วิธีการรวมข้อมูลแบบหลายตัวตรวจจับในระดับสัญญาณประยุกต์ใช้เพื่อการตรวจพบพฤติกรรมของมนุษย์

Multi – sensor Data Fusion Using Signal Layer Apply on Human Behavior Detection

ศักดิ์รพี ขุนเพ็ชร

Sakrapee Khunpetch

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Computer Engineering
Prince of Songkla University
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

วิธีการรวมข้อมูลแบบหลายตัวตรวจจับในระดับสัญญาณประยุกต์ใช้เพื่อการตรวจพบพฤติกรรมของมนุษย์

Multi – sensor Data Fusion Using Signal Layer Apply on Human Behavior Detection

ศักดิ์รพี ขุนเพ็ชร

Sakrapee Khunpetch

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Engineering in Computer Engineering
Prince of Songkla University
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ วิธีการรวมข้อมูลแบบหลายตัวตรวจจับในระดับสัญญาณประยุกต์ใช้เพื่อการตรวจพบพฤติกรรมของมนุษย์

ผู้เขียน นายศักดิ์รพี ขุนเพ็ชร

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	**คณะกรรมการสอบ**
.....	.....ประธานกรรมการ
(ดร. อนันท์ ชกสุริวงค์)	(ผศ.ดร. นิคม สุวรรณวร)
	.....กรรมการ
	(ดร. อนันท์ ชกสุริวงค์)
	.....กรรมการ
	(ผศ.ดร. สุพจน์ จันทร์วิพัฒน์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ……..…….

(ดร. อนันท์ ชกสุริวงค์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ……..…….

(นายศักดิ์รพี ขุนเพ็ชร)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ……..…….……

(นายศักดิ์รพี ขุนเพ็ชร)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ วิธีการรวมข้อมูลแบบหลายตัวตรวจจับในระดับสัญญาณประยุกต์ใช้เพื่อการตรวจพบพฤติกรรมของมนุษย์
ผู้เขียน นายศักดิ์รพี ขุนเพ็ชร
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการวิจัยที่ประยุกต์ใช้เทคนิคของฟัซซีลอจิกในการรวมข้อมูลจากหลายตัวตรวจจับเพื่อใช้ในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอ 2 ระบบหลักคือ ระบบจำแนกกิจกรรมพื้นฐานโดยใช้ข้อมูลจำลองทดลองด้วยโปรแกรมจำลอง FisPro และระบบจำแนกกิจกรรมพื้นฐานโดยใช้ข้อมูลที่ได้มาจากเซนเซอร์จริงทดลองด้วยโปรแกรม LabVIEW ซึ่งในสองระบบดังกล่าวได้นำเสนอการออกแบบระบบโดยใช้ทฤษฎีเรื่องฟัซซีลอจิกมาประยุกต์ใช้ ในการออกแบบเริ่มต้นด้วยการศึกษาข้อมูลของเซนเซอร์ที่ต้องการใช้ จากนั้นทำการสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของแต่ละเซนเซอร์เพื่อใช้ในการสร้างกฎฟัซซีโดยกฎที่ออกแบบจะต้องมีความครอบคลุมกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ 1 คนที่ต้องการจำแนกคือ นั่ง, ยืน, นอน, เดิน, เข้า-ออก ประตู เมื่อออกแบบกระบวนการทางฟัซซีเสร็จสิ้นจากนั้นทำการทดลองระบบด้วยโปรแกรมจำลองโดยใช้ชุดข้อมูลที่ได้จำลองสร้างขึ้นมาเพื่อประเมินประสิทธิภาพความคงทนของระบบที่ออกแบบด้วยค่า PI (Performance Indices) เมื่อทำการสุ่มข้อมูลที่มีการสูญเสียเข้าไปในระบบซึ่งมีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างดี จากนั้นจึงทำการทดลองด้วยโปรแกรม LabVIEW ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการทางฟัซซีเป็นข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์จริง โดยการทดลองจะประกอบไปด้วย 4 การทดลองย่อยคือ ห้องนั่งเล่น, ห้องทำงาน, ห้องนอน, และห้องโถง เพื่อประเมินประสิทธิภาพความถูกต้องของการจำแนกกิจกรรมของระบบเมื่อเปรียบเทียบกับการตัดสินใจของมนุษย์ ดังนั้นจึงได้ค่าเฉลี่ยของความถูกต้องในการจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของทั้งระบบคือ 87.92%

Thesis Title Multi–sensor Data Fusion Using Signal Layer Apply on Human Behavior Detection

Author Mr.Sakrapee Khunpetch

Major Program Computer Engineering

Academic Year 2014

ABSTRACT

This thesis proposes fuzzy logic techniques by applying multi-sensor data fusion for human activity detection and recognition. There are two main system : multi-sensor data fusion using dataset from simulation program and multi-sensor data fusion using dataset from real sensors on LabVIEW program. We propose using fuzzy logic model design by study sensors detail and create fuzzy rule to classification that can be categorized into 5 activity is sitting, standing, sleeping, walking and in-out the door for 1 person in the room. For the simulation, performance test in FisPro (Fuzzy Inference System Professional) is measured using the performance Indices (PI), give the best performance when occur data loss from sensors. Next step, multi-sensor data fusion test using dataset from real sensors on LabVIEW program. The performance is measured precision values that comprises 4 main test : living room, working room, bedroom and hallway. We found that the average of precision values about 87.92%

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณา ร่วมมือและช่วยเหลือจากหลายท่าน ซึ่งผู้เขียนใคร่ขอประกาศเกียรติคุณ ไว้ ณ โอกาสนี้อันดับแรกขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก คือ อาจารย์อนันท์ ชกสุริวงค์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ และแก้ไขรายงานวิจัยตลอดเวลา จนรายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประศาสน์วิชาความรู้แขนงต่างๆ ให้แก่ผู้เขียน ทำให้ผู้เขียนสามารถทำรายงานวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบพระคุณผู้แต่งและเรียบเรียง ตำรา เอกสาร และผลงานวิจัยต่างๆ ที่ผู้เขียนได้อ้างอิง ตลอดจนนักศึกษาและบุคลากรสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในรายงานการวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตเวทีตาแก่บิดา มารดา บูรพาจารย์และผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ที่มีส่วนร่วมในการอบรมสั่งสอน ทั้งวิทยาการ คุณธรรม จริยธรรม จนทำให้ผู้เขียนประสบความสำเร็จและขอส่งผลสำเร็จ ทั้งมวลสู่การพัฒนาการบริหารงานของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ต่อไป

ศักดิ์รพี ขุนเพ็ชร

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(10)
รายการภาพประกอบ	(11)
บทที่	
1.บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.3 วัตถุประสงค์	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.5 วิธีการวิจัย	6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.7 ทรัพยากรที่ใช้ในการทดสอบ	7
2.ทฤษฎีและหลักการ	8
2.1 การรวบรวมข้อมูล	8
2.2 รูปแบบการจำแนกข้อมูล	9
2.3 แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับฟัซซีลอจิก	10
2.3.1 ฟัซซีเซต	10
2.3.2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก	11
2.3.3 รูปแบบกฎฟัซซี	14
2.3.4 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซี	15
2.3.5 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก	16
2.3.6 วิธีการทำค่าฟัซซีให้เป็นค่าทั่วไป	18
2.3.7 ชนิดของระบบกฎฟัซซี	21
2.4 สรุป	23
3. การออกแบบและพัฒนาระบบ	24
3.1 แนวคิดในการออกแบบ	24
3.2 การออกแบบโครงสร้างของระบบ	24
3.3 การวิเคราะห์และตำแหน่งของตัวตรวจจับในระบบ	27

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3.1 การเลือกชนิดของตัวตรวจจับ 27
3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลของตัวตรวจจับ 29
3.3.3 การวางตำแหน่งของเซนเซอร์ 31
3.4 ระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ฟัซซีลอจิก 32
3.4.1 ระบบตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลจำลอง 32
3.4.2 ระบบตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง 39
3.5 สรุป 44
4. ผลการทดลอง 45
4.1 การทดลองที่ 1 ระบบที่ใช้โปรแกรมจำลอง 45
4.2 การทดลองที่ 2-1 ระบบที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริงภายในห้องนั่งเล่น 47
4.3 การทดลองที่ 2-2 ระบบที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริงภายในห้องทำงาน 49
4.4 การทดลองที่ 2-3 ระบบที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริงภายในห้องนอน 51
4.5 การทดลองที่ 2-4 ระบบที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริงภายในห้องโถง 53
4.6 สรุป 54
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 56
5.1 สรุปผลการวิจัย 56
5.2 ข้อเสนอแนะ 57
เอกสารอ้างอิง 58
ภาคผนวก 59
ภาคผนวก ก. ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่จากวิทยานิพนธ์ 60
ประวัติผู้เขียน 65

รายการตาราง

หน้า

ตาราง		
3-1	รายละเอียดและการวิเคราะห์ตัวตรวจจับ	28
3-2	รายละเอียดการออกแบบกฎ	35
3-3	ประสิทธิภาพในการจำแนกกิจกรรมของกฎแต่ละกฎภายในห้องทำงาน (Zone A)	36
3-4	ประสิทธิภาพในการจำแนกกิจกรรมของกฎแต่ละกฎภายในห้องนอน (Zone B)	37
3-5	ประสิทธิภาพในการจำแนกกิจกรรมของกฎแต่ละกฎภายในห้องนั่งเล่น (Zone C)	37
3-6	ประสิทธิภาพในการจำแนกกิจกรรมของกฎแต่ละกฎภายในห้องโถง (Zone D)	37
4-1	ผลลัพธ์ของค่า PI จากกระบวนการวัดประสิทธิภาพระบบของโปรแกรมจำลอง	46
4-2	ผลลัพธ์ค่าความถูกต้องของระบบภายในห้องนั่งเล่น	48
4-3	ผลลัพธ์ค่าความถูกต้องของระบบภายในห้องทำงาน	50
4-4	ผลลัพธ์ค่าความถูกต้องของระบบภายในห้องนอน	52
4-5	ผลลัพธ์ค่าความถูกต้องของระบบภายในห้องโถง	53
4-6	ผลลัพธ์ของค่าความถูกต้องเฉลี่ยของการทดลองในระบบ	55

รายการภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ

1-1	ทฤษฎีสำหรับเทคนิคการรวมข้อมูล	5
2-1	ระดับการรวมข้อมูล	8
2-2	กราฟของฟังก์ชันสามเหลี่ยม	11
2-3	กราฟของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู	12
2-4	กราฟของฟังก์ชันเกาส์เซียน	12
2-5	กราฟของฟังก์ชันระฆังคว่ำ	13
2-6	กราฟของฟังก์ชันตัวเอส	13
2-7	กราฟของฟังก์ชันตัวแซด	14
2-8	โครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซี	15
2-9	ตัวอย่างกระบวนการตัดสินใจในระบบกฎฟัซซี	16
2-10	การประมวลผล Max-Min Inference กับค่า Crisp Input $x0$ และ $y0$	17
2-11	กระบวนการการแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าเอาต์พุตทั่วไป	17
2-12	การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีถ่วงน้ำหนัก	18
2-13	การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีแบ่งครึ่งของพื้นที่	19
2-14	การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุด	19
2-15	การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีวิธีค่าน้อยสุดของค่าสูงสุด	20
2-16	การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีค่ามากสุดของค่าสูงสุด	20
2-17	การเปรียบเทียบการแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีต่าง ๆ	21
2-18	กลุ่มของระบบกฎฟัซซี	21
3-1	โครงสร้างพื้นฐานในระดับสัญญาณ	25
3-2	การประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกในระบบ	26
3-3	การแบ่งพื้นที่ในสิ่งแวดล้อมที่ออกแบบ	29
3-4	ระดับเสียง	30
3-5	สถานะของการเคลื่อนไหวของมนุษย์	30
3-6	ระดับแรงกดทับของมนุษย์	31
3-7	สถานะของการ เปิด - ปิด ประตู	31
3-8	ตำแหน่งเซนเซอร์ในบริเวณที่ออกแบบ	32

รายการภาพประกอบ(ต่อ)

หน้า

ภาพประกอบ

3-9 ขั้นตอนที่ 1 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 33

3-10 การสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก 33

3-11 ขั้นตอนที่ 2 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 34

3-12 ขั้นตอนที่ 3 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 38

3-13 ขั้นตอนที่ 4 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก 38

3-14 กระบวนการทำงานของระบบ 40

3-15 บล็อกไดอะแกรมของระบบ 41

3-16 หน้าต่างอินเตอร์เฟสของระบบ 43

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันการเฝ้าระวังและการสังเกตพฤติกรรมของมนุษย์ภายในบ้าน มีการพัฒนามากขึ้น เพื่อที่จะลดอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาของผู้อยู่อาศัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สูงอายุซึ่งความสามารถในการช่วยเหลือตัวเองมีน้อยลง การพัฒนาวิธีการตรวจจับและรู้จำพฤติกรรมของมนุษย์โดยใช้ข้อมูลจากไฟล์วิดีโอเพียงอย่างเดียวจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ทำให้ความถูกต้องในการตัดสินใจลดน้อยลง เนื่องจากอุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้น เช่น การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมของบริเวณที่เฝ้าระวังหรือข้อมูลจากตัวตรวจจับขาดหาย เป็นต้น สาเหตุเหล่านี้ทำให้ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจหรือตอบคำถาม จึงมีแนวความคิดที่จะเพิ่มชนิดและจำนวนตัวตรวจจับเพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้รับมากขึ้นมาช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและเพิ่มความถูกต้อง

การรวมข้อมูลที่เป็นการนำข้อมูลจากหลายตัวตรวจจับช่วยเพิ่มความครบถ้วน แม่นยำและน่าเชื่อถือของข้อมูลมากขึ้น มีการนำมาประยุกต์ใช้ ทั้งทางด้านการทหาร การแพทย์ หรือการประมวลผลภาพ เป็นต้น การรวมข้อมูลถ้าแบ่งตามระดับของข้อมูลจะสามารถแบ่งได้ 3 ระดับ คือ 1)การรวมระดับข้อมูล(Direct Level) เป็นระดับที่มีการรวมข้อมูลดิบมาจากหลายตรวจจับ มีความสมบูรณ์ของข้อมูล แต่จะมีความซับซ้อนในการประมวลผล เนื่องจากข้อมูลมีปริมาณมาก 2)การรวมระดับลักษณะเด่น(Feature Level) เป็นระดับที่หาลักษณะเด่นของแต่ละเซนเซอร์แล้วค่อยนำข้อมูลมารวมเข้าด้วยกัน 3)การรวมระดับการตัดสินใจ(Decision Level) เป็นการนำข้อมูลที่มีการตัดสินใจมาแล้วจากหลายๆที่ ในระดับนี้การจัดการกับข้อมูลจะง่ายเนื่องจากมีข้อมูลน้อยแต่ทำการวิเคราะห์ได้ยากกว่าเนื่องจากข้อมูลผ่านกระบวนการคัดกรองมาก่อนแล้ว

การเพิ่มตัวตรวจจับที่มีชนิดต่างกันและจำนวนมากขึ้น นำมาซึ่งประเด็นวิจัยว่า ตัวแบบการตรวจจับ (Sensing Model) จะช่วยให้เก็บข้อมูลที่มีคุณลักษณะและความสำคัญแตกต่างกันเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้ในการระบุพฤติกรรมของมนุษย์ การรวมข้อมูลระดับสัญญาณนั้นจะมีการ

รับข้อมูลดิบจากเซนเซอร์จำนวนมาก การนำข้อมูลเหล่านี้มารวมกันจะต้องพิจารณาคุณลักษณะและการทำงานของเซนเซอร์ในแต่ละชนิดให้เหมาะสมกับงานมากที่สุด เนื่องจากสัญญาณเอาต์พุตมีความแตกต่างกันจึงต้องมีการจัดการช่องทางการสื่อสารระหว่างข้อมูลที่ดีเพื่อที่จะได้ข้อมูลจากเซนเซอร์ที่มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ให้สามารถตอบคำถามได้ ในที่นี้คำตอบคือพฤติกรรมหรือกิจกรรมที่กำลังกระทำอยู่

วิทยานิพนธ์นี้จึงนำมาซึ่งแนวคิดที่จะพัฒนาวิธีการรวมข้อมูลจากเซนเซอร์ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้ คือ การเลือกชนิดเซนเซอร์, การวางตำแหน่งเซนเซอร์, การออกแบบโมเดลการรวมข้อมูล และ การตัดสินใจระดับเซนเซอร์ ซึ่งกระบวนการตัดสินใจเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้หาคำตอบที่ดีที่สุดในการจำแนกกิจกรรมมนุษย์ จะใช้ทฤษฎีเรื่องฟัซซีลอจิก (Fuzzy logic) เป็นหลักในการวิเคราะห์ เนื่องจากฟัซซีลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งที่มีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (Uncertain) อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (Fuzzy) จากแนวความคิดเกี่ยวกับความไม่แน่นอนได้มีการขยายแนวคิดเพื่อนำไปประยุกต์ ใช้ในการสร้างโมเดลการรวมข้อมูลจากหลายตัวตรวจจับ เพื่อประยุกต์ใช้ในการระบุพฤติกรรมมนุษย์

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 Data Fusion Modern Surveillance [1]

บทความนี้นำเสนอกระบวนการรวมข้อมูลโดยใช้ JDL model ซึ่งได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน โดยประกอบด้วยกระบวนการทั้งหมด 5 ระดับ และ ฐานข้อมูล

1. Level0 เป็นการบันทึกข้อมูลดิบที่ได้จากเซนเซอร์หลายๆชนิดเพื่อที่จะประมาณและทำนายในระดับสัญญาณหรือพิกเซล
2. Level1 เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ เพื่อที่จะประมาณและทำนายความสัมพันธ์ของคุณลักษณะเด่นเพื่อใช้ในการติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุ
3. Level2 เป็นกระบวนการประมาณและทำนายคุณลักษณะเด่นของข้อมูลที่สัมพันธ์กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นภายในสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ

4. Level3 เป็นกระบวนการประมาณและทำนายความสัมพันธ์จากการรวมลักษณะเด่นของข้อมูลจากแหล่งต่างๆ
5. Level4 เป็นการอัพเดตข้อมูลเพื่อที่จะเลือกใช้ข้อมูลในกระบวนการต่อไป

1.2.2 Multi-sensor Fusion and Integration: Theories, Applications, and its Perspective [2]

บทความนี้รวบรวมทฤษฎีที่ใช้ในการรวมข้อมูลสำหรับการใช้ตัวตรวจจับหลายๆ ชนิด และวิเคราะข้อดี ข้อด้อยของแต่ละวิธี รวมถึงสรุปทฤษฎีที่นำมาใช้ในแต่ละระดับในการรวมข้อมูลและการประยุกต์ใช้ต่างๆ ที่น่าสนใจของบทความนี้ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยคือส่วนของทฤษฎีที่ใช้ในการรวมข้อมูลในระดับสัญญาน (Low-Level Fusion) ที่ผู้เขียนได้สำรวจและรวบรวมไว้มีอยู่ 4 ทฤษฎีคือ Kalman filter, Extended Kalman filter, Weighted average และ Least squares และแสดงข้อดี ข้อจำกัดของแต่ละทฤษฎี ช่วยเป็นแนวทางในการเลือกทฤษฎีไปใช้ได้อย่างเหมาะสม

1.2.3 Multi-sensor Based Human Activity Detection for Smart Homes [3]

บทความนี้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจจับกิจกรรมของมนุษย์โดยใช้หลายตัวตรวจจับ มีเทคนิคการออกแบบของการตรวจจับแบบหลายตัวตรวจจับโดยที่เซนเซอร์ต่างชนิดกันจะให้ข้อมูลจากการตรวจจับที่มีความสำคัญที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความต้องการของผู้ออกแบบระบบ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาด้วยการใช้เซนเซอร์ภาพและเสียง ในการจำแนกเหตุการณ์ที่ต้องการโดยที่ Video Sensors จะใช้วิธีการ Background Subtraction ส่วน Audio Sensors จะทำการรวมระดับเสียงและความเข้มเสียง อีกทั้งยังได้นำเสนอแนวความคิดที่จะใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์ที่มาจาก 3 ส่วนหลักๆ คือ เซนเซอร์แบบไร้สาย, เซนเซอร์แบบสาย และเซนเซอร์แบบเคลื่อนที่อิสระ ซึ่งสามารถประยุกต์เพื่อนำไปสู่การออกแบบ “ตัวแบบการตรวจจับ”

1.2.4 Multi-sensor Analysis for Everyday Activity Monitoring [4]

บทความนี้นำเสนองานวิจัยเกี่ยวกับการเฝ้าระวังหรือติดตามกิจกรรมของผู้สูงอายุภายในบ้านโดยใช้ Video และ Contact เซนเซอร์ การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของมนุษย์ 1 คนภายในบ้านโดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆคือส่วนแรกคือใช้ข้อมูลจากวิดีโอ ส่วนที่สองจะใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์อื่นๆ โดยการติดตั้งจะเป็นตำแหน่งที่มีความสำคัญ เช่น Pressure sensors จะติดตั้งบริเวณที่มีการกดทับ (เก้าอี้, ที่นอน), Contact sensors ติดตั้งบริเวณที่มีการเปิด-ปิด (ประตู, หน้าต่าง), Water sensors ติดตั้งบริเวณที่มีน้ำไหล (อ่างล้างหน้า, ชักโครก) เป็นต้น ส่วนที่สามจะ

เป็นการรวมกันระหว่างวิดีโอกับเซนเซอร์อื่น ในกระบวนการรวมข้อมูลจะเป็นการสร้างกฎขึ้นมาจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อรองรับสถานการณ์ต่างๆ จากแนวความคิดข้างต้นการเพิ่มชนิดของเซนเซอร์สามารถให้ข้อมูลเพิ่มเติมในการระบุกิจกรรมได้มากขึ้น

1.2.5 Multi-sensor Fusion for Monitoring Elderly Activities at Home [5]

บทความนี้นำเสนอการเฝ้าระวังกิจกรรมภายในบ้านโดยใช้ตัวตรวจจับหลายชนิด โดยมีการรวมข้อมูลในระดับการตัดสินใจโดยมีตัวตรวจจับดังนี้ 1. กล้องวิดีโอ 2. ตัวตรวจจับการใช้งาน 3. ตัวตรวจจับแรงกด 4. ตัวตรวจจับน้ำไหล 5. ตัวตรวจจับกระแสไฟ และ 6. ตัวตรวจจับว่ามีคน แต่ละตัวตรวจจับมีการตัดสินใจเบื้องต้นจากนั้นรวมข้อมูลโดยใช้เงื่อนไขที่ออกแบบมาเพื่อจำแนกกิจกรรมต่างๆกับพื้นที่ทดลอง มีกิจกรรมที่รองรับคือ ดูทีวี เตรียมอาหาร รับประทานอาหาร ล้างจาน ทำความสะอาดครัว

