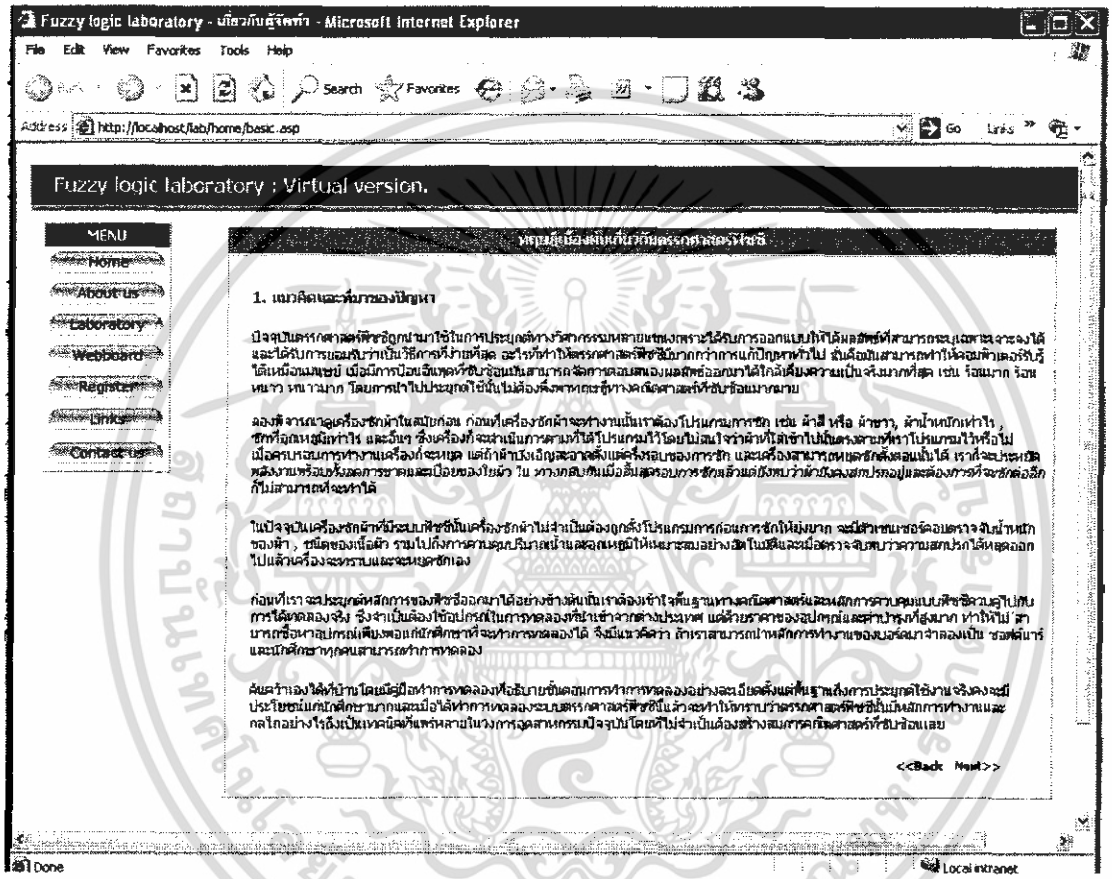


รูปที่ 4.13 แสดงการส่งผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เมนูในหน้าหลัก