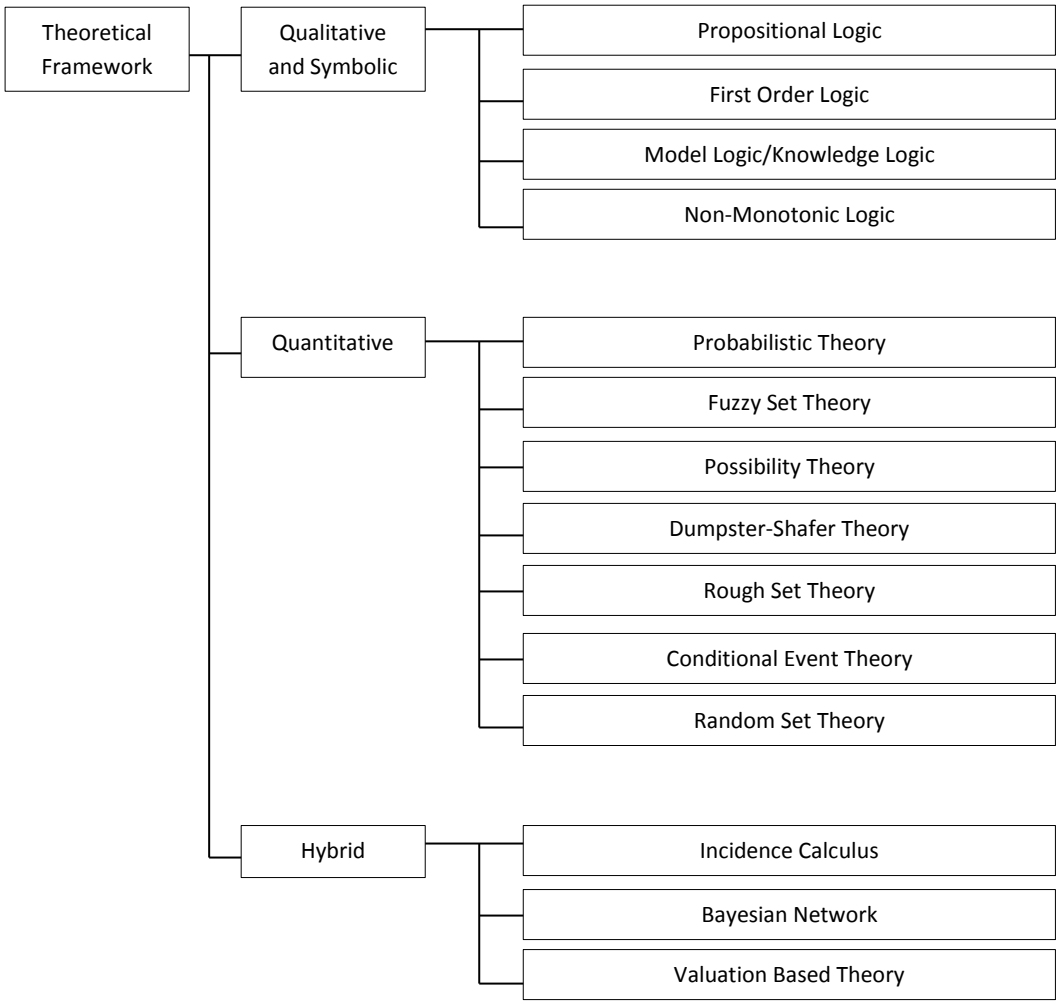
1.2.6 A Pervasive Multi-sensor Data Fusion for Smart Home Healthcare Monitoring [6]

บทความนี้ได้นำเสนอระบบเฝ้าระวังระยะไกลผ่านทางอินเทอร์เน็ตสำหรับผู้สูงอายุแบบอัตโนมัติ โดยในระบบประกอบไปด้วยเซนเซอร์ 3 ชนิด คือ 1.Microphones ตรวจจับระดับเสียงในสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ 2. RFpart ตรวจจับท่าทางของมนุษย์จากอัตราการเต้นของหัวใจ 3. Infrared ตรวจจับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ผลของการตัดสินใจแยกออกเป็นสองส่วนคือการตัดสินใจในการแจ้งเตือน กับการตัดสินใจในการบอกตำแหน่งของบุคคล งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการรวบรวมข้อมูลโดยการใช้ Fuzzy Logic เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์และมีความถูกต้องมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ Artificial neural networks แต่ข้อด้อยจะไม่มีกระบวนการเรียนรู้

1.2.7 Fusion Techniques for Reliable Information: A Survey [7]

บทความนี้ได้นำเสนอการรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์ โดยจะกล่าวถึงปัจจัยสำคัญที่จะให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือโดยใช้เทคนิคต่างๆที่แพร่หลายในกระบวนการคำนวณเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตัดสินใจให้มีความถูกต้องมากขึ้น และลดข้อมูลที่ไม่แน่นอนให้น้อยลง อย่างไรก็ตามเทคนิคเหล่านี้ยังคงมีปัญหาในเรื่องความถูกต้องของการประเมินหรือการอนุมาน ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการใดที่ยอมรับโดยทั่วไป ในบทความได้ทำการสำรวจเพื่อแนะนำ

ข้อดีและข้อเสียของเทคนิคการรวมข้อมูลและทำการจัดหมวดหมู่ของเทคนิคการรวมข้อมูล ตัวอย่างเทคนิคการรวมข้อมูลตามหมวดหมู่ที่ได้กล่าวถึงในบทความแสดงดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 1-1 ทฤษฎีสำหรับเทคนิคการรวมข้อมูล

จากภาพประกอบ 1-1 ได้แสดงเทคนิคการรวมข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจของบทความนี้ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน โดยทั่วไปแล้วเทคนิคการรวมข้อมูลจะแตกต่างกันในการประเมินและสรุปสถานการณ์ของมนุษย์ แต่ไม่มีวิธีการใดที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ดังนั้นบทความนี้จึงสำรวจเพื่อทบทวนแนวคิดของแบบจำลองและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป โดยในงานวิจัยเล่มนี้ได้เลือกใช้เทคนิคของ Fuzzy Theory เนื่องจากมีข้อดีในเรื่องความยืดหยุ่น

1.3 วัตถุประสงค์

สร้างโมเดลการรวมข้อมูลแบบหลายตัวตรวจจับในระดับข้อมูล เพื่อรู้จำพฤติกรรมพื้นฐานของมนุษย์ได้มากขึ้นและมีความถูกต้องแม่นยำ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 สร้างระบบแบบหลายตัวตรวจจับที่มีความเหมาะสมภายในที่พักอาศัยโดยจะใช้เซนเซอร์จำนวน 5 ชนิด คือ Camera, Passive Infrared, Acoustic, Contact, Force Sensitive Resistor

1.4.2 รวบรวมข้อมูลจากตัวตรวจจับในระดับสัญญาณเพื่อระบุกิจกรรมของผู้อยู่อาศัย 1 คน เมื่อผู้อยู่อาศัยทำกิจกรรมพื้นฐานในชีวิตประจำวัน คือ นั่ง ยืน นอน เดิน และ เข้า-ออก ประตู

1.5 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

1.5.1 ศึกษาแนวทางและวิธีการดำเนินงานวิจัย

1.5.2 ศึกษางานวิจัยในหัวข้อการรู้จำพฤติกรรมมนุษย์ ระบบตัดสินใจและข้อดีข้อด้อยของระบบตัดสินใจแต่ละตัวเพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสม

1.5.3 ออกแบบโครงสร้างระบบรู้จำ และออกแบบระบบตัดสินใจ

1.5.4 ทดสอบระบบตัดสินใจ มี 2 ส่วนหลักๆ คือ โปรแกรมจำลอง และ เซนเซอร์จริง

1.5.5 ปรับปรุงและทดสอบระบบตัดสินใจ

1.5.6 รวบรวมผลการทดลอง สรุปผล และจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถนำโมเดลการรวมข้อมูลแบบหลายตัวตรวจจับ ประยุกต์ใช้เพื่อคอยดูแลเฝ้าระวังอุบัติเหตุของผู้สูงอายุในที่พักอาศัยได้

1.6.2 สามารถบันทึกพฤติกรรมเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางด้านสุขภาพได้

1.7 ทรัพยากรที่ใช้ในการทดสอบ

1.7.1 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer)

1.7.2 โปรแกรมจำลอง FisPro (Fuzzy Logic Inference System Professional)

1.7.3 โปรแกรม LabVIEW version 2011

1.7.4 บอร์ด Arduino UNO และ เซนเซอร์ที่ใช้ในการทดสอบระบบ 5 ชนิด

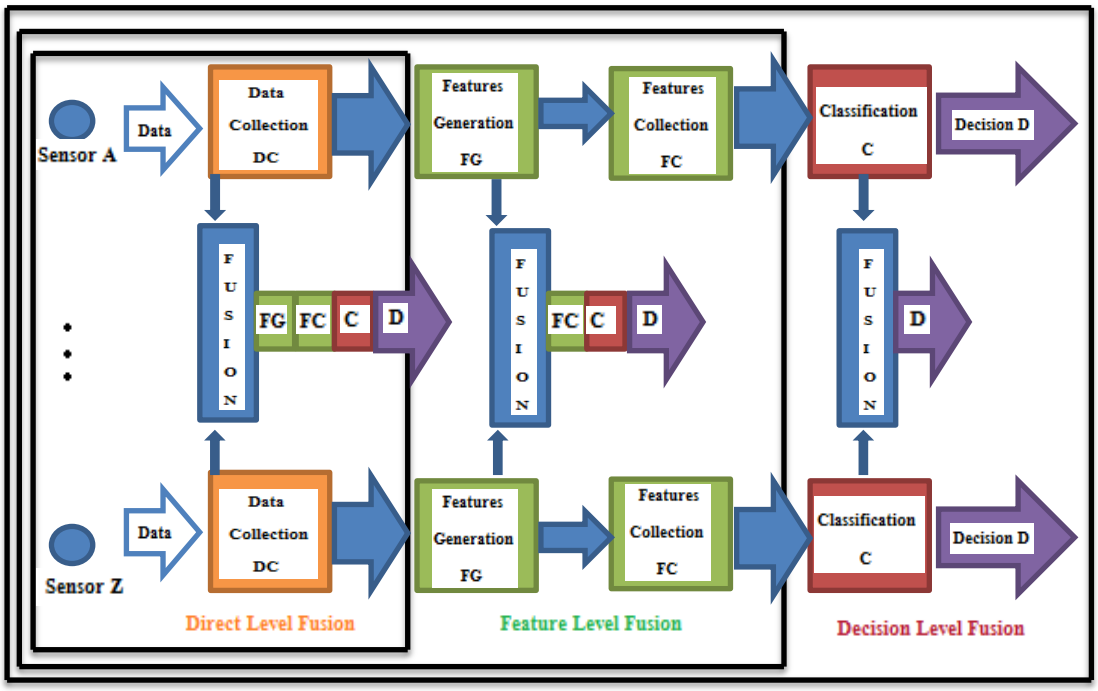
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎี แนวความคิด หลักการที่เกี่ยวข้องกับการรวมข้อมูลจากหลายตัวตรวจจับโดยใช้แนวคิดพื้นฐานของฟัซซีลอจิก เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สร้างโมเดลในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์

2.1. การรวบรวมข้อมูล

ปัจจุบันการรวบรวมข้อมูล[8][9] ที่เป็นการนำข้อมูลจากหลายตัวตรวจจับช่วยเพิ่มความครบถ้วน แม่นยำและน่าเชื่อถือของข้อมูลให้มากขึ้น การรวบรวมข้อมูลเมื่อทำการแบ่งตามระดับของข้อมูลจะสามารถแบ่งได้ 3 ระดับ แสดงในภาพประกอบ 2-1



ภาพประกอบ 2-1 ระดับการรวมข้อมูล

1) ระดับข้อมูล (Direct Level Fusion)

เป็นระดับที่มีการรวมข้อมูลดิบมาตั้งแต่ตอนต้นจากหลายตัวตรวจจับ ให้ความสมบูรณ์ของข้อมูลและผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่วิธีนี้มีข้อเสียในส่วนของการใช้ช่องทางการสื่อสารของข้อมูลและความซับซ้อนในการประมวลผลมากที่สุด เนื่องจากข้อมูลมีปริมาณมาก

2) ระดับลักษณะเด่น (Feature Level Fusion)

เป็นระดับที่หาลักษณะเด่นในแต่ละตัวตรวจจับออกมาก่อน แล้วนำข้อมูลมารวมเข้าด้วยกัน โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งในด้านการใช้ช่องทางการสื่อสารของข้อมูล ความซับซ้อนของการประมวลผลข้อมูล และการสูญหายของข้อมูล

3) ระดับการตัดสินใจ (Decision Level Fusion)

เป็นวิธีการรวมข้อมูลในระดับขั้นตัดสินใจ โดยในตัวตรวจจับแต่ละตัวให้ผลสรุปขั้นสุดท้ายออกมาแล้ว แล้วนำผลลัพธ์นั้นมารวมกัน ความซับซ้อนของการประมวลผลและการใช้ช่องทางการสื่อสารของข้อมูลน้อยที่สุด แต่วิธีนี้มีข้อเสียในส่วนประสิทธิภาพของระบบเนื่องจากมีการสูญหายของข้อมูลมากที่สุด

2.2. รูปแบบการจำแนกข้อมูล

รูปแบบการจำแนกข้อมูลหรือการตัดสินใจ เพื่อให้รู้ว่าข้อมูลที่ได้รับเข้ามาเป็นกลุ่มใดการตัดสินใจแบ่งย่อยได้เป็นสองกลุ่มคือ Supervised และ Unsupervised มีความแตกต่างกันคือ แบบ Supervised ต้องใช้ข้อมูลตัวอย่างเพื่อให้ระบบการตัดสินใจทำการเรียนรู้คำตอบ และส่วนของ Unsupervised ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลตัวอย่างในการเรียนรู้หาคำตอบ

จากการศึกษาค้นคว้ามีวิธีการจำแนกข้อมูลที่เป็นที่นิยมใช้กันปัจจุบันซึ่งมีการตัดสินใจแบบ Unsupervised คือวิธีการที่ใช้ทฤษฎีของฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic)[10] ศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์ และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ มากมาย เช่น ด้านการแพทย์ ด้านการทหาร ด้านธุรกิจ ด้านอุตสาหกรรม เป็นต้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่นักศึกษาด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศควรจะได้ศึกษาเพื่อทำความเข้าใจในศาสตร์ฟัซซีลอจิก ทั้งนี้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆซึ่งนับวันจะยิ่งมีความต้องการระบบคอมพิวเตอร์ ที่มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนระบบได้โดยอัตโนมัติตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป มีการตัดสินใจแบบชาญฉลาดเยี่ยงมนุษย์ได้มากขึ้น ซึ่งมนุษย์สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ไม่เคยพบได้โดยอาศัยความรู้เก่าที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการจำแนกกิจกรรมมนุษย์จากการรวมข้อมูลหลายเซนเซอร์ โดยทฤษฎีเรื่องฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งที่มีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงตรงและไม่แน่นอน (Uncertain) อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (Fuzzy) ซึ่งฟัซซีลอจิกมีความยืดหยุ่นในการรวมข้อมูลจากหลายเซนเซอร์เพื่อจำแนกกิจกรรมของมนุษย์

2.3. แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับฟัซซีลอจิก

2.3.1. ฟัซซีเซต

เป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบ ทฤษฎีฟัซซีเซตจะครอบคลุมทฤษฎีเซตแบบฉบับ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ในโลกแห่งความเป็นจริงเซตไม่ใช่มีเฉพาะเซตแบบฉบับเท่านั้น จะมีเซตแบบฟัซซีด้วย ฟัซซีเซตจะมีขอบเขตแบบฟัซซีไม่ใช่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใดจากขาวเป็นดำ ตัวอย่างเช่น เซตของคู่แต่งงานที่มีความสุข จะเห็นได้ว่าสมาชิกในเซตนี้จะไม่มีเฉพาะคู่แต่งงานที่มีความสุขระดับเดียวกันหมด บางคู่จะมีความสุขมาก บางคู่มีความสุขน้อยแตกต่างกันไปการใช้เซตแบบดั้งเดิมจึงไม่เหมาะสม

ทฤษฎีฟัซซีเซตสามารถแก้ปัญญาข้อจำกัดของเซตแบบดั้งเดิมได้ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าหรือดีกรีของความเป็นสมาชิก (degree of membership) ซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ [0, 1] โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกในเซต 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต และค่าระหว่าง 0 กับ 1 เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต การทำเช่นนี้ทำให้เกิดความราบเรียบในการเปลี่ยนจากพื้นที่นอกเซตไปอยู่ในเซตของสมาชิกต่าง ๆ โดยมีฟังก์ชันสมาชิก (membership function) เป็นฟังก์ชันจัดเทียบ (mapping function) วัตถุในโดเมนใด ๆ ให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต

ความเป็นสมาชิกสำหรับฟัซซีเซต มีจำนวนระดับความเป็นสมาชิกเป็นอนันต์ คือค่าต่อเนื่องในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งครอบคลุมการกำหนดสมาชิกแบบฉบับ และเซตแบบฉบับหรือเซตทวินัย (crisp set) จะกำหนดตามดังสมการที่ (2-1)

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, x \in A \\ 0, x \notin A \end{cases} \quad \text{(2-1)}$$

เมื่อ x หมายถึงสมาชิกในเซต (set member) $\mu_A(x)$ หมายถึงฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function) และ A หมายถึงฟัซซีเซต A

2.3.2. ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function) เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยเริ่มจากการแทนที่กับตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอน และคลุมเครือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซี เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้

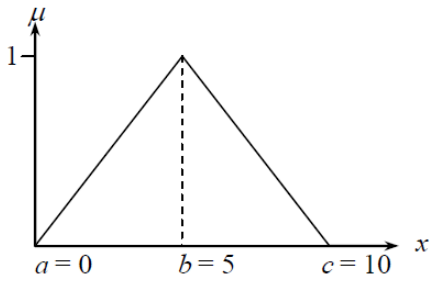
ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 6 ชนิดดังต่อไปนี้

1) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (triangular membership function)

ฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีทั้งหมด 3 พารามิเตอร์คือ $\{a, b, c\}$

$$f(x: a, b, c) = \begin{cases} 0 & , x \le a \\ (x-a)/(b-a) & , a \le x \le b \\ (c-x)/(d-c) & , b \le x \le c \\ 0 & , x \ge c \end{cases} \quad (2\text{-}2)$$

ตัวอย่างกำหนดให้ a เท่ากับ 0, b เท่ากับ 5 และ c เท่ากับ 10 แสดงกราฟฟังก์ชันสามเหลี่ยมดังภาพประกอบ 2-2



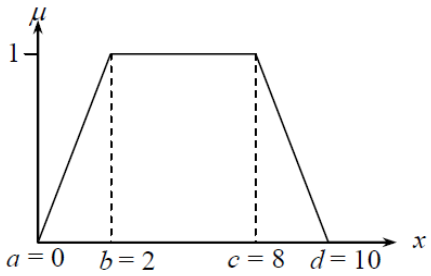
ภาพประกอบ 2-2 กราฟของฟังก์ชันสามเหลี่ยม

2) ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoidal membership function)

ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีทั้งหมด 4 พารามิเตอร์คือ $\{a, b, c, d\}$

$$f(x{:}\,a,b,c,d) = \begin{cases} 0, & x \le a \\ (x-a)/(b-a), & a \le x \le b \\ 1, & b \le x \le c \\ (d-x)/(d-c), & c \le x \le d \\ 0, & x \ge d \end{cases} \tag{2-3}$$

ตัวอย่างกำหนดให้ a เท่ากับ 0, b เท่ากับ 2, c เท่ากับ 8 และ d เท่ากับ 10 แสดงกราฟฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูดังภาพประกอบ 2-3



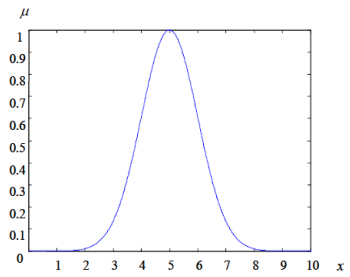
ภาพประกอบ 2-3 กราฟของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

3) ฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian membership function)

ฟังก์ชันเกาส์เซียนมีทั้งหมด 2 พารามิเตอร์คือ {m, σ} ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$G(x{:}\,m,\sigma) = e^{\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}} \tag{2-4}$$

ตัวอย่างกำหนดให้ m เท่ากับ 5, σ เท่ากับ 1 กราฟฟังก์ชันเกาส์เซียนดังภาพประกอบ 2-4



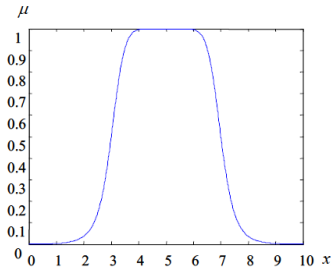
ภาพประกอบ 2-4 กราฟของฟังก์ชันเกาส์เซียน

4) ฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Bell-shaped membership function)

ฟังก์ชันรูประฆังคว่ำมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 3 ค่าคือ $\{a, b, c\}$

$$f(x: a, b, c) = \frac{1}{1 + ||(x - c)/a||^{2b}} \tag{2-5}$$

ตัวอย่างกำหนดให้ a เท่ากับ 2, b เท่ากับ 4 และ c เท่ากับ 5 แสดงกราฟฟังก์ชันระฆังคว่ำดังภาพประกอบ 2-5



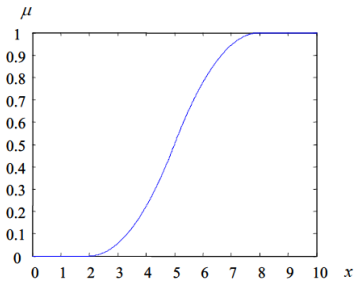
ภาพประกอบ 2-5 กราฟของฟังก์ชันระฆังคว่ำ

5) ฟังก์ชันตัวเอส (Smooth Membership Function)

ฟังก์ชันรูปตัวเอสมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่าคือ $\{a, b\}$

$$S(x: a, b) = \begin{cases} 0, & x < a \\ 2(\frac{x-b}{b-a})^2, & a \le x \le \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2(\frac{x-b}{b-a})^2, & \frac{a+b}{2} \le x < b \\ 1, & x \ge b \end{cases} \tag{2-6}$$

ตัวอย่างกำหนดให้ a เท่ากับ 2, b เท่ากับ 8 แสดงกราฟฟังก์ชันตัวเอสดังภาพประกอบ 2-6



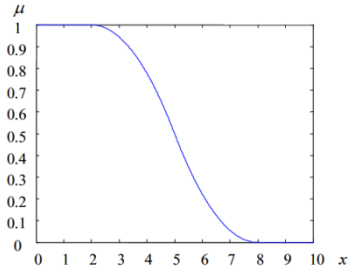
ภาพประกอบ 2-6 กราฟของฟังก์ชันตัวเอส

6) ฟังก์ชันตัวแซด (Z-membership function)

ฟังก์ชันรูปตัวเอสมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่าคือ $\{a, b\}$

$$Z(x: a, b) = \begin{cases} 1, & x < a \\ 1 - 2(\frac{x-b}{b-a})^2, & a \le x \le \frac{a+b}{2} \\ 2(\frac{x-b}{b-a})^2, & \frac{a+b}{2} \le x < b \\ 0, & x \ge b \end{cases} \quad (2\text{-}7)$$

ตัวอย่างกำหนดให้ a เท่ากับ 2, b เท่ากับ 8 แสดงกราฟฟังก์ชันตัวแซดดังภาพประกอบ 2-7



ภาพประกอบ 2-7 กราฟของฟังก์ชันตัวแซด

การเลือกฟังก์ชันของความเป็นสมาชิก จะต้องเลือกตามความเหมาะสมความครอบคลุมของข้อมูลที่จะรับเข้ามา โดยสามารถทับซ้อนกันได้เพื่อให้การดำเนินงานราบเรียบ ซึ่งมีความเป็นสมาชิกหลายค่าได้ และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เหมาะกับงานที่กำลังปฏิบัติงานหรือตามความต้องการ

2.3.3. รูปแบบกฎฟัซซี

ในระบบฟัซซีองค์ความรู้สามารถแสดงในรูปประโยค

ถ้า ข้อตั้ง (ข้อนำ) ดังนั้น ข้อยุติ (ข้อตาม)

IF Premise (Antecedent), THEN Conclusion (Consequent)

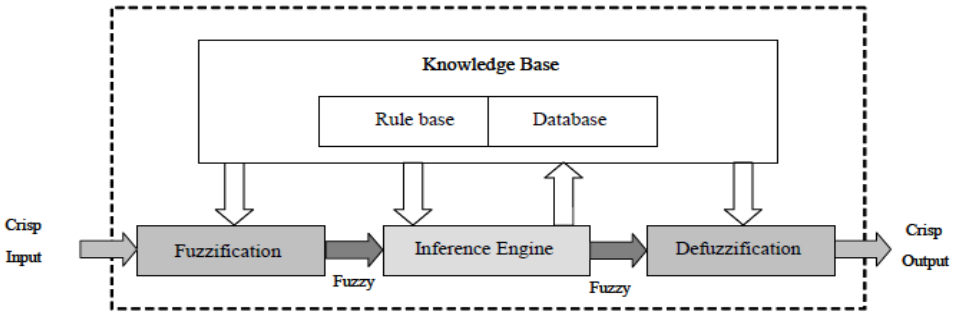
ข้อความข้างต้นเป็นที่รู้จักกันดีในนาม “รูปแบบฐานกฎ ถ้า-ดังนั้น” (IF-THEN rule-based form) หรือ รูปแบบนิรนัย (Deductive form) ในรูปแบบการแสดงอนุมาน หากเราทราบความจริง (ข้อตั้ง) แล้วเราสามารถอนุมาน หรือหาข้อสรุปความจริงอีกอย่างหนึ่งที่เรียกว่าข้อยุติหรือข้อตาม การแสดงรูปแบบองค์ความรู้นี้ เรียกว่า องค์ความรู้ตื้น (Shallow Knowledge) ซึ่งค่อนข้างมีความเหมาะสมในบริบทของภาษา เนื่องจากเป็นการแสดงประสบการณ์ของมนุษย์และองค์ความรู้เชิง

ศึกษาสำนัก (Heuristics) ในรูปแบบประโยคภาษามนุษย์ที่ใช้ในการสื่อสารทั่วไป แต่ไม่เป็นรูปแบบองค์ความรู้ที่ลึกล้ำ แบบที่เป็นการรู้เอง เป็นโครงสร้าง เป็นฟังก์ชัน หรือเป็นพฤติกรรมของวัตถุรอบ ๆ ตัวเรา อย่างที่เรียกว่า อุปนัย (Inductive)

ระบบกฎฟัซซีเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ในการจัดรูปแบบของระบบที่ซับซ้อนที่สามารถสังเกตได้โดยมนุษย์ เพราะระบบเหล่านี้สามารถแสดงด้วยตัวแปรภาษาในข้อนำและข้อตามของกฎได้ ตัวแปรภาษาสามารถแสดงเชิงธรรมชาติด้วยฟัซซีเซตและตัวเชื่อมตรรกะของเซตเหล่านั้น

2.3.4. โครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซี

การประมวลผลแบบฟัซซี ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนดังนี้ ดังภาพประกอบ 2-8



ภาพประกอบ 2-8 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฟัซซี

ส่วนที่แปลงการอินพุตทั่วไปเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี (Fuzzification) หรือในรูปแบบเซตฟัซซีหรือเรียกว่าเป็นตัวแปรภาษา (Linguistic Variable)

ฐานความรู้ (Knowledge base) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุมประกอบ 2 ส่วนคือ ฐานกฎ (Rule base) และฐานข้อมูล (Database)

ฐานกฎ (Rule base) ส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา (Linguistic rule)

ฐานข้อมูล (Database) เป็นการจัดเตรียมส่วนที่จำเป็นเพื่อที่จะใช้ในการกำหนดกฎการควบคุม และการจัดการข้อมูลของตรรกศาสตร์ฟัซซี

เครื่องอนุมานหรือการตีความ (Inference Engine) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎ เพื่อใช้ในการตีความหาเหตุผล เหมือนกลไกสำหรับควบคุมการใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการกำหนดวิธีการของการตีความเพื่อหาคำตอบ ส่วนที่แปลงการเอาต์พุตให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Defuzzification) เป็นการทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบฟัซซีให้เป็นค่าที่สรุปผลหรือค่าการควบคุมระบบ

2.3.5. การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

ขั้นตอนการประมวลผลของระบบฟัซซี โดยทั่วไปมีรูปแบบการทำงานเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

1) การแปลงค่าอินพุตทั่วไปเป็นค่าฟัซซี (Fuzzification) เป็นการคำนวณค่าฟัซซีผ่านฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจากส่วนข้อสมมุติฐานของกฎฟัซซีเพื่อหาค่าดีกรีระหว่าง 0 ถึง 1

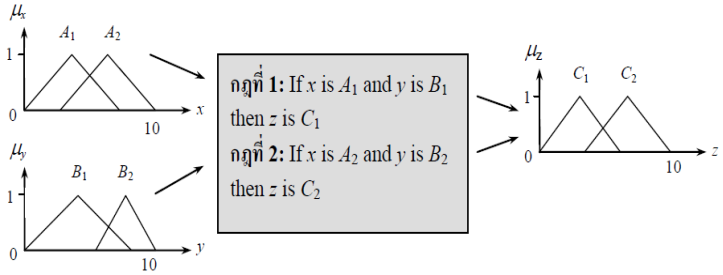
2) การรวมค่าฟัซซีจากส่วนข้อสมมุติฐาน (Combining) เป็นการรวมค่าฟัซซีจากฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในส่วนข้อสมมุติฐานของกฎข้อเดียวกันเข้าด้วยกันโดยใช้ตัวดำเนินการ fuzzy AND (min) หรือ fuzzy OR (max) ทำเป็นค่าดีกรีความแข็งแรงเป็นค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ส่งออกไปจากส่วนข้อสมมุติฐาน

3) การตีความ (Implication) เป็นการใช้ค่าดีกรีฟัซซีสนับสนุนจากทั้งกฎเพื่อกำหนดค่ารูปร่างของฟัซซีเซตเอาต์พุตของกฎ ข้อตามของกฎฟัซซีเป็นสิ่งกำหนดฟัซซีเซตที่เอาต์พุตซึ่งแสดงโดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ถูกกำหนดไว้เพื่อแสดงปริมาณของข้อตาม วิธีการที่นิยมใช้ในการตีความ ได้แก่ Max-Min method และ Max-Dot method

4) การรวมค่าฟัซซีเอาต์พุตจากกฎทุกข้อ (Aggregation) เป็นการรวมค่าจากข้อตามหรือข้อสรุปของกฎทุกข้อเพื่อเป็นฟัซซีเซตของระบบทั้งหมดด้วยวิธี fuzzy OR

5) การทำค่าฟัซซีเป็นค่าปกติ (Defuzzification) เป็นการทำค่าฟัซซีเอาต์พุตที่รวมจากกฎทุกข้อเป็นค่าปกติที่ใช้ในงานจริงในบางงาน เช่น ในระบบควบคุม

สำหรับขั้นตอนที่ 1 ถึง 4 เป็นขั้นตอนของวิธีการทั่วไปสำหรับการประมวลผลแบบฟัซซี และขั้นตอนที่ 5 เป็นทางเลือกสำหรับการทำให้ค่าฟัซซีเอาต์พุตเป็นค่าปกติ



ภาพประกอบ 2-9 ตัวอย่างกระบวนการตัดสินใจในระบบกฎฟัซซี

ในกระบวนการตัดสินใจของระบบฟัซซีมีคุณสมบัติดังภาพประกอบ 2-9 โดยกฎการตีความหาเหตุผลแบบฟัซซีพื้นฐานที่มี 2 กฎ คือ

กฎที่ 1 ถ้า x เท่ากับ $A1$ และ y เท่ากับ $B1$ ดังนั้น z จะเท่ากับ $C1$

กฎที่ 2 ถ้า x เท่ากับ $A2$ และ y เท่ากับ $B2$ ดังนั้น z จะเท่ากับ $C2$

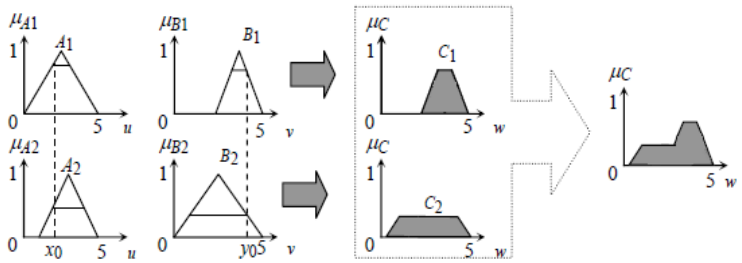
ในกระบวนการตัดสินใจ กำหนดให้ α_1 และ α_2 เป็นผลลัพธ์ของความสัมพันธ์ของส่วนแรกของกฎข้อที่ 1 และกฎข้อที่ 2 ตามลำดับ จะได้ค่า α_1 และ α_2 สำหรับอินพุต x_0 และ y_0 จากกฎการตีความพื้นฐานมีดังนี้

ถ้า x เท่ากับ A_1 และ y เท่ากับ B_1 ดังนั้นจะได้ $\alpha_1 = \mu_{A1}(x_0) \wedge \mu_{B1}(y_0)$

ถ้า x เท่ากับ $A2$ และ y เท่ากับ B_2 ดังนั้นจะได้ $\alpha_2 = \mu_{A2}(x_0) \wedge \mu_{B2}(y_0)$

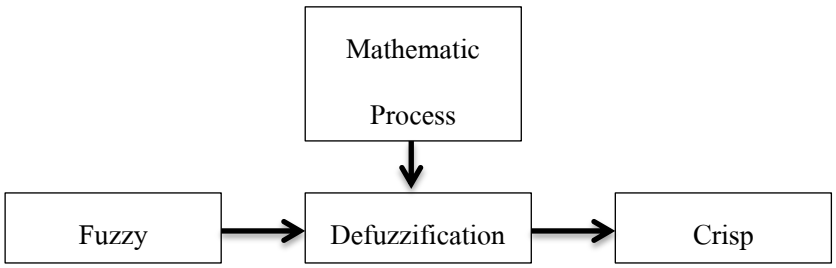
Max-Min method แสดงดังภาพประกอบ 2-10 จะใช้กฎการหาค่าต่ำสุด (Minimum Operation Rule) ของกฎแบบMamdani เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสำหรับหาค่า โดยค่าความเป็นสมาชิกของผลลัพธ์ c จากกฎ 2 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบ Point-Wise ซึ่งจะกำหนดตามสมการที่ (2-8)

$$\mu_c(w) = (\alpha_1 \wedge \mu_{c1}(w)) \vee (\alpha_2 \wedge \mu_{c2}(w)) \tag{2-8}$$



ภาพประกอบ 2-10 การประมวลผล Max-Min Inference กับค่า Crisp Input x_0 และ y_0

ขั้นตอนที่ 5 เป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือขั้นตอนการสรุปเหตุผลฟัซซี โดยจะเปลี่ยนฟัซซีเอาต์พุตให้เป็นค่าเอาต์พุตทั่วไป ตามภาพประกอบ 2-11 เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบในสถานการณ์นั้น ๆ



ภาพประกอบ 2-11 กระบวนการแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าเอาต์พุตทั่วไป

2.3.6. วิธีการทำค่าฟัซซีให้เป็นค่าทั่วไป

วิธีการทำค่าฟัซซีให้เป็นค่าทั่วไปมีหลายวิธีด้วยกันยกตัวอย่างเช่น

2.3.6.1. วิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted average method) หรือวิธีค่าพื้นที่กลาง (Centroid of area) แสดงดังภาพประกอบ 2-12 การหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของพื้นที่ใต้กราฟฟัซซีซึ่งเป็นผลที่ได้จากการตีความ ค่าที่ได้จะประมาณเทียบเคียงค่าจุดศูนย์ถ่วงโดยรวม (central of gravity: cog) จะหาได้จากการประมาณค่าจากสมการที่ (2-9)

$$z^* = \frac{\sum_{i=1}^{N} \mu_c(z_i).\, z_i}{\sum_{i=1}^{N} \mu_c\,(z_i)} \tag{2-9}$$

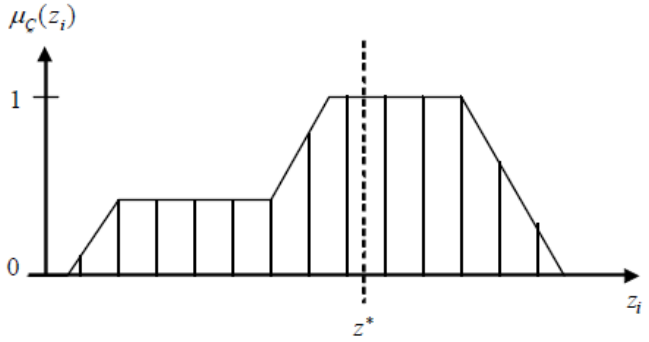
โดยสมการที่ 2-9 ได้กำหนดค่าของสมการดังนี้

z^* แทน ค่าที่ได้จากการเปลี่ยนค่าฟัซซีเป็นค่าปกติ

N แทน จำนวนจุดที่ต้องการถ่วงน้ำหนัก

$\mu_c(z_i)$ แทน ค่าฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

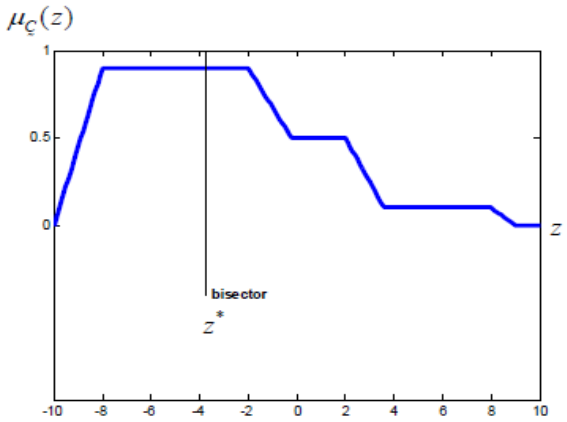
z_i แทน ค่าจริงภายใต้กราฟฟัซซีตำแหน่งที่ i



ภาพประกอบ 2-12 การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีถ่วงน้ำหนัก

2.3.6.2. วิธีแบ่งครึ่งของพื้นที่ (Bisector of area) แสดงดังภาพประกอบ 2-13 ค่าเอาต์พุตที่ได้จะจากระบบฟัซซีเป็นค่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ใต้กราฟฟัซซี หาได้จากสมการ (2-10)

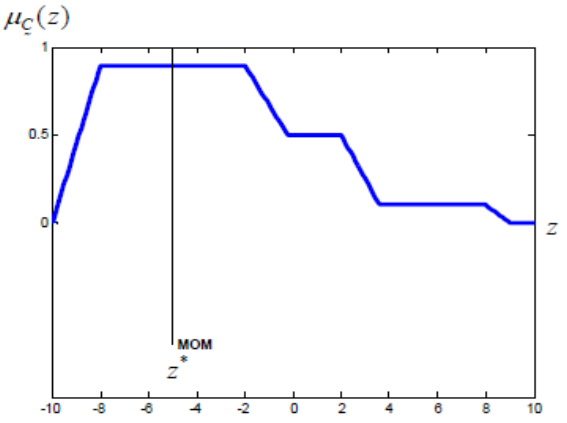
$$z^* = \left\{ z_j \mid \sum_{i=1}^{j} \mu_c(z_i) \geq \frac{\sum_{i=1}^{N} \mu_c(z_i)}{2} \right\} \tag{2-10}$$



ภาพประกอบ 2-13 การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีแบ่งครึ่งของพื้นที่

2.3.6.3. วิธีค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุด (Mean value of maximum) แสดงดังภาพประกอบ 2-14 วิธีค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุด เป็นการหาค่าเอาต์พุตที่จะเป็นค่าจริงทั่วไปจากระบบฟัซซีที่คำนวณจากค่าเฉลี่ยของค่าในโดเมนจริงที่มีค่าดีกรีความเป็นสมาชิกสูงสุด ดังสมการ (2-11)

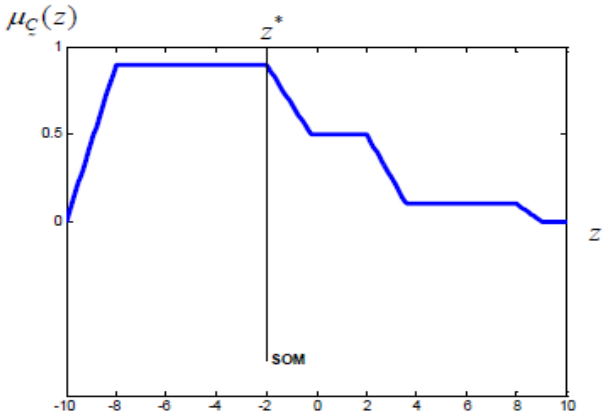
$$z^* = \left\{ \frac{\sum_{j=1}^{M} z_j}{M} \mid z_j \in max(\mu_c(z_i)) \right\} \tag{2-11}$$



ภาพประกอบ 2-14 การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุด

2.3.6.4. วิธีค่าน้อยสุดของค่าสูงสุด (Smallest absolute value of maximum) แสดงดังภาพประกอบ 2-15

$$z^* = \{ z_J \mid J = min_{abs(z_i)} [max(\mu_c(z_i))] \} \tag{2-12}$$

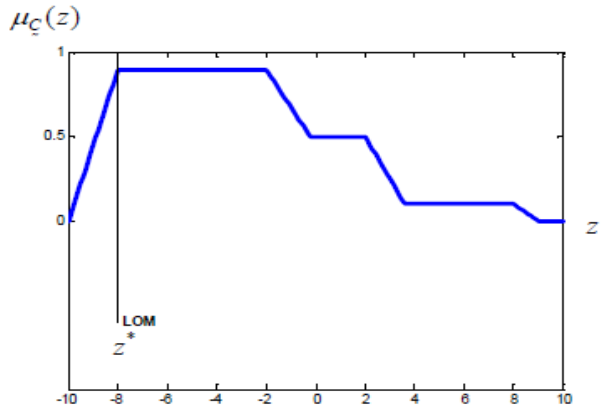


ภาพประกอบ 2-15 การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีวิธีค่าน้อยสุดของค่าสูงสุด

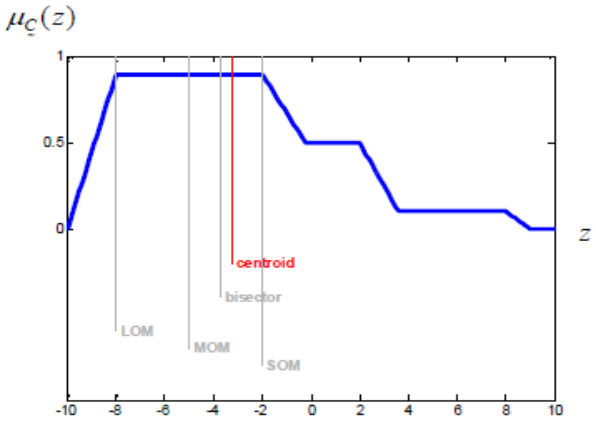
การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีค่าน้อยสุดของค่าสูงสุด เป็นการหาค่าเอาต์พุตที่จะเป็นค่าทั่วไปจากระบบฟัซซี ที่คำนวณจากค่าน้อยที่สุดของค่าขนาดในโดเมนจริงที่มีค่าดีกรีความเป็นสมาชิกสูงสุด ดังสมการ (2-12)

2.3.6.5. วิธีค่ามากสุดของค่าสูงสุด (Largest absolute value of maximum) แสดงดังภาพประกอบ 2-16 การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีค่ามากสุดของค่าสูงสุด เป็นการหาค่าเอาต์พุตที่จะเป็นค่าทั่วไปจากระบบฟัซซี ที่คำนวณจากค่ามากที่สุดของค่าขนาดในโดเมนจริงที่มีค่าดีกรีความเป็นสมาชิกสูงสุดดังสมการ (2-13)

$$z^* = \{z_J \mid J = arg\ max_{abs(z_i)}\ [max(\mu_c(z_i))]\} \tag{2-13}$$



ภาพประกอบ 2-16 การแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีค่ามากสุดของค่าสูงสุด

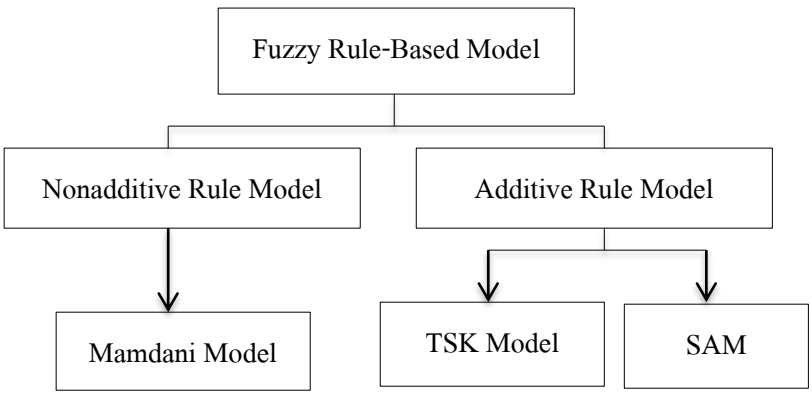


ภาพประกอบ 2-17 การเปรียบเทียบการแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปด้วยวิธีต่าง ๆ

การเลือกวิธีการแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าจริงทั่วไปที่เอาต์พุตของระบบฟัซซี ต้องมีการพิจารณาจากความเหมาะสม แต่ในการเลือกไม่ใช่เรื่องที่ง่ายนัก ในการเริ่มต้นการเลือกที่ดีโดยทั่วไปแล้วนิยมเลือกใช้วิธีการเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักหรือวิธีจุดศูนย์ถ่วงกลางพื้นที่ จะได้ผลลัพธ์ที่ดี จากนั้นค่อยทำการเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ เพื่อเลือกวิธีที่เหมาะสมกว่า

2.3.7. ชนิดของระบบกฎฟัซซี

ในการประมาณค่าฟังก์ชัน (function approximation) ระบบกฎฟัซซีที่ใช้มี 3 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่ (1) รูปแบบ Mamdani (2) รูปแบบ Takagi-Sugeno-Kang (TSK) และ (3) รูปแบบ Standard Additive Model (SAM) รูปแบบ Mamdani รวมผลการอนุมาน (inference) ของกฎโดยวิธีการซ้อนทับ (superimposition) จากกฎหลาย ๆ ข้อ ซึ่งไม่เป็นแบบบวกกัน จึงเรียกระบบแบบนี้ว่าเป็น Nonadditive rule model แต่สำหรับ TSK และ SAM มีการอนุมานแบบรวมค่าน้ำหนัก (weighted sum) จากหลาย ๆ กฎ เพื่อรวมเป็นข้อสรุปสุดท้าย จึงเรียกระบบแบบนี้ว่า Additive rule model การจัดกลุ่มของระบบกฎแบบฟัซซีแสดงในภาพประกอบ 2-18



ภาพประกอบ 2-18 กลุ่มของระบบกฎฟัซซี

2.3.7.1 ระบบกฎฟัซซีของแมมดานิ (Mamdani) เป็นระบบที่มีความนิยมใช้มากที่สุดระบบหนึ่งในทางปฏิบัติเป็นระบบที่ใช้ตัวแปรภาษาทั้งในข้อตั้งและข้อตามเพื่อจัดเทียบฟังก์ชันจาก $U_1 \times U_2 \times \ldots \times U_3 \times U_n$ เป็น W

กฎที่ 1 : IF (x_1 is A_{11}) AND (x_2 is A_{12}) AND … AND (x_n is A_{1n}) THEN y is C_1

กฎที่ 2 : IF (x_1 is A_{21}) AND (x_2 is A_{22}) AND … AND (x_n is A_{2n}) THEN y is C_2

...