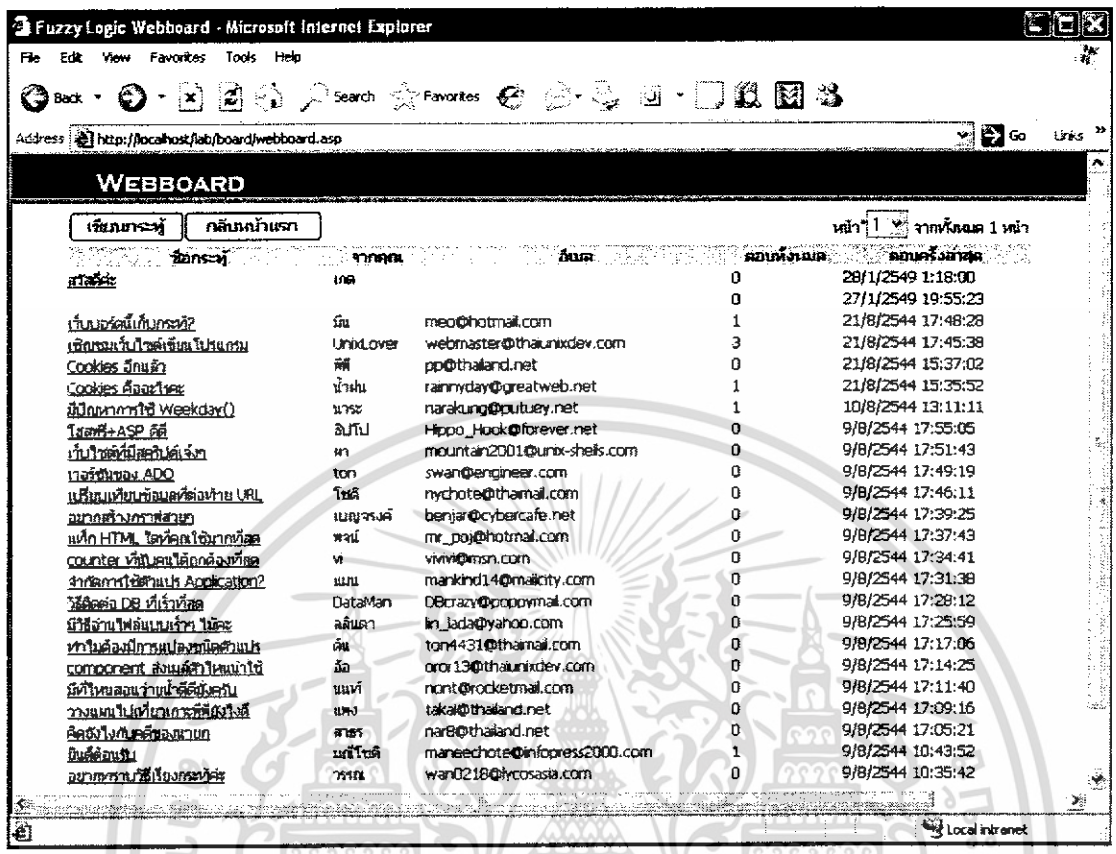
เลือกไปที่เมนู Theorem ของหน้าหลัก (Home Page) เพื่อทำการศึกษาทฤษฎีตรรกศาสตร์ฟัซซี จะได้หน้าทฤษฎีดังรูปที่ 4.14 โดยจะมีปุ่ม Back และ Next เมื่อต้องการดูทฤษฎีหน้าที่ผ่านมาแล้ว หรือดูหน้าถัดไป



รูปที่ 4.14 แสดงหน้าอ่านทฤษฎี

เลือกไปที่เมนูห้องสนทนา (Webboard) ของหน้าหลักจะแสดงห้องสนทนาขึ้นมา ใช้สำหรับเพื่อแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นหรือการประกาศข่าวต่างๆ ดังรูปที่ 4.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