กฎที่ L : IF (x_1 is A_{L1}) AND (x_2 is A_{L2}) AND … AND (x_n is A_{Ln}) THEN y is C_L

เมื่อ $x_j, j = 1, \ldots, n$, เป็นตัวประกอบที่ j ของตัวแปรอินพุต x, y เป็นตัวแปรเอาต์พุต, A_{ij} เป็นพจน์ภาษาของข้อตั้ง (consequence linguistic term) หรือเป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อตั้ง (antecedent membership function) ในกฎที่i, $i = 1, \ldots, L$, C_i เป็นพจน์ภาษาของข้อตามหรือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อตาม (consequent membership function) ของกฎที่ i

โดยผลรวมเอาต์พุตหาได้ด้วยการใช้วิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด-ต่ำสุด (max-min composition) แสดงดังภาพประกอบ 2-10

2.3.7.2 ระบบกฎฟัซซีแบบ TSK (Takagi-Sugeno-Kang) ซึ่งนำเสนอโดย Takagi และ Sugeno ในปี ค.ศ. 1984 และต่อมา Sugeno และ Kang ได้วิจัยต่อมา ระบบกฎฟัซซีแบบ TSK จะอยู่ในรูป

กฎที่ 1 : IF (x_1 is A_{11}) AND (x_2 is A_{12}) AND … AND (x_n is A_{1n})

THEN $y_1 = f_1(x_1, x_2, \ldots, x_n) = b_{10} + b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + \ldots + b_{1n}x_n$

กฎที่ 2 : IF (x_1 is A_{21}) AND (x_2 is A_{22}) AND … AND (x_n is A_{2n})

THEN $y_2 = f_2(x_1, x_2, \ldots, x_n) = b_{20} + b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + \ldots + b_{2n}x_n$

...

กฎที่ L : IF (x_1 is A_{L1}) AND (x_2 is A_{L2}) AND … AND (x_n is A_{Ln})

THEN $y_L = f_L(x_1, x_2, \ldots, x_n) = b_{L0} + b_{L1}x_1 + b_{L2}x_2 + \ldots + b_{Ln}x_n$

เมื่อ $x_j, j = 1, \ldots, n$, เป็นตัวประกอบที่ j ของตัวแปรอินพุต x, y เป็นตัวแปรเอาต์พุต, A_{ij} เป็นพจน์ภาษาของข้อตั้ง (consequence linguistic term) หรือเป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อตั้ง (antecedent membership function) ในกฎที่i, $i = 1, \ldots, L$, f_i เป็นสมการเชิงเส้นของข้อตาม (consequent linear function) ของกฎข้อที่ i

2.3.7.3 ระบบฟัซซีแบบบวกมาตรฐาน (Standard Additive Model: SAM) เช่น ระบบฟัซซีแบบซูคาโมโต หรือ Tsukamoto's Fuzzy System (Tsukamoto, 1979) ในระบบนี้ส่วนข้อตั้งและข้อตามจะเป็นพจน์ภาษาคล้ายกับ ระบบฟัซซีของ Mamdani แต่ส่วนของข้อตาม (consequent) ของกฎฟัซซีจะถูกแสดงเป็นฟัซซีเซตซึ่งมีฟังก์ชันสมาชิกแบบทางเดียว (monotonic membership function) ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบทางเดียวบางครั้งเรียกว่า shoulder function เป็นค่าอนุมานเอาต์พุตของแต่ละกฎที่เป็นค่าธรรมดาทั่วไป (crisp value) ผลเอาต์พุตทั้งหมดสามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเอาต์พุตจากแต่ละกฎ

เนื่องจากกฎแต่ละข้อมีค่าเอาต์พุตเป็นค่าใช้งานทั่วไปแล้ว ระบบจะรวมเอาต์พุตทั้งหมดได้อย่างรวดเร็วไม่ต้องอาศัยวิธีการแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าธรรมดา (defuzzification) ดังนั้นจึงประหยัดเวลามากขึ้น

2.4. สรุป

สำหรับบทนี้ได้กล่าวถึงกระบวนการ เทคนิค และทฤษฎีของระบบกฎแบบฟัซซี ซึ่งเป็นระบบที่นิยมใช้มากที่สุดระบบหนึ่งในบรรดาการประยุกต์ใช้งานทฤษฎีฟัซซีเซต เนื้อหาในบทนี้ได้กล่าวถึงหัวข้อสำคัญๆ ได้แก่ การรวมข้อมูล รูปแบบการจำแนกข้อมูล รูปแบบกฎฟัซซี โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก ชนิดของระบบกฎฟัซซี ระบบกฎฟัซซีของแมมดานิ ระบบกฎฟัซซีแบบ TSK และระบบฟัซซีแบบบวกมาตรฐาน

บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนาระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและพัฒนารูปแบบโครงสร้างการรวมข้อมูลจากหลายตัวตรวจจับในระดับสัญญาณโดยใช้ทฤษฎีของฟัซซีลอจิก เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สร้างโมเดลในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ 1 คนในที่อยู่อาศัยโดยมีการติดตั้งตัวตรวจจับหลายชนิดที่เหมาะสมกับกระบวนการต่างๆและวิธีการที่ได้นำเสนอ สำหรับงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนารูปแบบและเทคนิคที่นำมาใช้ในการตัดสินใจแบบหลายตัวตรวจจับโดยทดสอบทั้งการใช้ข้อมูลจำลองและข้อมูลจากเซนเซอร์จริง

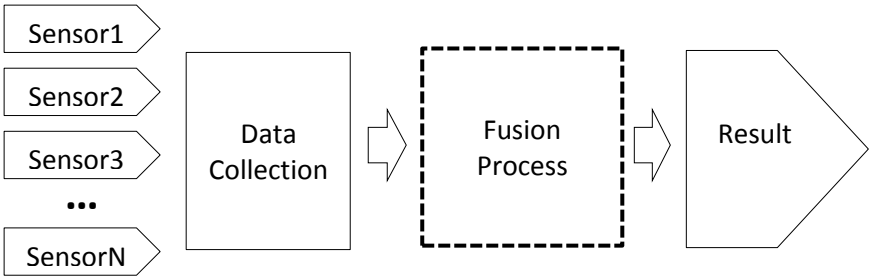
3.1. แนวคิดในการออกแบบ

ระบบการตัดสินใจที่ชาญฉลาด และมีความซับซ้อนยากที่จะเข้าใจมากที่สุดคือมนุษย์ หลายๆงานวิจัยที่พยายามพัฒนาเอาความฉลาดส่วนนี้มาใช้กับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อให้มีความฉลาดใกล้เคียงกับมนุษย์มากที่สุด โดยมนุษย์จะเก็บข้อมูลจากประสาทสัมผัสต่างๆเพื่อเก็บข้อมูลไว้มากมายและสามารถรู้จำกิจกรรมมนุษย์ได้ดีที่สุด จึงเกิดแนวคิดว่าหากจะพัฒนาให้ระบบคอมพิวเตอร์มีความฉลาดในการตัดสินใจให้มีความใกล้เคียงกับมนุษย์มากที่สุด จะต้องมีข้อมูลหลายชนิดที่มีประโยชน์หรือใกล้เคียงมนุษย์ และมีจำนวนข้อมูลมากพอที่จะใช้สนับสนุนในการตัดสินใจกิจกรรมมนุษย์ได้ ทำให้เกิดการพัฒนาวิธีการตัดสินใจให้เหมือนการตัดสินใจของมนุษย์ โดยกระบวนการและขั้นตอนต่างๆในการออกแบบจะอธิบายดังต่อไปนี้

3.2. การออกแบบโครงสร้างของระบบ

3.2.1. โครงสร้างพื้นฐานในระดับสัญญาณ

โครงสร้างโดยรวมของระบบในระดับสัญญาณอธิบายได้ดังนี้ ระบบจะรับข้อมูลดิบจากตัวตรวจจับทุกตัวเพื่อทำการบันทึกข้อมูล จากนั้นเข้าสู่กระบวนการรวมข้อมูลเพื่อนำไปสู่ผลลัพธ์ในการจำแนกประเภทของสิ่งที่ต้องการในระดับสัญญาณ ซึ่งในงานวิจัยนี้คือกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ดังภาพประกอบ 3-1



ภาพประกอบ 3-1 โครงสร้างพื้นฐานในระดับสัญญาณ

โครงสร้างพื้นฐานในระดับสัญญาณส่วนที่มีความสำคัญที่สุดคือกระบวนการรวมข้อมูลจากหลายตัวตรวจจับ (Fusion Process) ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอวิธีการต่างๆเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการรวมข้อมูล สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อยๆดังต่อไปนี้

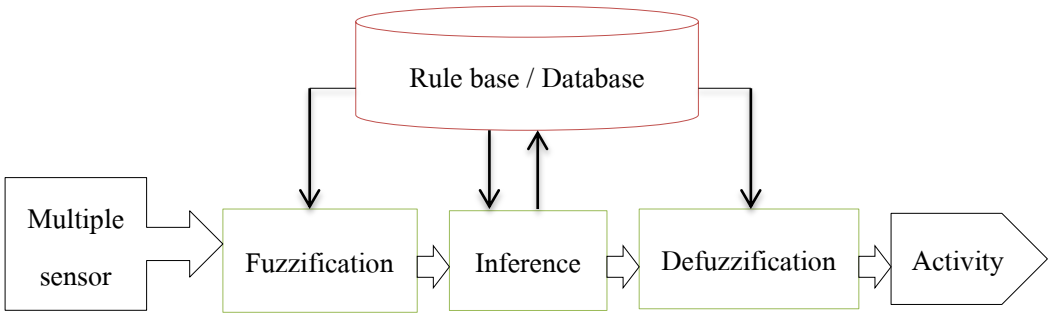
1) ขั้นตอนการสร้างคุณลักษณะเด่น (Feature Generation) เป็นกระบวนการคัดแยกเอาลักษณะเด่นที่มีความสำคัญออกมาจากข้อมูลดิบของแต่ละเซนเซอร์ ซึ่งแต่ละเซนเซอร์จะมีลักษณะเด่นของข้อมูลที่แตกต่างกัน ในระดับสัญญาณจะคัดแยกคุณลักษณะเด่นที่เป็นพื้นฐานมีความซับซ้อนไม่มากเกินไปอย่างน้อยหนึ่งคุณลักษณะหรือมากกว่าขึ้นอยู่กับความต้องการของระบบ
2) ขั้นตอนการจำแนกข้อมูล (Classification) เป็นกระบวนการนำคุณลักษณะเด่นของแต่ละเซนเซอร์มาใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการจำแนกข้อมูลที่ต้องการให้มีความถูกต้อง ซึ่งในขั้นตอนนี้มีวิธีการจำนวนมากที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ การเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับระบบที่ออกแบบ
3) ขั้นตอนการตัดสินใจ (Decision) เป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องจากการจำแนกข้อมูล เป็นการตัดสินใจเลือกคำตอบที่มีความถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวหรือเป็นการยืนยันคำตอบของระบบนั่นเอง

จากการอธิบายขั้นตอนหลักๆและภาพรวมของระบบการรวมข้อมูลในระดับสัญญาณนำมาซึ่งการออกแบบวิจัยการรวมข้อมูลแบบหลายตัวตรวจจับโดยใช้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีฟัซซีลอจิกเพื่อจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ รายละเอียดจะอธิบายในหัวข้อถัดไป

3.2.2. การประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกในระบบ

ฟัซซีลอจิกเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้งานกับระบบ เนื่องจากจะมีกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนและการคำนวณค่อนข้างน้อยเพราะใช้จำนวนพารามิเตอร์ในการสร้างฟังก์ชันต่างๆไม่

มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมเพื่อนำมาประยุกต์ใช้การรวมข้อมูลในระดับสัญญาณแสดงดังภาพประกอบ 3-2



ภาพประกอบ 3-2 การประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกในระบบ

จากภาพประกอบ 3-2 เป็นโครงสร้างโดยรวมของการใช้ฟัซซีลอจิกเข้ามาประยุกต์กับโครงสร้างพื้นฐานเดิม โดยมีกระบวนการหลักทั้งหมด 3 ขั้นตอน อธิบายได้ดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการแปลงค่าอินพุตทั่วไปให้เป็นค่าฟัซซี (Fuzzification) เป็นกระบวนการที่หลังจากได้รับอินพุตจากเซนเซอร์แต่ละตัว จะนำไปคำนวณผ่านฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่ได้ทำการสร้างหรือกำหนดข้อสมมุติฐานขึ้นมาจากความเหมาะสมของระบบเพื่อหาค่าดีกรีฟัซซีระหว่างค่า 0 ถึง 1
2) ขั้นตอนการอนุมาน (Inference) สามารถแยกย่อยได้ดังต่อไปนี้

    2.1) การรวมค่าฟัซซีจากส่วนข้อสมมุติฐาน (Combining) เป็นการรวมค่าฟัซซีจากฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในส่วนข้อสมมุติฐานของกฎข้อเดียวกันเข้าด้วยกันโดยใช้ตัวดำเนินการฟัซซี AND (min) ทำเป็นค่าดีกรีความแข็งแรงเป็นค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ส่งออกไปจากส่วนข้อสมมุติฐานของกฎในข้อนั้นๆ

    2.2) การตีความ (Implication) เป็นการใช้ค่าดีกรีฟัซซีสนับสนุนจากทั้งกฎเพื่อกำหนดค่ารูปร่างของฟัซซีเซตเอาต์พุตของกฎ ข้อตามของกฎฟัซซีเป็นสิ่งกำหนดฟัซซีเซตที่เอาต์พุต ซึ่งแสดงโดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ถูกกำหนดไว้เพื่อแสดงปริมาณค่าดีกรีฟัซซีของข้อตาม ถ้าข้อสมมุติฐานถูกต้องเพียงบางส่วน (ค่าฟัซซีต่ำกว่า 1) ฟัซซีเซตเอาต์พุตจะถูกตัดออกไป วิธีการที่ใช้ในการออกแบบคือ Max-Min method

    2.3) การรวมค่าฟัซซีเอาต์พุตจากกฎทุกข้อ (Aggregation) เป็นการรวมค่าดีกรีฟัซซีจากข้อตามหรือข้อสรุปของกฎทุกๆข้อที่สมมุติฐานขึ้นมา เพื่อเป็นฟัซซีเซตของระบบทั้งหมดด้วยวิธีฟัซซี OR (max)

3) ขั้นตอนการทำค่าฟัซซีเป็นค่าปกติ (Defuzzification) เป็นการทำค่าฟัซซีเอาต์พุตที่รวมจากกฎทุกข้อเป็นค่าปกติด้วยวิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted average method)

ขั้นตอนที่ได้กล่าวมาข้างต้นเป็นกระบวนการโดยรวมทั้งหมดทางฟัซซีที่ได้ทำการประยุกต์สอดแทรกเข้าไปหรือปรับเปลี่ยนจากรูปแบบพื้นฐานเดิมเพื่อให้เหมาะกับงานวิจัยนี้คือระบบการจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ในระดับสัญญาณ หัวข้อถัดไปจะอธิบายเกี่ยวกับการพัฒนาระบบที่ออกแบบให้สามารถใช้งานได้จริง ทั้งในระบบจำลองและการใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง

3.3. การวิเคราะห์และตำแหน่งของตัวตรวจจับในระบบ

3.3.1. การเลือกชนิดของตัวตรวจจับ

การพิจารณาชนิดของเซนเซอร์จะต้องให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาจำแนกกิจกรรมของมนุษย์ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยจะคำนึงถึงจำนวนและประเภทของตัวตรวจจับให้เหมาะสมกับระบบด้วย จากการศึกษางานวิจัยในอดีตสามารถที่จะพิจารณาเซนเซอร์ที่นำมาใช้เพื่อระบุกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งประกอบด้วยเซนเซอร์ดังต่อไปนี้

1) Camera sensors เซนเซอร์ชนิดนี้จะใช้ในการตรวจจับและติดตามมนุษย์ภายในบริเวณที่ต้องการ โดยทั่วไปจะติดตั้งบริเวณมุมห้องที่สามารถเห็นครอบคลุมเนื้อที่ทั้งหมด เนื่องจากเป็นเซนเซอร์จะต้องสามารถมองเห็นได้ทุกมุมมองของห้องหลีกเลี่ยงมุมอับให้น้อยที่สุดเพื่อให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด

2) Acoustic sensors เซนเซอร์ชนิดนี้ใช้ในการตรวจจับเสียงพูดหรือเสียงที่เกิดจากอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆที่เป็นแหล่งกำเนิดของเสียง ตำแหน่งที่ติดตั้งจะขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งานของแต่ละกิจกรรมของมนุษย์

3) Passive Infrared เซนเซอร์ชนิดนี้ใช้ในการตรวจจับความอบอุ่นของร่างกายมนุษย์ภายในบริเวณที่ต้องการเพื่อพิจารณาว่ามีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้นหรือไม่ เซนเซอร์ชนิดนี้จะมีพื้นที่การตรวจจับลักษณะเป็นรูปกรวยดังนั้นควรติดตั้งให้มีความสูงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้พื้นที่การตรวจจับเหมาะสมที่สุด

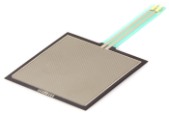
4) Force Sensitive Resistor ใช้ในการตรวจจับแรงกดทับ เพื่อตรวจสอบว่าบริเวณที่ทำการติดตั้งเซนเซอร์ชนิดนี้เอาไว้มีการกดทับหรือไม่ หากมีการกดทับแสดงว่ามีการใช้งานอุปกรณ์นั้นๆเกิดขึ้น ตำแหน่งการติดตั้ง เช่น บริเวณ เก้าอี้, โซฟา, เตียงนอน เป็นต้น

5) Contact sensors ใช้ในการระบุสถานการณ์ เปิด-ปิด จากหน้าสัมผัสของเซนเซอร์จะใช้กับอุปกรณ์ที่มีการเปิดปิด ตำแหน่งการติดตั้ง เช่น ประตู, ตู้เย็น, ตู้กับข้าว, ตู้เสื้อผ้า เป็นต้น

หลังจากการพิจารณาเลือกชนิดของเซนเซอร์ออกมาทั้งหมด 5 ชนิด ต้องทำการศึกษารายละเอียดของเซนเซอร์ที่จะทำการวิเคราะห์ออกแบบระบบ เพื่อจะได้ใช้งานเซนเซอร์ได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ รายละเอียดแสดงจากตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดและการวิเคราะห์ตัวตรวจจับ

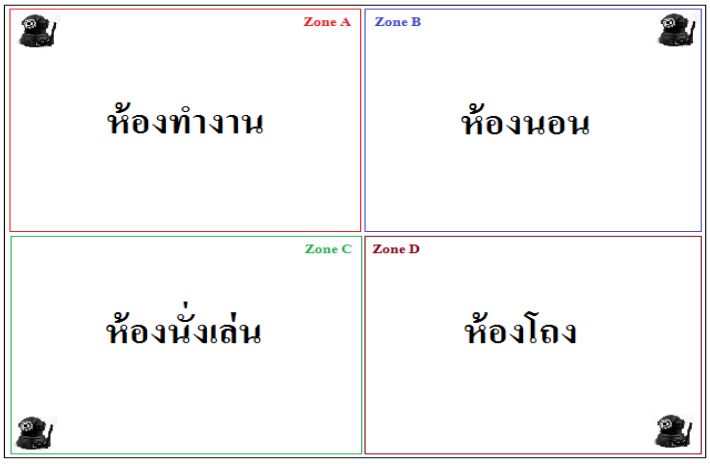
ตัวตรวจจับ	**ข้อมูลเซนเซอร์**	**วิเคราะห์**
IP Camera sensors	1. ความละเอียด 640 x 480 Pixels 2. Frame rate 30 fps 3. สามารถหมุนแนวราบได้ 0 - 270 องศา 4. สามารถหมุนแนวตั้งได้ 0 - 120 องศา 5. ไมค์รับเสียง และลำโพงในตัว	ตำแหน่ง
Acoustic sensors (Sound Detector)	แรงดันเอาต์พุตอยู่ ระหว่าง 0 ถึง +5 โวลต์ ขึ้นอยู่กับความดังของเสียงถ้าเสียงดังมากค่าแรงดันที่ได้ก็จะมีค่ามาก ถ้าเสียงเบาค่าแรงดันที่ได้ก็จะมีค่าน้อย	ระดับความเข้มเสียง
Passive Infrared (PIR)	1. ระยะการตรวจจับสูงสุด 20 ฟุต 2. เมื่อตรวจพบความเคลื่อนไหวจะให้ผลการทำงานเป็นสัญญาณลอจิก “1” 3. ใช้เวลาในการปรับตัวเพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงช่วง 10 ถึง 60 วินาที	ระดับแรงดันที่เปลี่ยนแปลง

Force Sensitive Resistor 	ตัวตรวจจับแรงกด รองรับน้ำหนักการกดได้ 100 g ถึง 10 kg เหมาะสำหรับการตรวจจับเพียงว่า เกิดแรงกดขึ้นที่ตัวตรวจจับหรือไม่	ระดับแรงกด
Contact sensors	เมื่อตรวจพบการปลี่ยนแปลงของหน้า Contact จะให้ผลการทำงานเป็นสัญญาณลอจิก “1”	การสัมผัสของหน้า Contact

3.3.2. การวิเคราะห์ข้อมูลของตัวตรวจจับ

จากตาราง 3-1 จะแสดงการวิเคราะห์การใช้งานของเซนเซอร์แต่ละชนิดที่นำมาออกแบบระบบการตัดสินใจในระดับสัญญาณเพื่อจำแนกกิจกรรมของมนุษย์ 1 คนในที่พักอาศัยที่กำหนดขึ้นมา โดยพัฒนาเพื่อให้รองรับกับการใช้ตัวตรวจจับหลายแบบพร้อมกัน ในการออกแบบระบบนี้สร้างขึ้นเพื่อทดลองจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานหลักๆ 5 อย่าง คือ นั่ง ยืน นอน เดิน การเข้า-ออก ประตู รายละเอียดในการวิเคราะห์แต่ละเซนเซอร์ในระดับสัญญาณนี้เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างหยาบๆหรือไม่ต้องมีความละเอียดมากนักแต่ต้องให้ความถูกต้องสูงสุดด้วยเช่นกัน แสดงการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์หาบริเวณหรือตำแหน่งของมนุษย์จากกล้อง (Camera sensors) โดยการออกแบบในสิ่งแวดล้อมที่กำหนดจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 โซน ประกอบด้วย ห้องทำงาน, ห้องนอน, ห้องนั่งเล่น และ ห้องโถง แสดงดังภาพประกอบ 3-3

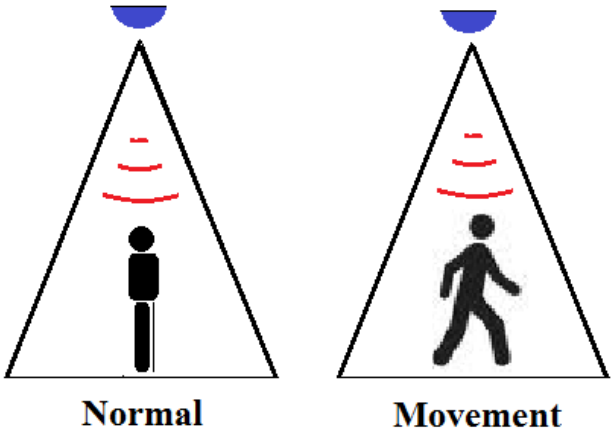


ภาพประกอบ 3-3 การแบ่งพื้นที่ในสิ่งแวดล้อมที่ออกแบบ

2) วิเคราะห์ข้อมูลเสียงของตัวตรวจจับ(Acoustic sensors) จากแหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ เช่น เสียงมนุษย์ เสียงทีวี เสียงเปิด-ปิด ประตู เป็นต้น โดยจะพิจารณาระดับเสียงออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับเสียงเบา (Low), ระดับเสียงปานกลาง (Medium) และระดับเสียงดัง (High) ภาพประกอบ 3-4 แสดงการวิเคราะห์ระดับเสียง

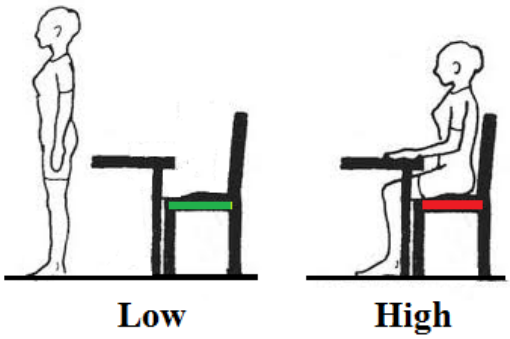
ภาพประกอบ 3-4 ระดับเสียง

3) วิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหว (Passive Infrared) จากการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของมนุษย์ ในระบบนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 สถานะ คือ ไม่เคลื่อนไหว (Normal) และเคลื่อนไหว (Movement) แสดงดังภาพประกอบ 3-5



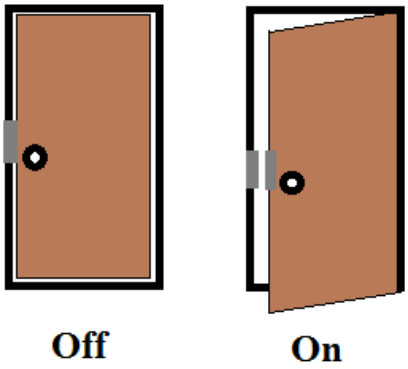
ภาพประกอบ 3-5 สถานะของการเคลื่อนไหวของมนุษย์

4) วิเคราะห์ข้อมูลการกดทับ (Force Sensitive Resistor) จากการบริเวณที่ตรวจจับแรงกดทับ ซึ่งตัวเซนเซอร์ที่นำมาใช้ในการออกแบบเหมาะสำหรับนำมาใช้บอกว่ามีการกดทับหรือไม่ในบริเวณดังกล่าว แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ไม่มีแรงกดทับเกิดขึ้น (Low) และมีแรงกดทับเกิดขึ้น (High) แสดงในภาพประกอบ 3-6



ภาพประกอบ 3-6 ระดับแรงกดทับของมนุษย์

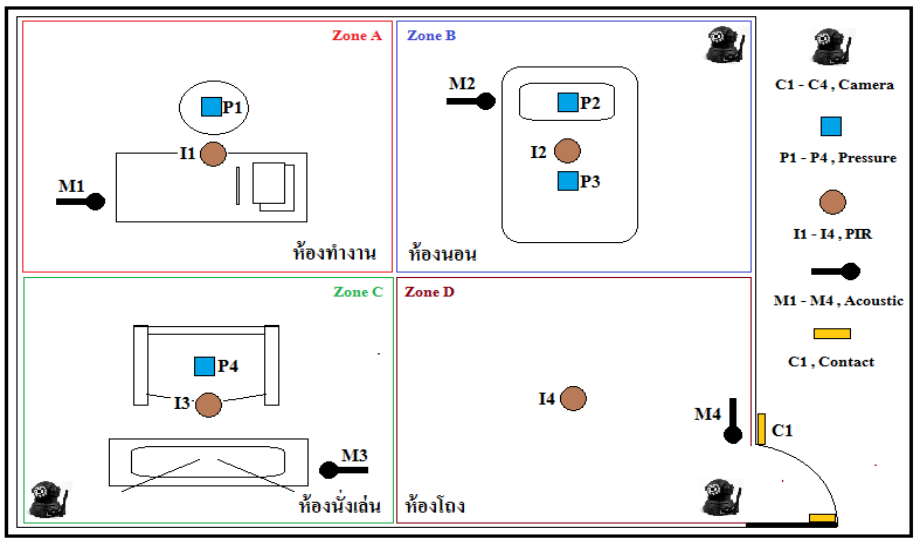
5) วิเคราะห์ข้อมูลการเปิด - ปิด (Contact sensors) จากการออกแบบจะติดตั้งบริเวณประตู หรือบริเวณอื่นๆที่ต้องการตรวจสอบสถานะในการ เปิด-ปิด ของอุปกรณ์นั้นๆ ดังนั้น จึงสามารถแบ่งออกเป็น 2 สถานะ คือ หน้าสัมผัสของประตูปิด (Off) และหน้าสัมผัสของประตูเปิด (On) ดังแสดงในภาพประกอบ 3-7



ภาพประกอบ 3-7 สถานะของการ เปิด - ปิด ประตู

3.3.3 การวางตำแหน่งของเซนเซอร์

ภายหลังจากขั้นตอนการเลือกตัวตรวจจับและวิเคราห์ข้อมูลจากเซนเซอร์แต่ละชนิดออกมาในระดับสัญญาณ จะสังเกตเห็นได้ว่าเป็นการพิจารณาอย่างหยาบ เนื่องจากในระดับสัญญาณไม่ต้องมีขั้นตอนการดึงลักษณะเด่นจากข้อมูลมาใช้มากนัก เพียงแค่ใช้ข้อมูลขั้นพื้นฐานจากเซนเซอร์เท่านั้น ดังนั้นขั้นตอนหลังจากนี้เป็นการนำเซนเซอร์ที่ได้คัดเลือกมาติดตั้งในพื้นที่หรือบริเวณที่ต้องการออกแบบให้เหมาะสมที่สุด ในระบบนี้จะติดตั้งภายในสถานที่ปิด เพื่อใช้ในการทดสอบระบบ



ภาพประกอบ 3-8 ตำแหน่งเซนเซอร์ในบริเวณที่ออกแบบ

ภาพประกอบ 3-8 แสดงตำแหน่งของเซนเซอร์แต่ละชนิดภายในห้องต่างๆตามสัญลักษณ์ที่ได้กำหนดไว้ในภาพ หลังจากเลือกชนิดเซนเซอร์ที่เหมาะสม, วิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละเซนเซอร์ที่จะนำไปใช้ในการจำแนกและตัดสินสินใจโดยใช้ฟัซซีลอจิก และการวางเซนเซอร์ในบริเวณที่ต้องการทดสอบแล้วนั้น ต่อไปจะเป็นการอธิบายวิธีดำเนินการของการออกแบบระบบโดยประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิก และขั้นตอนการทดสอบต่างๆ

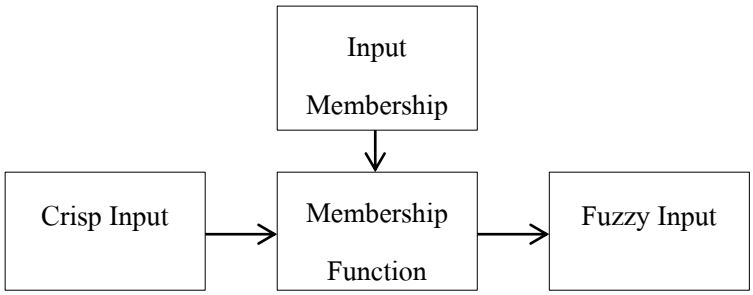
3.4. ระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ฟัซซีลอจิก

3.4.1. ระบบตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลจำลอง

จากแนวคิดการออกแบบก่อนหน้านี้ งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบโดยใช้โปรแกรมจำลองก่อนการใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริงเพื่อดูว่าระบบนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริง โปรแกรมจำลองที่นำมาใช้ออกแบบและทดสอบคือ FisPro (Fuzzy Inference System Professional)[11]

3.4.1.1. ขั้นตอนการออกแบบระบบที่ใช้ข้อมูลจำลอง

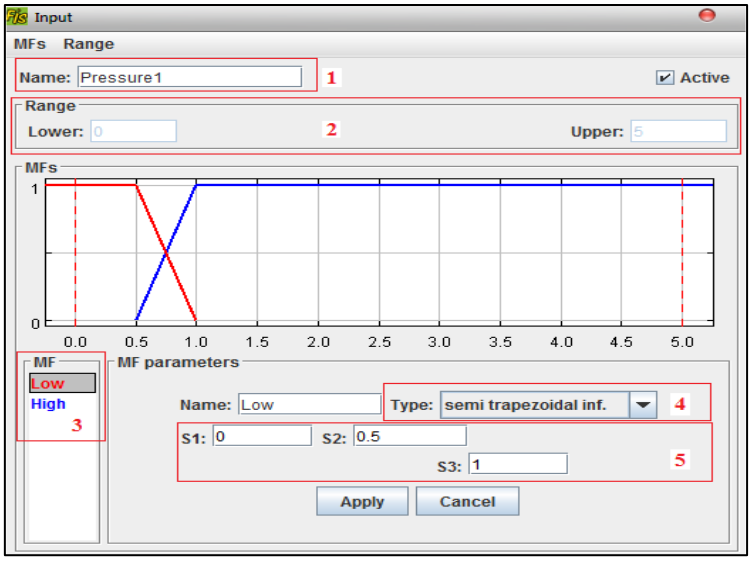
ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแปลงการอินพุตจากเซนเซอร์แต่ละตัวเปลี่ยนเป็นการอินพุตแบบตัวแปรฟัซซี โดยจะสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก โดยไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเดียวกัน ขึ้นกับคุณลักษณะของแต่ละการอินพุต (Input) และความสำคัญต่อการเอาต์พุต (Output) ที่น่าสนใจโดยฟังก์ชันจะมีลักษณะเป็นการกำหนดภาษาสามัญ เพื่อใช้เป็นฟัซซีการอินพุต แสดงการแปลงอินพุตเป็นฟัซซีดังภาพประกอบ 3-9



ภาพประกอบ 3-9 ขั้นตอนที่ 1 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

จากกระบวนการประมวลผลของขั้นตอนแรก สิ่งที่ต้องทำการออกแบบในโปรแกรมจำลอง คือ การสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของแต่ละเซนเซอร์ให้สอดคล้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลในหัวข้อก่อนหน้านี้

ตัวอย่าง 1 วิธีการออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในโปรแกรมจำลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



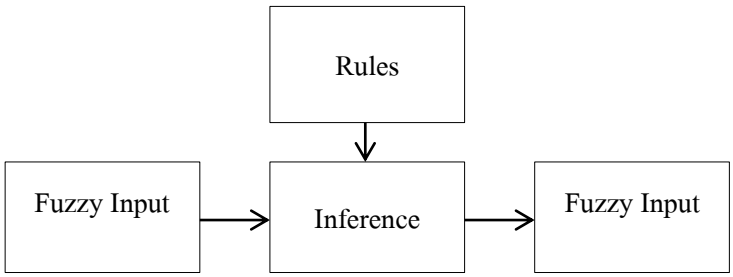
ภาพประกอบ 3-10 การสร้างฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

1) กำหนดชื่อของเซนเซอร์
2) กำหนดช่วงการทำงาน ต่ำสุด – สูงสุดของเซนเซอร์ จากตัวอย่างเป็นของเซนเซอร์การกดทับ ซึ่งให้ข้อมูลเป็นอนาล็อกมีค่า 0 ถึง +5 โวลต์ ดังนั้นจึงให้ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 และค่าสูงสุดเท่ากับ 5
3) กำหนดจำนวนฟังก์ชันสมาชิกโดยกำหนดเป็นภาษาสามัญ คือ Low กับ High

4) เลือกรูปแบบฟังก์ชันที่เหมาะสมกับอินพุตของเซนเซอร์ สามารถปรับเปลี่ยนเพื่อใช้เข้ากับการทำงานของระบบ
5) กำหนดพารามิเตอร์ของรูปแบบฟังก์ชันสมาชิก ให้มีขนาดหรือรูปทรงของฟังก์ชันตามความต้องการ

ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งของการออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในกระบวนการทางฟัซซีลอจิกของเซนเซอร์กดทับ ในส่วนของเซนเซอร์ชนิดอื่นๆใช้แนวทางการออกแบบเหมือนกับที่ได้ยกตัวอย่างขึ้นมาทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุตที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผล การคาดการณ์จากการตัดสินใจของมนุษย์ หรือค่าจากการทดลองหากทดลองโดยใช้เซนเซอร์จริง โดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบ ซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (If) ,แล้ว (Then) ซึ่งเป็นภาษาสามัญ นำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อหาการตัดสินใจที่เหมาะสม ดังภาพประกอบ 3-11



ภาพประกอบ 3-11 ขั้นตอนที่ 2 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

ตัวอย่าง 2 วิธีการออกแบบสร้างกฎการควบคุมระบบ งานวิจัยนี้สร้างโดยอาศัยหลักหาเหตุและผลของการคาดการณ์จากการตัดสินใจของมนุษย์ ตัวอย่างนี้เป็นเพียงกฎ 1 ข้อเท่านั้น เพื่อแสดงให้เห็นหลักเหตุและผลในการตัดสินใจ พิจารณาดังต่อไปนี้

ถ้า ตำแหน่ง คือ ห้องนอน (ZoneB)
การเคลื่อนไหว คือ หยุดนิ่ง (Normal)
แรงกด คือ เกิดแรงกดทับบริเวณเตียงนอน (High)
ระดับเสียง คือ ไม่มีเสียง (Low)
หน้าสัมผัส คือ สถานะประตูปิด (Off)
แล้ว กิจกรรม คือ นอนหลับ (Sleeping)

ดังนั้นจากภาพประกอบ 3-8 จะได้กฎ 1 ข้อ คือ

IF (Pressure2 and Pressure3 is High) and (Camera2 is ZoneB) and (Infrared2 is Normal) and (Acoustic2 is Low) and (Contact1 is Off) **THEN** (Activity is Sleeping)

จากการนำหลักเหตุและผลที่เกิดจากการคาดการณ์มนุษย์หรือผู้ออกแบบ สามารถพิจารณาสร้างกฎเพื่อควบคุมระบบขึ้นมาหลายๆกฎ เพื่อใช้ในการตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ให้มีความหลากหลายมากขึ้น โดยทำการนำค่าในตารางที่ 3-2 ไปสร้างในโปรแกรมจำลอง

ตารางที่ 3-2 รายละเอียดการออกแบบกฎ

No. rule	Camera	Acoustic	Passive Infrared	Pressure	Contract	Pose & Activity
1	Zone A	-	I1(Normal)	P1(High)	-	นั่ง
2	Zone A	M1(Low)	I1(Normal)	P1(High)	-	นั่ง
3	Zone A	M1(High)	I1(Normal)	P1(High)	-	นั่งฟังเพลง
4	Zone B	-	I2(Normal)	P2(Low),P3(High)	-	นั่งบนเตียง
5	Zone C	-	I3(Normal)	P4(High)	-	นั่ง
6	Zone C	M3(Low)	I3(Normal)	P4(High)	-	นั่ง
7	Zone C	M3(High)	I3(Normal)	P4(High)	-	นั่งดูทีวี
8	Zone A	-	I1(Normal)	P1(Low)	-	ยืน(ZoneA)
9	Zone B	-	I2(Normal)	P2&P3(Low)	-	ยืน(ZoneB)
10	Zone C	-	I3(Normal)	P4(Low)	-	ยืน(ZoneC)
11	Zone D	-	I4 (Normal)	P1-P4(Low)	-	ยืน(ZoneD)
12	Zone B	-	I2(Normal)	P2&P3(High)	-	นอน
13	Zone B	M2(Low)	I2(Normal)	P2&P3(High)	-	นอนหลับ
14	Zone B	M2(High)	I2(Normal)	P2&P3(High)	-	นอนกรน
15	Zone A	-	I1(Movement)	P1(High)	-	นั่งทำงาน
16	Zone A	-	I1(Movement)	P1(Low)	-	เดิน(ZoneA)
17	Zone B	-	I2(Movement)	-	-	เดิน(ZoneB)

18	Zone B	-	I2(Movement)	P2&P3(Low)	-	เดิน(ZoneB)
19	Zone C	-	I3(Movement)	-	-	เดิน(ZoneC)
20	Zone D	-	I4(Movement)	-	S1(Off)	เดิน(ZoneD)
21	Zone C	-	I3(Movement)	P4(Low)	-	เดิน(ZoneC)
22	Zone D	-	I4(Movement)	P1-P4(Low)	-	เดิน(ZoneD)
23	-	-	I1-I4(Normal)	-	S1(On)	เข้าประตู
24	-	M4(High)	I1-I4(Normal)	-	-	เข้าประตู
25	-	M4(High)	I1-I4(Normal)	-	S1(On)	เข้าประตู
26	Zone D		I4(Normal)	-	S1(On)	ออกประตู
27	Zone D	M4(High)	I4(Normal)	-	-	ออกประตู
28	Zone D	M4(High)	I4(Normal)	-	S1(On)	ออกประตู
29	Zone D		I4(Movement)	-	S1(On)	ออกประตู
30	Zone D	M4(High)	I4(Movement)	-	-	ออกประตู
31	Zone D	M4(High)	I4(Movement)	-	S1(On)	ออกประตู

จากในตารางที่ 3-2 ประกอบไปด้วยทั้งหมด 31 กฎ ซึ่งจะนำไปใช้ทั้งในโปรแกรมจำลองและใช้กับเซ็นเซอร์จริง ที่มาของแต่ละกฎนั้นได้มาจากการสังเกตและบันทึกค่าจากเซนเซอร์หลายๆครั้งในการทดลองกิจกรรมต่างๆภายในพื้นที่ทำการทดลองนั้นๆและกฎเหล่านี้สามารถนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกฎแต่ละกฎได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3-3 ประสิทธิภาพในการจำแนกกิจกรรมของกฎแต่ละกฎภายในห้องทำงาน (Zone A)

No. (Rule)	Test	True	False	Performance (%)
1	65	65	0	100
2	48	48	0	100
3	16	16	0	100
8	28	28	0	100
15	30	30	0	100
16	17	7	10	41

ตารางที่ 3-4 ประสิทธิภาพในการจำแนกกิจกรรมของกฎแต่ละกฎภายในห้องนอน (Zone B)

No. (Rule)	Test	True	False	Performance (%)
4	21	20	1	95
9	44	32	12	72
12	46	44	2	96
13	36	34	2	94
14	10	10	0	100
17	7	5	2	71

ตารางที่ 3-5 ประสิทธิภาพในการจำแนกกิจกรรมของกฎแต่ละกฎภายในห้องนั่งเล่น (Zone C)

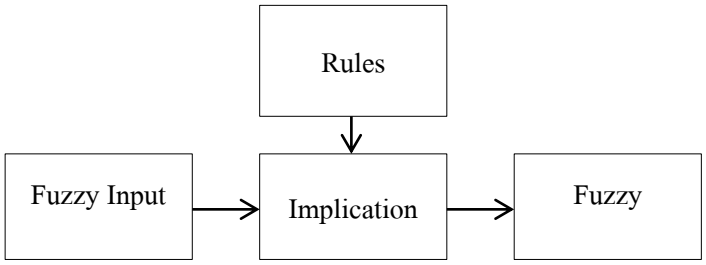
No. (Rule)	Test	True	False	Performance (%)
5	37	37	0	100
6	31	31	0	100
7	6	6	0	100
10	61	57	4	93
19	21	8	13	38
21	21	8	13	38

ตารางที่ 3-6 ประสิทธิภาพในการจำแนกกิจกรรมของกฎแต่ละกฎภายในห้องโถง (Zone D)

No. (Rule)	Test	True	False	Performance (%)
11	33	29	4	88
19	10	8	2	80
21	10	8	2	80
22	2	2	0	100
25	6	6	0	100
28	9	7	7	78

จากในตารางที่ 3-3 ถึง 3-6 จะแสดงค่าประสิทธิภาพของกฎในการจำแนกกิจกรรมของแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะทำการเก็บชุดข้อมูลจำนวนหลายๆชุดจากการทดลองจริงภายในห้องต่างๆ แล้วนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพดังแสดงในตารางข้างต้น แต่กฎที่สามารถหาประสิทธิภาพได้มีเพียง 24 กฎเท่านั้น จากการออกแบบทั้งหมด 31 กฎ ดังนั้นอีกจำนวน 6 กฎไม่สามารถหาประสิทธิภาพของกฎได้เพราะในการทดสอบเซนเซอร์ข้อจำกัดทางฮาร์ดแวร์ค่อนข้างมากจึงทำให้ข้อมูลจากเซนเซอร์ไม่สม่ำเสมอ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้กฎที่เหลืออีก 6 กฎ ไม่ถูกนำไปใช้ในระหว่างการทดลองจริง