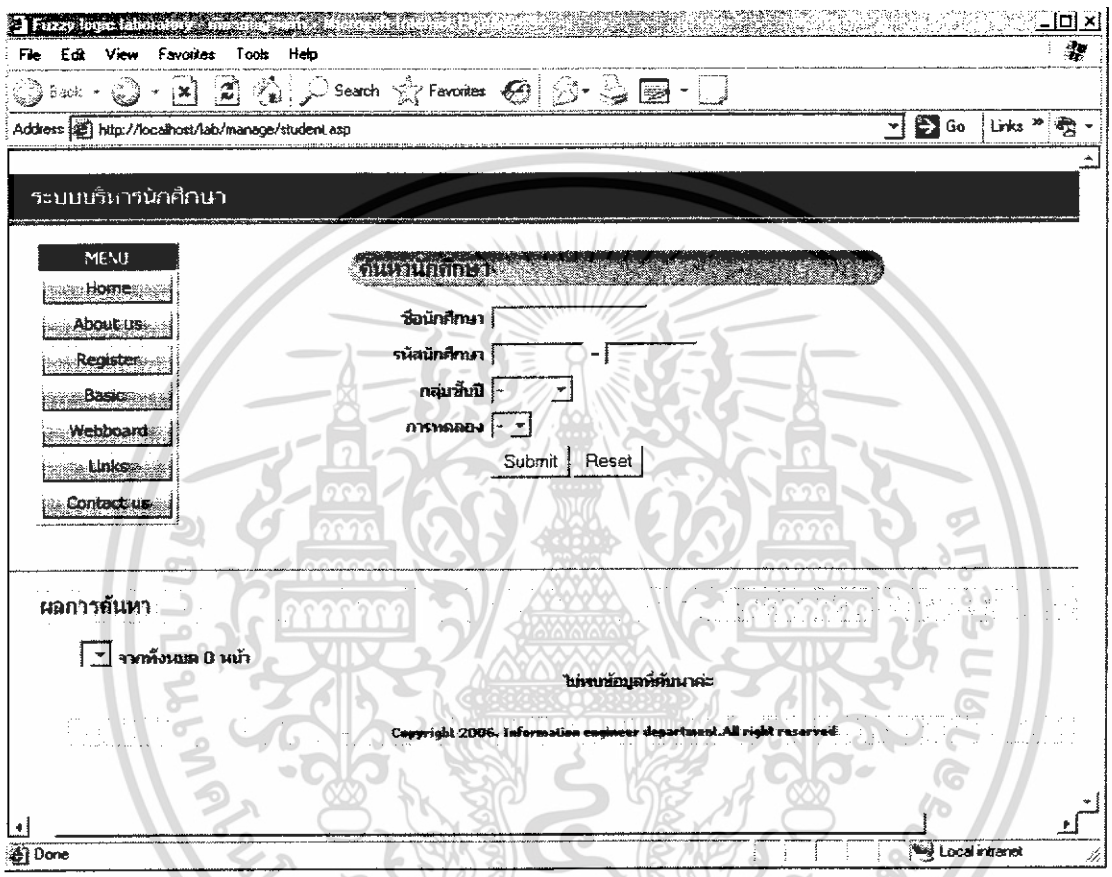


รูปที่ 4.15 แสดงหน้ากระดานสนทนา (Webboard)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การตรวจสอบนักศึกษาของอาจารย์