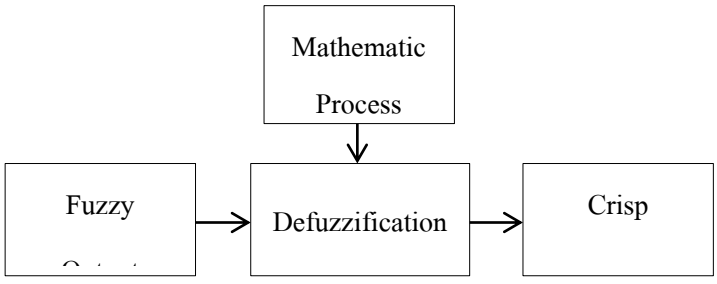
ขั้นตอนที่ 3 เป็นการหาฟัซซีเอาต์พุต โดยการนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้น ในขั้นตอนที่ 2 มาประมวลผลกับฟัซซีอินพุต โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำค่าที่ได้ประมวลผลดังภาพประกอบ 3-12



ภาพประกอบ 3-12 ขั้นตอนที่ 3 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

วิธีการที่ใช้ในการตีความหาเหตุผลเลือกใช้ Max-Min method ในกระบวนการนี้เป็นการคำนวณของโปรแกรมจำลอง

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือขั้นตอนการสรุปเหตุผลฟัซซี โดยจะเปลี่ยนฟัซซีเอาต์พุตให้เป็นทวินัยเอาต์พุตตามภาพประกอบ 3-13 ด้วยวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity) เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อระบุกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ในขณะนั้น



ภาพประกอบ 3-13 ขั้นตอนที่ 4 การประมวลผลแบบฟัซซีลอจิก

วิธีการทำค่าฟัซซีให้เป็นค่าปกติ (Defuzzification) ด้วยเทคนิคการหาจุดศูนย์ถ่วง หรือสรุปหาเหตุผลจากหลาย ๆ เซตมาเพียงค่าเดียว ซึ่งเป็นการใช้ค่าจุดศูนย์ถ่วงของค่าระดับการเป็นสมาชิกจากการกระทำหลายๆแบบและเลือกกระทำเพียงรูปแบบเดียว

3.4.1.2. วิธีการทดสอบระบบที่ใช้ข้อมูลจำลอง

1) สร้างชุดข้อมูล (Data Set) ขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดสอบ โดย 1 ชุดข้อมูลประกอบไปด้วย 14 อินพุต และ 1 เอาต์พุต ทำการบันทึกในรูปแบบของไฟล์ .txt จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ทดสอบมี 3 ขนาด คือ 15 ชุดข้อมูล, 30 ชุดข้อมูล และ 45 ชุดข้อมูล

2) ทำการสุ่มค่าข้อมูลผิดพลาด (Data loss) ในแต่ละชุดข้อมูลโดยการสุ่มให้เกิดความผิดพลาด 10%, 20% และ 30% ของชุดข้อมูลตามลำดับ เพื่อทำการวิเคราะห์ความถูกต้องและความคงทนของระบบที่ออกแบบเมื่อมีข้อมูลที่ผิดพลาดเข้ามาในระบบ

3) ขั้นตอนในการประเมินค่าดัชนีการดำเนินการ (Performance Indices) ของระบบเมื่อเกิดข้อมูลผิดพลาด โดยเป็นการคำนวณของโปรแกรมจำลองตามสมการ (3-1)

$$PI = \sum_{i=1}^{A} mc(i) \tag{3-1}$$

โดยที่ A = จำนวนชุดข้อมูล

mc(i) = 1, เมื่อเกิดความผิดพลาดในการจำแนกข้อมูล

mc(i) = 0, เมื่อจำแนกข้อมูลถูกต้องหรืออื่นๆ

4) วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดสอบของแต่ละชุดข้อมูล

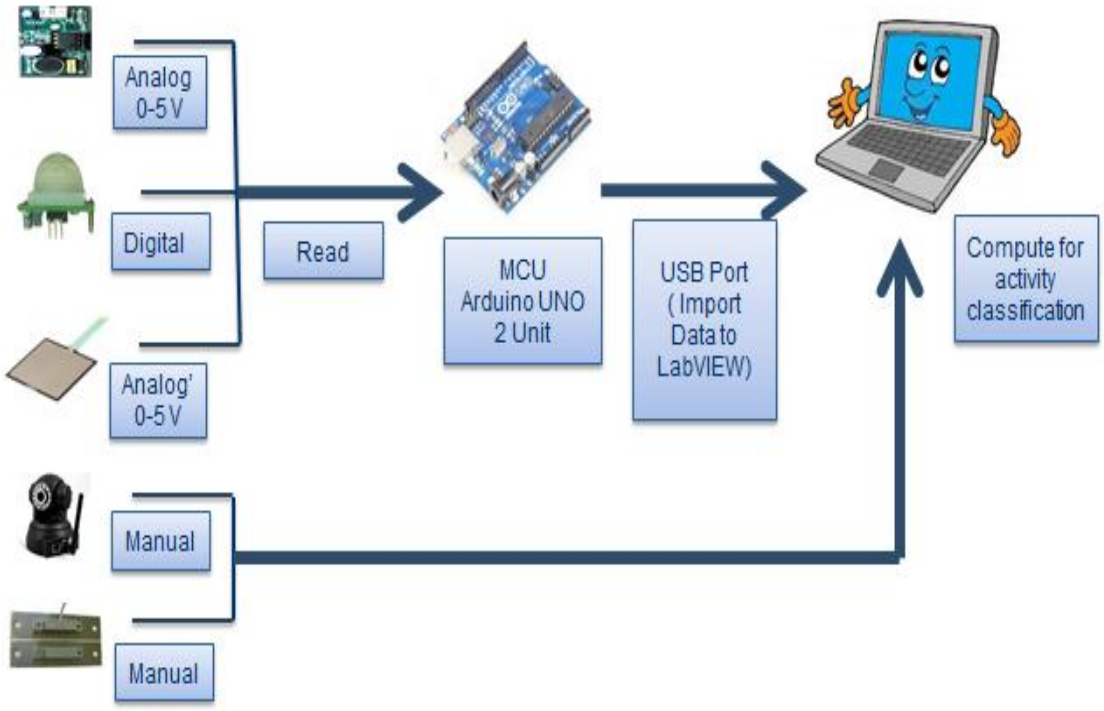
5) สรุปผลการทดสอบ

3.4.2. ระบบตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง

เมื่อทำการออกแบบการทดสอบโดยใช้โปรแกรมจำลอง หลังจากนั้นได้ออกแบบใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริงเพื่อนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ โปรแกรมที่นำมาใช้ออกแบบและทดสอบกับเซนเซอร์จริงคือ LabVIEW เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีเครื่องมือให้เลือกใช้งานจำนวนมาก และมีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้กับเซนเซอร์

3.4.2.1. ขั้นตอนการออกแบบระบบที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> ออกแบบโครงสร้างและกระบวนการทำงานโดยรวมของระบบตัดสินใจที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์แสดงดังภาพประกอบ 3-14

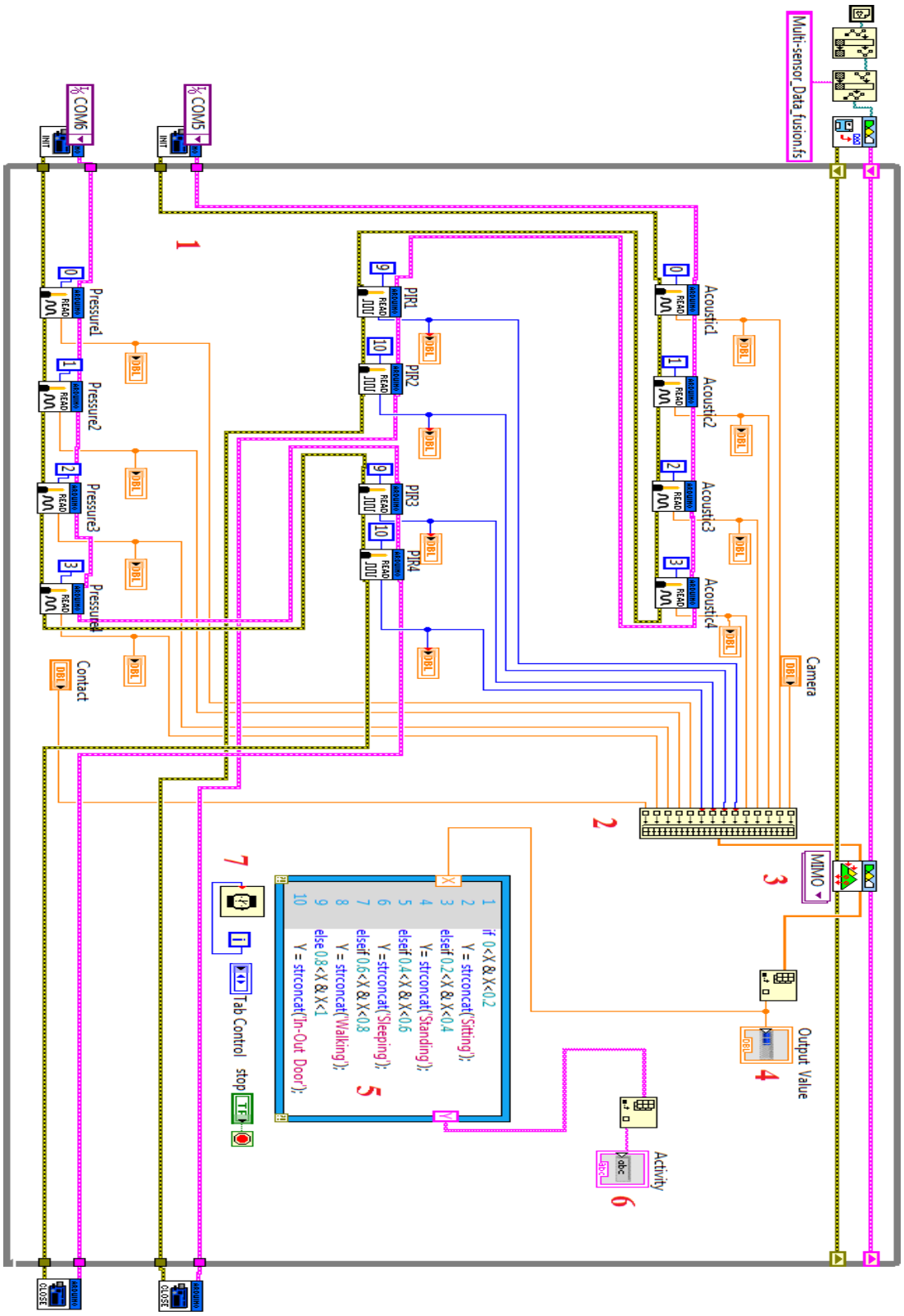


ภาพประกอบ 3-14 กระบวนการทำงานของระบบ

จากภาพประกอบ 3-14 เป็นการแสดงกระบวนการทั้งหมดของการทดสอบกับเซนเซอร์จริง โดยจะทำการอ่านค่าอินพุตจากเซนเซอร์จากไมโครคอนโทรเลอร์จำนวน 2 ตัว หลังจากนั้นส่งค่าไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทาง USB Port เพื่อประมวลผลกับโปรแกรม LabVIEW ที่ได้ทำการออกแบบ

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาการใช้งานและการต่อวงจรของเซนเซอร์แต่ละชนิด โดยต่อวงจรร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino UNO) เพื่ออ่านค่าจากเซนเซอร์

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาการใช้งานและหลักการทำงานของเครื่องมือในโปรแกรม LabVIEW เพื่อใช้ในการออกแบบระบบการตัดสินใจโดยใช้ฟัซซีลอจิก หลังจากนั้นจึงเริ่มทำการออกแบบแสดงในภาพประกอบ 3-15 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 3-15 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

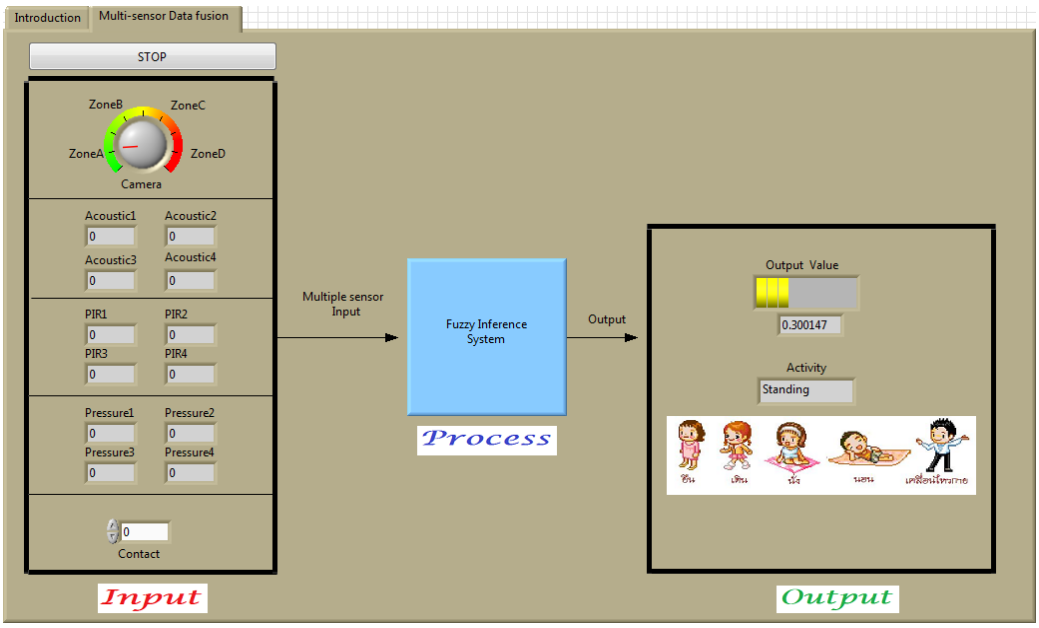
1) กำหนด PIN การอ่านค่าของเซนเซอร์แต่ละชนิดจากไมโครคอนโทรเลอร์จำนวน 2 ตัวผ่านทาง USB port
2) เมื่ออ่านค่าจากเซนเซอร์ใน 1 รอบการทำงาน จะมีการรอให้รับอินพุตครบทุกค่าก่อนจะส่งอินพุตทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการทางฟัซซีลอจิก
3) กระบวนการทางฟัซซีลอจิกซึ่งจากการออกแบบเป็นแบบ MIMO (Multiple Input – Multiple Output) โดยทำการเรียกใช้ไฟล์ Muti_senser_data_fusion.fs ซึ่งเป็นไฟล์ของการออกแบบกระบวนการทางฟัซซีลอจิก การออกแบบในส่วนนี้จะนำมาจากส่วนที่ได้ออกแบบของการทดสอบกับโปรแกรมจำลองมาประยุกต์ใช้งานกับโปรแกรม LabVIEW อีกครั้ง เนื่องจากหลักการทำงานเหมือนกัน แต่ในส่วนของกฎเนื่องจากเมื่อทำการทดสอบเบื้องต้นกฎที่ใช้งานจริงของการทดสอบด้วยเซนเซอร์จริงใช้เพียง 24 กฎ จากการออกแบบในระบบจำลอง 31 กฎ เพราะในการทดสอบจริงมีข้อจำกัดทางฮาร์ดแวร์ค่อนข้างมากจึงทำให้ข้อมูลจากเซนเซอร์ไม่สม่ำเสมอ กฎที่ออกแบบมาจากสมมติฐานการตั้งกฎเลยนำมาใช้งานไม่ครบทุกกฎ
4) เมื่อผ่านกระบวนการทางฟัซซีลอจิกแล้ว จะได้ค่าเอาต์พุตออกมาแสดงผล
5) ค่าเอาต์พุตที่ได้รับมาจะเป็นค่าที่เป็นตัวเลขซึ่งทำให้ยากต่อการสังเกต จึงทำการเพิ่มส่วนที่แปลงค่าตัวเลขให้เป็นค่าเอาต์พุตเชิงภาษา เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกตและวิเคราะห์ระบบ
6) การนำค่าเอาต์พุตเชิงภาษาออกมาแสดงผล
7) การกำหนดช่วงเวลาในการรอรับอินพุตของ 1 รอบการทำงาน

ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการอธิบายขั้นตอนอย่างคร่าวๆ การทำงานทั้งหมดของบล็อกไดอะแกรมในการออกแบบระบบ

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> เมื่อทำการออกแบบบล็อกไดอะแกรมเสร็จสิ้นแล้ว ต่อไปก็ทำการออกแบบในส่วนของหน้าต่างอินเตอร์เฟส เพื่อเพิ่มความสะดวกในการติดตามสังเกตข้อมูลอินพุตและผลลัพธ์ของระบบตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ แสดงดังภาพประกอบ 3-16

<u>ขั้นตอนที่ 5</u> ติดตั้งเซนเซอร์จริงตามตำแหน่งดังภาพประกอบ 3-8

<u>ขั้นตอนที่ 6</u> ทดสอบระบบ รายละเอียดจะอธิบายในหัวข้อถัดไป



ภาพประกอบ 3-16 หน้าต่างอินเตอร์เฟสของระบบ

3.4.2.2. วิธีการทดสอบระบบที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง

1) ทำการทดสอบกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ 1 คนภายในห้องต่างๆที่ได้กำหนดไว้ คือ ห้องทำงาน, ห้องนอน, ห้องนั่งเล่น, ห้องโถง ซึ่งจะทำการทดสอบทีละห้อง โดยแต่ละห้องจะทำการทดสอบประมาณไม่เกิน 3 นาที

2) การบันทึกข้อมูลจะทำการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาของรอบการทำงานระบบโดยปรับเปลี่ยนเพื่อทำการเปรียบเทียบรอบการทำงานที่มีความเหมาะสมและสามารถจำแนกกิจกรรมได้แม่นยำที่สุดก่อนการบันทึก

3) เมื่ออยู่ระหว่างการทดสอบทำการบันทึกทั้งข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตที่ได้รับโดยจะทำการเก็บค่าทุกๆ 1 วินาที เพื่อทำไปใช้ในการวิเคราะห์

4) เมื่อบันทึกข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตจากการทำงานของระบบแล้ว ทำการบันทึกข้อมูลที่เอาท์พุตเกิดจากการสังเกตจากมนุษย์อีกหนึ่งชุดข้อมูล เพื่อเป็นชุดข้อมูลหลักในการใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากระบบที่ออกแบบ เนื่องจากต้องการสร้างระบบให้ใกล้เคียงกับการตัดสินใจของมนุษย์ให้มากที่สุด

5) นำชุดข้อมูลแต่ละค่าที่ทำการบันทึกไปทดสอบกับระบบทีละค่าเพื่อสังเกตและวิเคราะห์การใช้งานกฎของฟัซซีที่ได้ทำการออกแบบเอาไว้

6) ขั้นตอนในการประเมินค่าความถูกต้อง (Precision) ของระบบเมื่อเปรียบเทียบกับการตัดสินใจของมนุษย์

7) วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการทดสอบของแต่ละชุดข้อมูล

8) สรุปผลการทดสอบ

3.5. สรุป

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและพัฒนาระบบจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์โดยใช้ฟัซซีลอจิก ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ

1) ระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลและโปรแกรมจำลอง (FisPro) ในการทดสอบ
2) ระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริงประยุกต์ใช้กับโปรแกรม LabVIEW ในการทดสอบ

สำหรับในบทนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาทั้งหมดโดยประยุกต์ใช้กับทฤษฎีเรื่องฟัซซีลอจิก เนื้อหาในบทนี้ได้กล่าวถึงหัวข้อสำคัญๆ ได้แก่ แนวคิดในการออกแบบ โครงสร้างของระบบ การวิเคราะห์ข้อมูลของเซนเซอร์ และขั้นตอนต่างๆในการออกแบบระบบเพื่อทำการทดสอบทั้งระบบที่ใช้ข้อมูลจำลองและระบบที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้ได้ทำการทดลองระบบจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์โดยใช้ฟัซซีลอจิก โดยจะทำการทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลองหลัก คือ

1) ระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลและโปรแกรมจำลอง (FisPro) ในการทดลอง
2) ระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริงประยุกต์ใช้กับโปรแกรม LabVIEW ซึ่งจะทำการทดลองโดยแยกย่อยออกเป็น 4 การทดลอง คือ ทดลองในห้องนั่งเล่น, ห้องทำงาน, ห้องนอน และ ห้องโถง

สำหรับรายละเอียดในการออกแบบและการทดลองของแต่ละระบบและเทคนิคได้กล่าวไว้แล้วก่อนหน้านี้ในบทที่ 3

4.1. <u>การทดลองที่ 1</u> ระบบจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์โดยใช้โปรแกรมจำลอง

การทดลองในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการทดลองระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ทฤษฎีของฟัซซีลอจิกในการออกแบบโดยใช้โปรแกรมจำลอง (FisPro) และข้อมูลที่ใช้ในการทดลองระบบนี้จะเป็นข้อมูลที่เกิดจากการจำลองขึ้นมา

4.1.1. สมมุติฐาน

การประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกในการจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ ซึ่งเป็นการรับข้อมูลจากหลายตัวตรวจจับมาประมวลผลนั้น เมื่อเกิดข้อมูลสูญเสียหรือตัวตรวจจับไม่ทำงาน ระบบที่ออกแบบนั้นสามารถคงทนต่อความผิดพลาดได้ดีหรือไม่ อย่างไร

4.1.2. ปัจจัยในการทดลอง

1) การทดลองจะทำการตรวจสอบว่าระบบที่ได้ออกแบบนั้นมีความคงทนต่อการสูญเสียของข้อมูลอินพุต โดยจะใช้เซตของข้อมูลที่ได้จากการสร้างจำนวน 15 , 30 และ 45 ชุดข้อมูล ตามลำดับ ซึ่งทุกชุดข้อมูลประกอบไปด้วย 14 อินพุต และ 1 เอาต์พุตและสามารถจำแนกกิจกรรมได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยจะทำการสุ่มการสูญเสียของข้อมูล 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด

2) การวัดประสิทธิภาพการทำงานของระบบด้วยค่า PI (Performance Indices) ดังแสดงในสมการที่ 3-1 ในบทที่ 3 ซึ่งค่า PI ใช้ในการวัดความผิดพลาดในการจำแนกและตัดสินใจของระบบ ถ้าค่า PI มีค่ามากแสดงว่าระบบที่ทำการทดลองเมื่อเกิดการสูญเสียของข้อมูลระบบจะมีความผิดพลาดมาก แต่ถ้าค่า PI มีค่าน้อยแสดงว่าระบบมีความผิดพลาดน้อย

4.1.3. ผลการทดลอง

จากตาราง 4-1 เป็นตารางผลลัพธ์การคำนวณจากโปรแกรมจำลองของค่า PI จากกระบวนการทดสอบระบบเมื่อเกิดการสูญเสียของข้อมูลที่เกิดจากการสุ่ม โดยในตารางจะแสดงค่าของความผิดพลาด เมื่อค่าผลลัพธ์ยิ่งเข้าใกล้ 1 ความผิดพลาดยิ่งเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4 - 1 ผลลัพธ์ของค่า P I จากกระบวนการวัดประสิทธิภาพระบบของโปรแกรมจำลอง

%Data loss	**Performance indices (Error)**		
	Dataset = 15	***Dataset = 30***	***Dataset = 45***
10	0.027	0.026	0.023
20	0.036	0.027	0.025
30	0.048	0.040	0.038