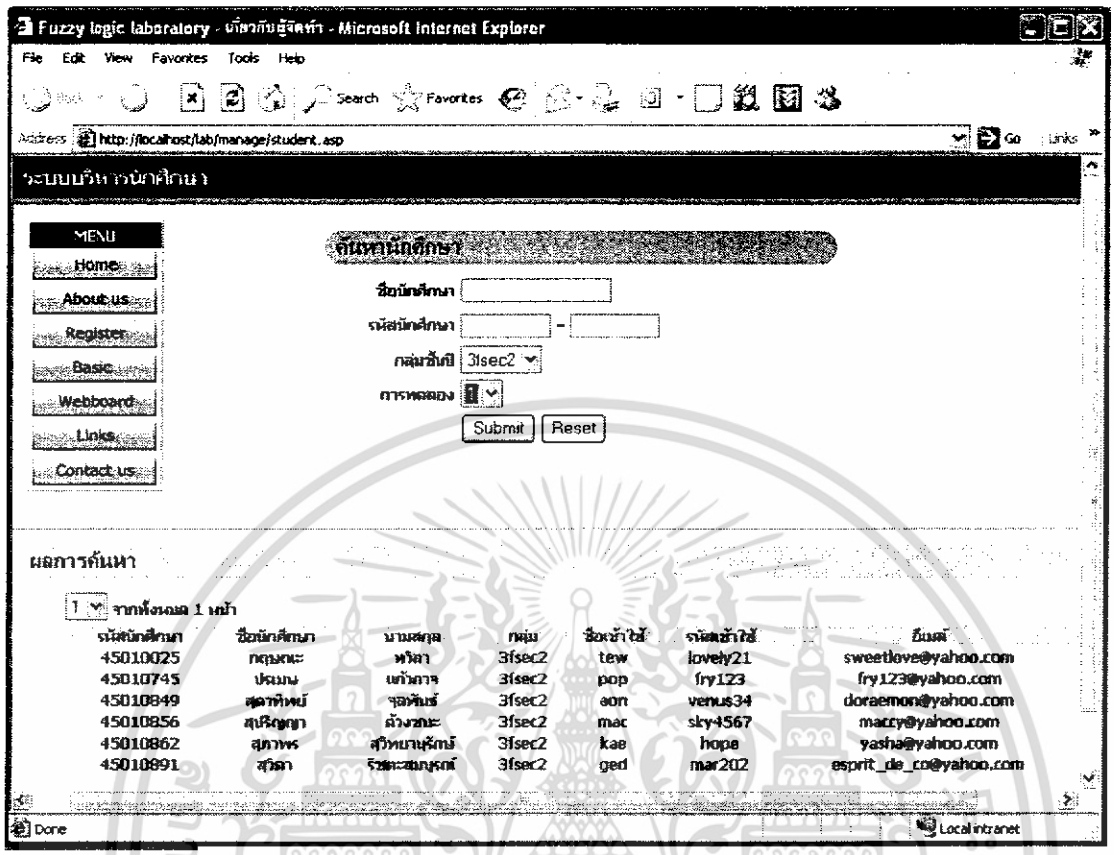
อาจารย์สามารถล็อกอินเข้าสู่ระบบค้นหานักศึกษาที่เข้าทำการทดลอง โดยเมื่ออาจารย์ล็อกอินสำเร็จจะแสดงหน้าจอดังรูปที่ 4.16 ซึ่งจะยังไม่มีข้อมูลใดๆแสดงอยู่



รูปที่ 4.16 แสดงหน้าจอล็อกอินเข้าสู่ระบบค้นหานักศึกษา

เมื่ออาจารย์ต้องการที่จะค้นหาข้อมูลของนักศึกษาทำได้โดยการใส่ชื่อนักศึกษา , รหัสนักศึกษา , กลุ่มชั้นปี หรือ การทดลองที่ได้ทำไปแล้ว แล้วกด Submit เพื่อทำการค้นหาข้อมูล ดังรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แสดงหน้าจอค้นหาข้อมูลของนักศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุปผล

5.1 บทวิจารณ์และสรุปผล

โปรแกรมชุดทดลองตรรกศาสตร์ฟัซซีเสมือนจริง ในการเข้าทำการทดลองของผู้ใช้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของนักศึกษา ส่วนของบุคคลทั่วไป โดยส่วนของนักศึกษาจะต้องทำการลงทะเบียนเพื่อใช้งานก่อนเพื่อเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งฐานข้อมูลนั้นจะเก็บ ชื่อนักศึกษา , นามสกุล , รหัสนักศึกษา , ชื่อผู้ใช้ , รหัสผู้ใช้ และ การทดลองที่ได้ทำแล้ว ซึ่งจะสะดวกต่อการตรวจสอบของอาจารย์เพื่อดูว่านักศึกษาคนใดยังไม่ได้ทำการทดลอง ส่วนในการทำการทดลองนั้น โปรแกรมจะเลือกชนิดของอุปรณ์มาให้เลย ผู้ใช้ไม่ต้องทำการเลือกอุปรณ์เองทำให้การทดลองเป็นไปอย่างถูกต้อง และเมื่อสร้างการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ผิดพลาดโปรแกรมจะไม่ทำการเชื่อมต่อให้ และผลที่ได้จะเป็นตัวเลขที่ชัดเจนทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลตามเส้นทางการเชื่อมต่อก่อนที่จะมาเป็นผลลัพธ์สุดท้าย เมื่อทำการทดลองเสร็จจะสามารถตรวจสอบคำตอบว่าถูกต้องหรือไม่ได้ทันที โดยการกดปุ่มตรวจสอบ ในการตรวจสอบนักศึกษาของอาจารย์นั้น อาจารย์จะต้องล็อกอินเข้าสู่หน้าค้นหาข้อมูลนักศึกษา โดยสามารถเลือกได้ว่าต้องการดูข้อมูลอะไรของนักศึกษา เช่น ชื่อนักศึกษา รหัสนักศึกษา กลุ่ม ทำให้สามารถค้นหาข้อมูลได้เร็วขึ้น