4.1.4. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองข้างต้นเป็นค่าความผิดพลาดเมื่อเกิดการสูญเสียของแต่ละชุดข้อมูล เมื่อทำการสุ่มข้อมูลสูญเสีย 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อสุ่มข้อมูลให้เกิดการสูญเสียเพิ่มขึ้นระบบจะเกิดความผิดพลาดเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาข้อมูลสูญเสียที่เพิ่มขึ้น 2 เท่า และ 3 เท่าจากข้อมูลที่สูญเสีย 10 เปอร์เซ็นต์จะเห็นว่าระบบเกิดความผิดพลาดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สรุปได้ว่าระบบที่ทำการออกแบบมีความคงทนต่อการเกิดการสูญเสียของข้อมูล ในทางตรงกันข้ามจากการทดลองเมื่อชุดข้อมูลมีขนาดเพิ่มขึ้น 15, 30 และ 45 ชุดข้อมูลตามลำดับ จะเห็นว่าความผิดพลาดของระบบจะลดน้อยลง สรุปได้ว่าเมื่อชุดข้อมูลมีขนาดใหญ่ขึ้นค่าความผิดพลาดของระบบน้อยลงเนื่องจากเกิดการกระจายของการสุ่มข้อมูลที่สูญเสียมากขึ้น ดังนั้นระบบมีความคงทนต่อการเกิดการสูญเสียของข้อมูลมากกว่า 95%

4.2. <u>การทดลองที่ 2-1</u> ระบบจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์โดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง : ห้องนั่งเล่น

การทดลองในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการทดลองระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ทฤษฎีของฟัซซีลอจิกในการออกแบบโดยใช้โปรแกรม LabVIEW และข้อมูลที่ใช้ในการทดลองระบบนี้จะเป็นข้อมูลที่ได้รับมาจากเซนเซอร์จริงเพื่อนำมาประมวลผล การทดลองนี้เป็นการทดลองย่อยจากระบบหลัก ซึ่งจะเป็นการทดลองในห้องนั่งเล่น

4.2.1. สมมุติฐาน

การจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ในห้องนั่งเล่น ซึ่งเป็นการรับข้อมูลจากตัวตรวจจับทั้งหมดนำมาประมวลผล เมื่อข้อมูลที่ได้รับจากตัวตรวจจับบางตัวไม่ถูกต้องหรือไม่สม่ำเสมอ ระบบที่ออกแบบนั้นสามารถที่จะจำแนกและตัดสินใจพื้นฐานในห้องนั่งเล่นคือ นั่ง, ยืน, เดิน, และ ดูทีวี ได้ดีหรือไม่ อย่างไร

4.2.2. ปัจจัยในการทดลอง

1) บันทึกข้อมูลของมนุษย์ 1 คนภายในห้องนั่งเล่น โดยใช้เซนเซอร์หรือข้อมูลอินพุตจำนวน 14 อินพุต เพื่อเข้ากระบวนการประมวลผลทางฟัซซีลอจิกที่มีกฎจำนวน 31 ข้อ โดยบันทึกข้อมูลจากการทดลอง 1 ชุดข้อมูล/วินาที ดังนั้นจำนวนชุดข้อมูลทั้งหมดในการทดลองที่ทำการบันทึก 120 ชุดข้อมูล

2) การวัดประสิทธิภาพการจำแนกกิจกรรมและตัดสินใจนั้น จะเปรียบเทียบกับการตัดสินใจของมนุษย์ โดยค่าความถูกต้องคำนวณตามสมการ (4-1)

$$Precision(\%) = \frac{T}{T+F}\ x\ 100 \qquad (4\text{-}1)$$

โดยที่ T = จำนวนชุดข้อมูลที่จำแนกได้ถูกต้อง

F = จำนวนชุดข้อมูลที่ผิดพลาด

4.2.3. ผลการทดลอง

จากตาราง 4-2 เป็นตารางผลลัพธ์ของค่า Precision หรือค่าความถูกต้อง จากกระบวนการทดสอบระบบที่ออกแบบภายในห้องนั่งเล่น โดยในตารางจะแสดงค่าจำนวนชุดข้อมูลในแต่ละกิจกรรมที่ทำการทดลอง ซึ่งจะแสดงจำนวนชุดข้อมูลที่สามารถจำแนกกิจกรรมได้ถูกต้องและไม่ถูกต้อง ซึ่งในการพิจารณาว่าชุดข้อมูลนั้นถูกต้องหรือไม่นั้นทำการเปรียบเทียบกับการตัดสินใจของมนุษย์ เช่น เมื่อทำการทดลองในขณะนั้นการตัดสินใจจากการสังเกตของมนุษย์ได้ข้อสรุปว่า

กิจกรรมที่มนุษย์กระทำอยู่นั้นคือนั่ง แต่ระบบที่ทำการทดลองให้ข้อสรุปว่ายืนแสดงว่าการจำแนกกิจกรรมของระบบที่ออกแบบไม่ถูกต้อง หากถูกต้องการจำแนกทั้งจากการสังเกตของมนุษย์และระบบที่ออกแบบจะต้องได้ข้อสรุปที่เหมือนกัน จากนั้นนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการจำแนกกิจกรรมทั้งหมด

ตารางที่ 4-2 ผลลัพธ์ของค่าความถูกต้องในการจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ภายในห้องนั่งเล่น

Activity	**True**	**False**	**Precision (%)**
Sitting (36)	30	6	83.33
Standing (68)	59	9	86.76
Walking (10)	8	2	80
Watching TV (6)	6	0	100
Average			**85.83**

4.2.4. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองข้างต้นได้มาจากการทดลองภายในห้องนั่งเล่นโดยใช้ข้อมูลอินพุตจากเซนเซอร์จริงทั้งหมดของระบบ จะแสดงให้เห็นว่าในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานนั้นยังคงมีความผิดพลาดเกิดขึ้น จะทำการวิเคราะห์ผลแต่ละกิจกรรมเริ่มจาก กิจกรรมที่ 1 คือการนั่งความผิดพลาดเกิดจากขณะที่เปลี่ยนกิจกรรมจากการยืนมาเป็นการนั่ง เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวยังคงสถานะของการเคลื่อนไหวอยู่ ทำให้ถึงแม้จะเป็นการนั่งการจำแนกกิจกรรมที่ออกมาเป็นการยืนทำให้ไม่ตรงกับความเป็นจริง กิจกรรมที่ 2 คือการยืนความผิดพลาดเกิดจากขณะที่เปลี่ยนกิจกรรมจากการเดินมาเป็นการยืน เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวยังคงสถานะของการเคลื่อนไหวอยู่ ทำให้ถึงแม้จะเป็นการยืนการจำแนกกิจกรรมยังคงเป็นการเดินอยู่ซึ่งไม่ตรงกับความเป็นจริง กิจกรรมที่ 3 การเดินซึ่งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในทำนองเดียวกันกับกิจกรรมที่ 1 และ 2 ส่วนกิจกรรมสุดท้ายคือ นั่งดูทีวีจากการทดลองนั้นผลที่ได้จะสลับกันระหว่างการนั่งและนั่งดูทีวีเนื่องจากเซนเซอร์ที่รับข้อมูลเสียงจากทีวีไม่มีความสม่ำเสมอแต่ถึงจะสลับกันก็ถือว่าการนั่งและนั่งดูทีวีเป็นกิจกรรมที่

ใกล้เคียงกัน สรุปได้ว่าการจำแนกกิจกรรมภายในห้องนั่งเล่นความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น เกิดจากการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นหลักที่ให้ข้อมูลอินพุตจากการตรวจจับไม่ตรงกับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ที่ทำการทดลอง และเกิดจากการตรวจจับที่ผิดพลาดของเซนเซอร์อื่นๆ บ้างเล็กน้อย ดังนั้นค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานคือ นั่ง, ยืน, เดิน และ ดูทีวี ภายในห้องนั่งเล่นคือ 85.83%

4.3. <u>การทดลองที่ 2-2</u> ระบบจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์โดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง : ห้องทำงาน

การทดลองนี้เป็นอีกหนึ่งการทดลองย่อยจากระบบหลัก ซึ่งจะเป็นการทดลองในห้องทำงานโดยทำการทดลองในรูปแบบและแนวทางเดียวกันกับการทดลองที่ผ่านมาเพียงแค่เปลี่ยนสภาพแวดล้อมให้มีความใกล้เคียงกับห้องทำงาน

4.3.1. สมมุติฐาน

การจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ในห้องนั่งทำงาน ซึ่งเป็นการรับข้อมูลจากตัวตรวจจับทั้งหมดนำมาประมวลผล เมื่อเกิดข้อมูลสูญเสียหรือตัวตรวจจับไม่ทำงาน ระบบที่ออกแบบนั้นสามารถที่จะจำแนกและตัดสินใจพื้นฐานในห้องทำงานคือ นั่ง, นั่งทำงาน, นั่งฟังเพลง, ยืน, และ เดินได้ดีหรือไม่ อย่างไร

4.3.2. ปัจจัยในการทดลอง

1) บันทึกข้อมูลของมนุษย์ 1 คนภายในห้องทำงาน โดยใช้เซนเซอร์หรือข้อมูลอินพุตจำนวน 14 อินพุต เพื่อเข้ากระบวนการประมวลผลทางฟัซซีลอจิกที่มีกฎจำนวน 31 ข้อ โดยบันทึกข้อมูลจากการทดลอง 1 ชุดข้อมูล/วินาที จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมดที่ทำการบันทึก 140 ชุดข้อมูล

2) การวัดประสิทธิภาพการจำแนกกิจกรรมและตัดสินใจด้วยค่าความถูกต้อง (Precision) ดังแสดงในสมการที่ 4-1 โดยเปรียบเทียบกับการตัดสินใจของมนุษย์

4.3.3. ผลการทดลอง

จากตาราง 4-3 เป็นตารางผลลัพธ์ของค่าความถูกต้อง จากกระบวนการทดสอบระบบที่ออกแบบภายในห้องทำงาน โดยในตารางจะแสดงค่าจำนวนชุดข้อมูลในแต่ละกิจกรรมที่ทำการทดลอง ซึ่งจะแสดงจำนวนชุดข้อมูลที่สามารถจำแนกกิจกรรมได้ถูกต้องและไม่ถูกต้อง แนวทางการพิจารณาความถูกต้องนั้นได้อธิบายไว้ในผลการทดลองที่ผ่านมา เพื่อนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการจำแนกกิจกรรมทั้งหมด

ตารางที่ 4-3 ผลลัพธ์ของค่าความถูกต้องในการจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ภายในห้องทำงาน

Activity	**True**	**False**	**Precision (%)**
Sitting (49)	48	1	97.96
Working (32)	32	0	100
Listen Radio (16)	16	0	100
Standing (36)	28	8	77.78
Walking (7)	7	0	100
Average			**93.57**

4.3.4. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองข้างต้นได้มาจากการทดลองภายในห้องทำงานโดยใช้ข้อมูลอินพุตจากเซนเซอร์จริงทั้งหมดของระบบ จะแสดงให้เห็นว่าในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานนั้นยังคงมีความผิดพลาดเกิดขึ้น จะทำการวิเคราะห์ผลกิจกรรมเริ่มจาก กิจกรรมที่ 1-3 คือการนั่ง,นั่งทำงาน และนั่งฟังเพลง ถือว่ากิจกรรมทั้งสามมีความใกล้เคียงกันมากดังนั้นผลการทดลองที่ได้มาทำให้การจำแนกกิจกรรมทั้งสามสลับกันไปมาเนื่องจากการรับข้อมูลจากเซนเซอร์หลายๆตัวไม่สม่ำเสมอหรือขาดหายไปบางเซนเซอร์ ดังนั้นไม่ว่าจะจำแนกเป็นอะไรจากการสังเกตของมนุษย์ได้ข้อสรุปว่าทั้งสามกิจกรรมนี้อยู่ในกลุ่มของการนั่งทั้งหมด ส่วนความผิดพลาดเกิดเพียงเล็กน้อยจากขณะที่เปลี่ยนกิจกรรมจากการยืนมาเป็นการนั่ง เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวยังคงสถานะของการเคลื่อนไหวอยู่ ทำให้ถึงแม้จะเป็นการนั่งการจำแนกกิจกรรมที่ออกมาเป็นการยืนทำให้ไม่ตรงกับความเป็นจริง กิจกรรมที่ 4 คือการยืนความผิดพลาดเกิดจากขณะที่เปลี่ยนกิจกรรมจากการเดินมาเป็นการยืนหรือการนั่งมาเป็นการยืน เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวยังคงสถานะของการเคลื่อนไหวอยู่เนื่องจากขณะยืนทำการทดลองร่างกายไม่นิ่งสนิท ทำให้ถึงแม้จะเป็นการยืนการจำแนกกิจกรรมยังคงเป็นการเดินอยู่ซึ่งไม่ตรงกับความเป็นจริง กิจกรรมที่ 4 คือการเดินในห้องทำงานไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น สรุปได้ว่าการจำแนกกิจกรรมภายในห้องทำงานความผิดพลาดที่

เกิดขึ้นนั้น เกิดจากการทำงานของเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเป็นและเซนเซอร์เสียงที่ให้ข้อมูลอินพุตจากการตรวจจับไม่ตรงกับการกระทำของมนุษย์ที่ทำการทดลองในขณะนั้น ดังนั้นค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานคือ นั่ง, นั่งทำงาน, นั่งฟังวิทยุ, ยืน และ เดิน ภายในห้องทำงานคือ 93.57%

4.4. <u>การทดลองที่ 2-3</u> ระบบจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์โดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง : ห้องนอน

การทดลองนี้เป็นอีกหนึ่งการทดลองย่อยจากระบบหลัก ซึ่งจะเป็นการทดลองในห้องนอน โดยทำการทดลองในรูปแบบและแนวทางเดียวกันกับการทดลองที่ผ่านมาเพียงทำการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมให้มีความใกล้เคียงกับห้องนอน

4.4.1. สมมุติฐาน

การจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ในห้องนอน ซึ่งเป็นการรับข้อมูลจากตัวตรวจจับทั้งหมดนำมาประมวลผล เมื่อเกิดข้อมูลสูญเสียหรือตัวตรวจจับไม่ทำงาน ระบบที่ออกแบบนั้นสามารถที่จะจำแนกและตัดสินใจพื้นฐานในห้องนอนคือ นั่ง, นอน, นอนกรน, ยืน, และ เดินได้ดีหรือไม่ อย่างไร

4.4.2. ปัจจัยในการทดลอง

1) บันทึกข้อมูลของมนุษย์ 1 คนภายในห้องนอน โดยใช้เซนเซอร์หรือข้อมูลอินพุตจำนวน 14 อินพุต เพื่อเข้ากระบวนการประมวลผลทางฟัซซีลอจิกที่มีกฎจำนวน 31 ข้อ โดยบันทึกข้อมูลจากการทดลอง 1 ชุดข้อมูล/วินาที จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมดที่ทำการบันทึก 120 ชุดข้อมูล

2) การวัดประสิทธิภาพการจำแนกกิจกรรมและตัดสินใจด้วยค่าความถูกต้อง (Precision) ดังแสดงในสมการที่ 4-1 โดยเปรียบเทียบกับการตัดสินใจของมนุษย์

4.4.3. ผลการทดลอง

จากตาราง 4-4 เป็นตารางผลลัพธ์ของค่าความถูกต้อง จากกระบวนการทดสอบระบบที่ออกแบบภายในห้องนอน โดยในตารางจะแสดงค่าจำนวนชุดข้อมูลในแต่ละกิจกรรมที่ทำการทดลอง ซึ่งจะแสดงจำนวนชุดข้อมูลที่สามารถจำแนกกิจกรรมได้ถูกต้องและไม่ถูกต้อง แนวทางการพิจารณาความถูกต้องนั้นได้อธิบายไว้ในผลการทดลองที่ผ่านมาเช่นเดิม เพื่อนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการจำแนกกิจกรรมทั้งหมด

ตารางที่ 4-4 ผลลัพธ์ของค่าความถูกต้องในการจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ภายในห้องนอน

Activity	**True**	**False**	**Precision (%)**
Sitting (24)	21	3	87.50
Sleeping (40)	34	6	85
Snoring (11)	11	0	100
Standing (39)	32	7	82.05
Walking (6)	5	1	83.33
Average			**85.83**

4.4.4. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองข้างต้นได้มาจากการทดลองภายในห้องนอนโดยใช้ข้อมูลอินพุตจากเซนเซอร์จริงทั้งหมดของระบบ จะแสดงให้เห็นว่าในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานนั้นยังคงมีความผิดพลาดเกิดขึ้น จะทำการวิเคราะห์ผลกิจกรรมเริ่มจาก กิจกรรมที่ 1 คือการนั่งความผิดพลาดเกิดจากขณะที่เปลี่ยนกิจกรรมจากการยืนมาเป็นการนั่งเช่นเดิม กิจกรรมที่ 2-3 คือ การนอนและนอนกรน ถือว่ากิจกรรมทั้งสองมีความใกล้เคียงกันมากดังนั้นผลการทดลองที่ได้มาการจำแนกกิจกรรมสลับกันไปมาเนื่องจากการรับข้อมูลจากเซนเซอร์เสียงไม่สม่ำเสมอหรือขาดหายไปบางช่วงเวลา ดังนั้นไม่ว่าจะจำแนกเป็นอะไรจากการสังเกตของมนุษย์ได้ข้อสรุปว่าทั้งสองกิจกรรมนี้อยู่ในกลุ่มของการนอนทั้งหมด ความผิดพลาดเกิดจากการรับค่าของเซนเซอร์ตรวจจับแรงกดทับขาดหายไปบางช่วงเวลาทำให้การนอนเปลี่ยนไปเป็นกิจกรรมอื่น กิจกรรมที่ 4-5 คือการยืนและการเดิน ความผิดผิดพลาดเกิดจากเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวเหมือนกับการทดลองที่ผ่านมา ดังนั้นค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานคือ นั่ง, นอนหลับ, นอนกรน, ยืน และ เดิน ภายในห้องทำงานคือ 85.83%

4.5. <u>การทดลองที่ 2-4</u> ระบบจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์โดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง : ห้องโถง

การทดลองนี้การทดลองสุดท้ายซึ่งจะเป็นการทดลองในห้องโถง โดยทำการทดลองในรูปแบบและแนวทางเดียวกันกับการทดลองที่ผ่านมาเพียงทำการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมให้มีความใกล้เคียงกับห้องโถง

4.5.1. สมมุติฐาน

การจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ในห้องโถง ซึ่งเป็นการรับข้อมูลจากตัวตรวจจับทั้งหมดนำมาประมวลผล เมื่อเกิดข้อมูลสูญเสียหรือตัวตรวจจับไม่ทำงาน ระบบที่ออกแบบนั้นสามารถที่จะจำแนกและตัดสินใจพื้นฐานในห้องนอนคือ ยืน, เดิน, เข้า-ออกประตู ได้ดีหรือไม่อย่างไร

4.5.2. ปัจจัยในการทดลอง

1) บันทึกข้อมูลของมนุษย์ 1 คนภายในห้องโถง โดยใช้เซนเซอร์หรือข้อมูลอินพุตจำนวน 14 อินพุต เพื่อเข้ากระบวนการประมวลผลทางฟัซซีลอจิกที่มีกฎจำนวน 31 ข้อ โดยบันทึกข้อมูลจากการทดลอง 1 ชุดข้อมูล/วินาที จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมดที่ทำการบันทึก 59 ชุดข้อมูล

2) การวัดประสิทธิภาพการจำแนกกิจกรรมและตัดสินใจด้วยค่าความถูกต้อง (Precision) ดังแสดงในสมการที่ 4-1 โดยเปรียบเทียบกับการตัดสินใจของมนุษย์

4.5.3. ผลการทดลอง

ตารางที่ 4-5 ผลลัพธ์ของค่าความถูกต้องในการจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ภายในห้องโถง

Activity	**True**	**False**	**Precision (%)**
Standing (34)	30	4	88.24
Walking (10)	8	2	80
Open the Door (15)	13	2	86.67
Average			**86.44**

จากตาราง 4-5 เป็นตารางผลลัพธ์ของค่าความถูกต้อง จากกระบวนการทดสอบระบบที่ออกแบบภายในห้องนอน โดยในตารางจะแสดงค่าจำนวนชุดข้อมูลในแต่ละกิจกรรมเพื่อนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการจำแนกกิจกรรมทั้งหมด

4.5.4. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองได้มาจากการทดลองภายในห้องโถงโดยใช้ข้อมูลอินพุตจากเซนเซอร์จริงทั้งหมดของระบบ จะแสดงให้เห็นว่าในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานนั้นยังคงมีความผิดพลาดเกิดขึ้น จะทำการวิเคราะห์ผลกิจกรรมเริ่มจาก กิจกรรมที่ 1-2 คือการยืนและเดินความผิดพลาดเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกับการทดลองที่ผ่านมา กิจกรรมที่ 3 คือ การเข้า-ออกประตู ในกิจกรรมนี้ข้อมูลจากเซนเซอร์ที่มีอยู่ไม่เพียงพอที่จะแยกระหว่างเข้ากับออกประตูได้เลย ระบบสามารถบอกได้เพียงว่าเป็นการเปิดประตูเท่านั้น หากต้องการให้สามารถแยกได้จะต้องเพิ่มจำนวนเซนเซอร์ที่สามารถจำแนกการเข้ากับออกประตูได้ ดังนั้นค่าความถูกต้องเฉลี่ยในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐาน คือ ยืน, เดิน, และ เข้า-ออกประตู ภายในห้องโถงคือ 86.44%

4.6 สรุป

เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการนำเทคนิคการรวมข้อมูลจากหลายตัวตรวจจับโดยประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกเพื่อจำแนกกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์จะทำการแบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วนหลักๆด้วยกันคือ

1) ระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลและโปรแกรมจำลอง (FisPro) ในการทดลองเพื่อดูว่าระบบที่ทำการออกแบบมีความคงทนต่อการสูญเสียของข้อมูลอินพุตได้ดีหรือไม่ซึ่ง จากผลการทดลองระบบสามารถทนต่อการเกิดการสูญเสียของข้อมูลมากกว่า 95 % ในการทดลองที่ 1 นี้จึงเป็นแนวทางสำคัญเพื่อนำไปสร้างระบบที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง

2) ระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง ประยุกต์ใช้กับโปรแกรม LabVIEW ในการทดลองระบบจะทำการแยกย่อยออกเป็น 4 การทดลอง คือ ห้องนั่งเล่น, ห้องทำงาน, ห้องนอน และห้องโถง เพื่อความสะดวกและแม่นยำในการทดลอง จากตาราง 4-6 จะแสดงความถูกต้องเฉลี่ยของแต่ละการทดลองย่อยเพื่อนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความถูกต้องของทั้งระบบที่ทำการทดลองโดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง

ตารางที่ 4-6 ผลลัพธ์ของค่าความถูกต้องเฉลี่ยของการทดลองในระบบ

Position	**Precision (%)**
ห้องนั่งเล่น	85.83
ห้องทำงาน	93.57
ห้องนอน	85.83
ห้องโถง	86.44
	87.92