โปรแกรมชุดทดลองตรรกศาสตร์ฟัซซีเสมือนจริงนี้สามารถนำมาใช้ได้จริงโดยได้ทดลองนำไปใช้ประกอบการเรียนวิชา Information Engineering Laboratory ของภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศซึ่งทำให้การเรียนรู้สะดวกมากยิ่งขึ้น

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลอง

- โปรแกรมมีขนาดใหญ่ทำให้การโหลดข้อมูลทำได้ช้า
- โปรแกรมไม่สามารถรองรับกรณีที่มีหลายเครื่องเรียกใช้งานพร้อมกันได้
- เครื่องที่ไม่ได้ติดตั้ง plug in สำหรับ Active x Control เวลาเรียกใช้โปรแกรมการทดลองจะไม่สามารถแสดงได้ตั้งทำการติดตั้งก่อน
- ในการทำการทดลองเมื่อใส่ค่าที่เกินกำหนดที่จะอินพุตลงไปได้ โปรแกรมไม่มีการตรวจสอบและส่งข้อความเตือนทำให้ผู้ใช้ไม่ทราบว่าได้ใส่ข้อมูลที่ผิดลงไป
- โปรแกรมไม่สะดวกในการใช้งานเวลาที่ต้องการจะลบเส้นเชื่อมต่ออุปกรณ์ ซึ่งจะต้องกดทั้งจุดต้นและจุดปลายของอุปกรณ์เพื่อทำการลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมมีข้อจำกัดในการอินพุตค่าข้อมูล สามารถอินพุตค่าได้เพียงครั้งละ 1 ตัวเลข
- การทดลองค่อยข้างจะเสียเวลาเพราะต้องทำการทดลองซ้ำแบบเดิมเพียงแต่แค่เปลี่ยนค่าที่อินพุตเข้ามา

5.3 แนวทางในการพัฒนาโครงงานต่อ

1. เปลี่ยนภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมที่มีความยืดหยุ่นสูงกว่า VB และรองรับการทำงานบนเครือข่ายอินเตอร์เนตที่ดีกว่า
2. ปรับปรุงลักษณะการเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้มีความสะดวกและน่าใช้งานมากกว่านี้
3. เพิ่มความสามารถของโปรแกรมให้สามารถวาดกราฟที่ได้จากการทดลองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Fuzzy logic with engineering Application ,TJMOTHY J.ROSS

[2] Uncertain Rule-Based Fuzzy logic Systems,Jerry M.Mendel

[3] ศุภชัย สมพานิช , Database Programing with Visual Basic ฉบับมืออาชีพ

[4] มณีโชติ สมานไทย , รวมโปรเจ็กต์ ASP เพื่อการสร้างเว็บไซต์ที่สมบูรณ์ , บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด , ธันวาคม 2544

[5] พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร , Advance Visual Basic ฉบับ Object & Component , บริษัท โปรวิชั่น จำกัด , 2548

[6] สาธิต ชัยวิวัฒน์ตระกูล , เติมเทคนิค MySQL ให้เต็มประสิทธิภาพ , บริษัท วิตตี้กรุ๊ป จำกัด , 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้