จากการสรุปและวิเคราะห์การทดลองในแต่ละห้องที่ทำการทดลองมากก่อนหน้านี้ได้ทราบถึงสาเหตุของความผิดพลาดในการจำแนกข้อมูลในแต่ละห้องไม่ว่าจะเกิดจากการรับข้อมูลไม่สม่ำเสมอ, เกิดการสูญเสียของข้อมูล, สภาพแวดล้อมในการทดลองไม่เอื้ออำนวย เป็นต้น ดังนั้นจึงได้ค่าเฉลี่ยของความถูกต้องในการจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของทั้งระบบคือ 87.92%

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1. สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้วิจัยและพัฒนาการรวมข้อมูลจากหลายตัวตรวจจับในระดับสัญญาณโดยใช้ทฤษฎีของฟัซซีลอจิก เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สร้างโมเดลในการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ 1 คนในที่อยู่อาศัย ดังนั้นเพื่อวิเคราะห์และประเมินประสิทธิภาพของระบบที่ทำการออกแบบจึงทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองหลักด้วยกัน

1) กาทดลองที่ 1 ระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลและโปรแกรมจำลอง (FisPro) ในการทดลอง
2) การทดลองที่ 2 ระบบจำแนกและตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริงประยุกต์ใช้กับโปรแกรม LabVIEW ซึ่งจะทำการทดลองโดยแยกย่อยออกเป็น 4 การทดลอง คือ ห้องนั่งเล่น, ห้องทำงาน, ห้องนอน และ ห้องโถง

ในการทดลองที่ 1 เป็นการออกแบบระบบโดยประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกเพื่อตรวจสอบว่าระบบที่ได้ออกแบบนั้นมีความคงทนต่อการสูญเสียของข้อมูลอินพุตที่เกิดจากการสุ่ม โดยการทดลองจะทำการสร้างข้อมูลอินพุตขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดลองกับโปรแกรมจำลอง

สรุปได้ว่าจากผลการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าเมื่อสุ่มข้อมูลให้เกิดการสูญเสียเพิ่มขึ้นระบบจะเกิดความผิดพลาดเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาข้อมูลสูญเสียที่เพิ่มขึ้น 2 เท่า และ 3 เท่าจากข้อมูลต้นฉบับจะเห็นว่าระบบเกิดความผิดพลาดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สรุปได้ว่าระบบที่ทำการออกแบบมีความคงทนต่อการเกิดการสูญเสียของข้อมูลค่อนข้างดี ในทางตรงกันข้ามจากการทดลองเมื่อชุดข้อมูลมีขนาดเพิ่มขึ้น จะเห็นว่าความผิดพลาดของระบบจะลดน้อยลง สรุปได้ว่าเมื่อชุดข้อมูลมีขนาดใหญ่ขึ้นค่าความผิดพลาดของระบบน้อยลงเนื่องจากเกิดการกระจายของการสุ่มข้อมูลที่สูญเสียมากขึ้น ดังนั้นระบบมีความคงทนต่อการเกิดการสูญเสียของข้อมูลมากกว่า 95% จากการทดลองที่ 1 นี้เป็นการจำลองขึ้นทั้งหมดเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างระบบที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริงในการทดลองที่ 2

ในการทดลองที่ 2 เป็นการออกแบบระบบโดยใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์จริง ประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกในการรวมข้อมูลจากหลายตัวตรวจจับและจำแนกกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ 1 คนภายใน

ห้องต่างๆเพื่อวัดประสิทธิภาพการจำแนกกิจกรรมและตัดสินใจของระบบที่ออกแบบ ซึ่งจะเปรียบเทียบกับการตัดสินใจของมนุษย์ว่ากิจกรรมที่ระบบให้ข้อสรุปออกมากับการสังเกตของมนุษย์สอดคล้องกันมากน้อยเพียงใด

สรุปได้ว่าการทดลองในแต่ละห้องที่ทำการทดลองเพื่อจำแนกกิจกรรมพื้นฐานคือ นั่ง, ยืน, นอน, เดิน, เข้า-ออก ประตู ได้ใช้เทคนิคและพื้นฐานมาจากการจำลองในการทดลองที่ 1 ทั้งหมดเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลจากเซนเซอร์จริงผ่านโปรแกรม LabVIEW เมื่อทำการทดลองย่อยในห้องต่างๆของระบบที่ออกแบบ ได้ทราบถึงสาเหตุของความผิดพลาดในการจำแนกข้อมูลในแต่ละห้องไม่ว่าจะเกิดจากการรับข้อมูลไม่สม่ำเสมอ, เกิดการสูญเสียของข้อมูล, สภาพแวดล้อมในการทดลองไม่เอื้ออำนวย เป็นต้น ซึ่งทุกๆห้องที่ทดลองจากการวิเคราะห์โดยรวมจะเห็นว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบเกิดมาจากสาเหตุที่ได้กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นจึงได้ค่าเฉลี่ยของความถูกต้องในการจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของทั้งระบบคือ 87.92%

5.2. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบเฝ้าระวังผู้สูงอายุ เพื่อทำการจำแนกกิจกรรมพื้นฐานของผู้สูงอายุแล้วบันทึกข้อมูลนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมได้ อย่างไรก็ตามในระบบจำแนกและตัดสินใจกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์จากกระบวนการทดสอบในวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้ได้ผลลัพธ์ค่อนข้างดีสามารถนำไปวิเคราะห์เบื้องต้นได้ สามารถที่จะปรับปรุงในเรื่องของการรับข้อมูลของเซนเซอร์ที่ไม่สม่ำเสมอและข้อมูลที่ได้รับยังไม่มากพอที่จะเพิ่มรายละเอียดของกิจกรรมให้มากขึ้น จึงเป็นประเด็นที่สามารถนำไปพัฒนาต่อในอนาคตเพื่อให้สามารถที่จะทำให้ระบบสามารถจำแนกกิจกรรมได้ถูกต้องและมีความหลากหลายมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] L.Snidaro, I. Visentini, and G. L. Foresti (2011). **Data Fusion Modern Surveillance ,**Vol.336, pp. 1-21. Italy: Springer-VerlagBerlin Heidelberg.

[2] Ren C. Lua, & al,.(2011). **Multisensor Fuson and Integration: Theories, Application, and its Perspectives,** pp. 223-229. USA: New York.

[3] L. C De Silva (2009). **Multi-sensor Based Human Activity Detection for Smart Homes,** pp. 223-229. USA: New York.

[4] N. Zouba, F. Bremond, & al,.(2007). **Multi-sensors Analysis for Everyday Activity Monitoring.** International Conference Sciences of Electronic**.** Tunisia

[5] N. Zouba, F. Bremond, & al,.(2009). **Multisensor Fusion for Monitoring Elderly Activities at Home**. pp. 98-103. France

[6] H. Medjahed, D. Istrate, & al,.(2011). *A Pervasive Multi-sensor Data Fusion for Smart Home Healthcare Monitoring*. **International Conference on Fuzzy Systems** pp. 1466-1473. Taipei: Taiwan

[7] L.Hyun, L.Byoungyong, & al,.(2010). *Fusion Techniques for Reliable Information: A Survey.* **International Journal of Digital Content Technology and its Applications.** doi:10.4156/jdcta., Vol.4, No.2, pp. 74-85.

[8] Jitendra R. Raol (2010).**Multi-Sensor Data Fusion with MATLAB**.CRC Press .New York

[9] Hall, David L., Llinas, James. (1997). **An Introduction to Multisensor Data Fusion,** Vol.85. No.1, pp 16-23. Bostan, MA: Artech House

[10] พยุง มีสัจ.(2553). *ระบบฟัซซีและโครงข่ายประสาทเทียม*. **เอกสารคำสอนวิชา 701801 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[11] G. Guillaume, B. Charnomordic. (2011). *Learning interpretable Fuzzy Inference Systems with FisPro*. **International Journal of Internation Sciences**, *doi:10.1016/j.ins.2011.03.025*, 181(20), pp. 4409-4427.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่จากวิทยานิพนธ์

Multi-sensor Data Fusion Using Fuzzy Logic for Human Activity Detection

Sakrapee Khunpetch
Department of Computer Engineering
Prince of Songkla University
Songkhla, Thailand
E-mail: sakrapee.kh@gmail.com

Anant Choksuriwong
Department of Computer Engineering
Prince of Songkla University
Songkhla, Thailand
E-mail: anant.c@psu.ac.th

***Abstract*—Today surveillance system has more attentions for elderly care. Recently, human daily activity recognition become more significant in surveillance system. This paper proposed surveillance system with a multimodal platform using multi-sensor. This system can be installed at home and full controlled of dataset from sensors. It integrates elderly presence and behavioral data, movement of the elderly, the acoustical around of environment and medical knowledge. Data fusion approach based on fuzzy logic with a set of rules to human activity recognition. In addition, this multimodal fusion increases reliability and robustness when data loss in the environmental limits. The fuzzy logic method go to be high flexibility in combining modalities or expanding other sensors and increase accuracy to recognize several human activities.**

Keywords-Data fusion; Multi sensor data fusion;Human activity analysis;Fuzzy logic; Surveillance

I. INTRODUCTION

In recent years, surveillance and observation of human behaviors in smart home [1] has more attention, In order to reduce the accident and costs of long hospitalizations due to the growth of elderly. The development of methods detection and recognition of human behavior use data from camera sensors only, it is complicate and low accuracy for behavior recognition of elderly due to change of environment, sensor failure and data loss. These are not enough to detect and recognize human daily activity. Thus, these problems correction by increase type and quantity of sensors to get more support data.

Data fusion [2] from multiple sensors to increase accuracy and reliability. Currently, data fusion applied in the field of military and medical. In addition, data fusion comprises 3 main Levels [3]:

- Direct level fusion has received raw data from multi-sensor. In this level, data provide completeness and the result most effective. However, this level has complexity of information processing due to there are large amount of information.
- Feature level fusion, features are extracted from each sensor of multi-sensor model. These feature form sensors provide significant attribute for the recognition and decision.
- Decision level fusion, each sensor to initial determination of targeted modality identity and other feature and the fusion algorithm combines these to more precise and higher certain.

Human behavior detection and recognition is a popular domain and many important progresses. There are research works started in situation for healthcare with different approaches and methodologies.

Liyanage et al presented a comparison between video and audio sensors for human activity detection [1]. Nadia et al developed systems using video sensors and contact sensors such as pressure, water and light sensor for every day activity monitoring [4]. Hamid et al designed a surveillance system remotely via internet for the elderly automatically using microphones, RFpat and infrared sensors [5].

In many of the researches in the field. Method used video to more provide information. But it does not work well for some cases because of the limited computing environments, etc. The article focuses on the integration of the environment sensors such as passive infrared, force sensitive resister, acoustic, contact and video camera sensors for eldercare. The frameworks apply on direct level fusion. The data fusion approach based on Fuzzy logic [6]. Fuzzy logic is a logical based on the fact that all the real world is not certainty. However, there are many events occurred have unstable and uncertain. The concept of uncertainty has expanded to be applied in multimodal of data fusion from multiple sensors for human behavior detection.

II. APPROACHES FOR DATA FUSION

A suitable method for multi-sensor data fusion have many popular methods. In many of the researches in the area used these methods:

Probabilistic method [7] can be considered in our program for several reasons. But it has disadvantage, (1) complexities that occur when multi-variant data are received, (2) Difficulty in obtaining the density function that describes the observations are used to classify objects, and (3) disability to take direct benefit of a priori likelihood probabilities.

The Bayesian inference method [8] also has some weaknesses that not apply to use in our multi-sensor data fusion model. A major limitation:: (1) the difficulty in determining a probability Basics (2) complexity when several conditions and assumptions of the incident (3) disability to clarify the uncertainty and. to represent imprecision.

Even though Dempster-Shafer methods [9 Its cannot be fusion method of information in our program for two reasons: (1) the problem of predicting the mass function and limits of application domains.

Neural network method is not good to use in multi-sensor data fusion model. It has disadvantage, (1The neural network is not suitable to work in a dynamic environment, the sensor is required for each sensor characteristics and the need to configure each sensor type has to be from a particular trained. (2) Complex architecture of the neural network to protect expert knowledge of them easily.

The fuzzy logic method [6][10][11] is the proposed of this multi-sensor data fusion application, Fuzzy logic is ideal for monitoring the human activities. It involves uncertainty and inaccuracy. It provides a great flexibility to incorporate multiple sensors.

III. Architecture And Fuzzy Logic

Our approach is fuzzy logic to combining multi-sensor (camera, passive infrared, acoustic, pressure and contact sensors) to improve the recognition of human activities Shown in Figure 1.

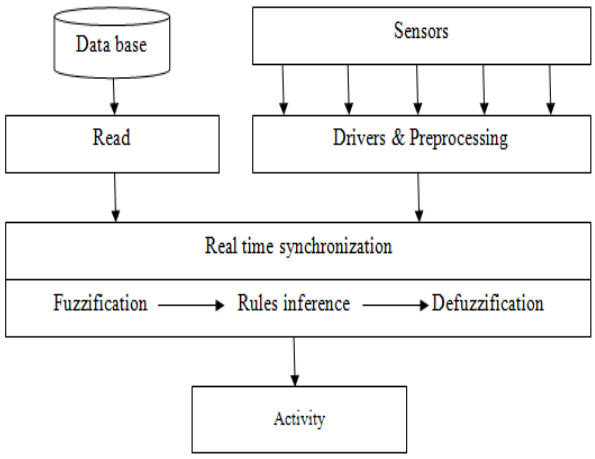


Figure 1. The architecture for human activity recognition.

This approach has three main task: The first task receive raw data from multi-sensor (camera, passive infrared, acoustic, pressure and contact sensors) to drivers and preprocessing. Second, fusion data of each sensor to fuzzy logic method, fuzzy logic comprises 3 main process, (1) fuzzification, (2) Rule inference, and (3) defuzzification. Finally, the last task consists in combining to classify and decision of human activities (sitting, standing, sleeping, walking, and in-out the door)

Fuzzy logic is a great framework for demonstrating automated reasoning. It reflects human reason based on inaccurate data or incorrect. It uses the idea of some of the individual components is partially or fuzzy sets has been a gradual course. In contrast to classical logic is a membership u(x) of an element x to a set A. may take only two values: $u_A(x) = 1$ if $x \in A$ or $u_A(x) = 0$ if $x \notin A$, fuzzy logic introducing the concept of a series of elements x to a set A and $u_A(x) \in [0,1]$, an here we talk about the fact, Figure 2 shows the process of the main fuzzy inference system.

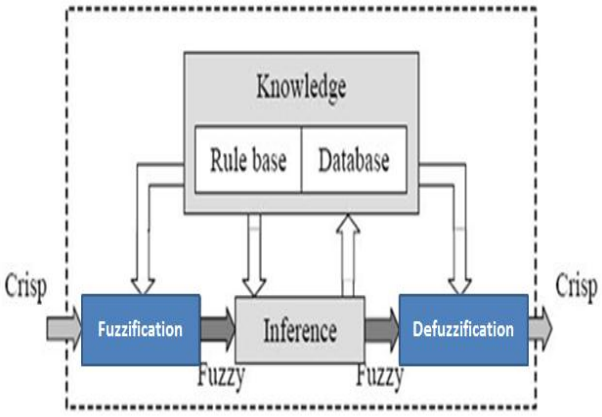


Figure 2. Fuzzy inference system process.

There are used our human activities recognition system which are:

A. *Fuzzification*

The first process in fuzzy logic is to convert the measured data into a set of fuzzy variables a. It's done by providing the values (These are our variables) to each function is a member. Function member uses a different format. such as Trapezoidal function, Triangular function, Gaussian function, generalized Bell function, sigmoidal function, single function etc... The choice of the functional form is an exact duplicate of the types of data and taking into account the experimental results.

B. *Fuzzy rules and inference system*

The fuzzy inference system is equivalent to the fuzzy logic operations OR, AND, and NOT to create rules of logic. An inference engine that works in the structured format IF- THEN. The IF section is a parent who called earlier in the section, while the THEN section of the rule is called the consequent. Rules are created by differences in language. These take different values according to the terms Fade or verbalize and simulation are fuzzy subsets of an appropriate domain Mamdani rules used in our system.

Mamdani rules which is of the form: If i_1 is X_1 and i_2 is X_2 and...and i_p is X_p Then j_1 is Y_1 and j_2 is Y_2 and...and j_p is Y_p. Where X_i and Y_i are fuzzy sets that define the partition space. The conclusion of a fuzzy rule Mamdani. It uses the algebraic results and the maximum as T-norm and S-norm Respectively, but there are many variations using other operators.

C. *Defuzzification*

The final step of a fuzzy logic system in my fuzzy variables generated by the fuzzy logic rules to be true again,

which can be used to perform some action. How are different. defuzzification methods, in our scene decision model can use Central of Gravity (COG) that popular today in the equation 1.

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^{n} u_A(x_i) x_i}{\sum_{i=1}^{n} u_A(x_i)} \quad (1)$$

Where x_i (i = 1, 2,… ,n) comes to the maximum value $u_A(x)$.

IV. Activity Detection And Fusion

The main profit of the system is comfortable, the fuzzy logic of the method and the ability to deal with complex data from different sensors, The fuzzy set theory is the appropriate way to mix all possible with these sensors. Fuzzy set theory is used in this system to detect and recognize human activities on the environment in reducing accidents and the cost of treatment in hospital for a long time.

The first step in developing this approach is fuzzification the output of the system and inputs received from different sensors and subsystems.

TABLE I. Fuuzy Sets Determined

Membership function	Composition
IP camera sensors	zone A, zone B,…, zone D
Acoustic sensors	low, medium, high
Passive Infrared sensors	present, absent
Pressure sensors	on, off
Contact sensors	on, off

From table 1, subsystem five inputs are built. (1) camera sensor the position classification in home, (2) Acoustic sensors use for sound levels detection of multimedia sound(TV, computer, music, radio), (3) Passive Infrared sensors use to movement detection in area, (4) Pressure sensors to measured pressure levels on chair, table and bed , (5) Contact sensor use to in-out the door detection.

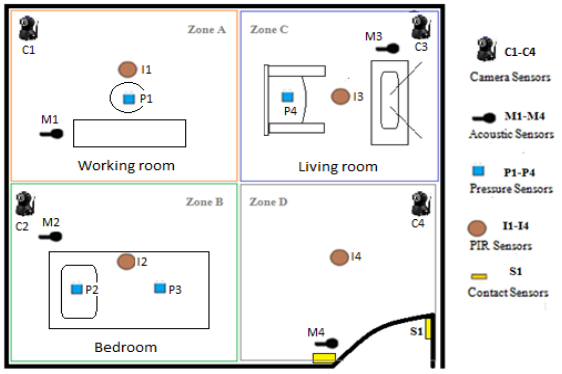


Figure 3. Overview of multi-sensor in home.

The output of human activities recognition such as sitting, standing, sleeping, walking, and in-out the door.

Figure 3 shows sensors elements and the division of the house into the area to assess and oversee the design for human actions recognition.

The next step of the fuzzy logic method is the fuzzy inference mechanism, which is formulated by a set of fuzzy IF-THEN rules. The second step is to use the knowledge from domain experts on activities that will build credibility in the occurrence of the event rules for the recognition of the joint event an as well as the ability to create. simulation case For example, the fuzzy rules for the human activity detection is:

IF (P2 and P3 is On) and (C2 is ZoneB) and (I2 is Present) and (M2 is Low) and (S1 is Off) **THEN** (Activity is Sleeping)

A reliability factor corresponding to each rule and to compile these rules, we have to choose. is MAX-MIN method available under our fuzzy logic element to fusion data from multiple sensors Shown in Figure 4. After rules compile the defuzzification is operated by the centroid of gravity for the activity output.

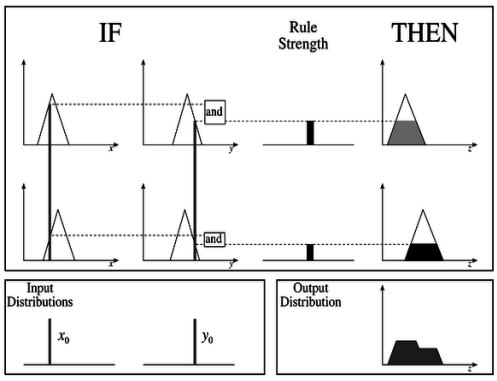


Figure 4. 2 input, 2 rule with crisp input of mamdani.

The objective is to integrate the inputs from a set of sensors. (or attributes of those sensors) is a value from 0 to 1, using a set of input membership functions shown in Figure 4 is a two inputs x_0, y_0 and shows the bottom left corner. These inputs are combined into fuzzy numbers by drawing a line up of inputs to function as a member of the above, and to mark the interception point.

The results of a fuzzy rule is calculated using two steps: (1) to calculate the strength of the region by combining the fuzzy inputs using fuzzy integration process. For example, the fuzzy "and" is used to include the membership functions to calculate the strength of the rule (2) Cut the operation of the output is strong rule the. Refer to Figure 4 again to see how this is done for a 2-input, 2-rule Mamdani fuzzy inference system.

V. EXPERIMENT AND RERULTS

This paper presented hypothesis on recognition of human activity detection. Our methodology depends on fuzzy logic allows high precision and efficiency. We have developed a software tool that provides the logic to simplify the configuration of the input fuzzification. Author of the fuzzy rules and the configuration of the method. Defuzzification. This system also provides rules to additions, deletions, or modifications to suit each locale-specific knowledge about standards physical activity and environmental.

In the system consist of 14 input, 31 rule and 1 output to fuzzy inference steps for simulated data tests.

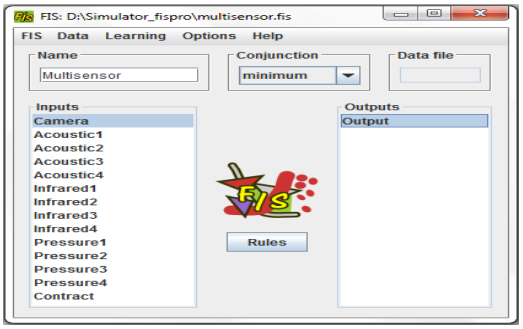


Figure 5. Fuzzy Inference System Professional.

The simulated data used FisPro [12] (Fuzzy Inference System Professional) Shown in Figure 5. This simulation provide good result for human activity recognition when occur data loss from sensor by created Input dataset for performance test and each dataset can be classified every input.

TABLE II. RESULT OF PERFORMANCE TEST

% Data loss	Performance indices (Error)		
	Dataset = 15 input	*Dataset = 30 input*	*Dataset = 45 input*
10	0.027	0.026	0.023
20	0.036	0.027	0.025
30	0.048	0.040	0.038

Table II. Shows results of a simulated data. Performance indices calculate from equation2 of three data set by random data loss 10% , 20% and 30% respectively.

$$PI = \sum_{i=1}^{A} mc(i) \quad (2)$$

Where A is number of active items and *mc*(i) equals 1for a misclassified item, 0 otherwise.

This simulation obtained result in recognizing the many tests with different data sets and, depending on the random data loss.. We have compared between different dataset when large dataset to decrease misclassified because data loss has increase distribution and performance of test accuracy about 95%. The simulation described here is preliminary about human activity recognition by used fuzzy logic methods. The system can be easily use in home go to high accuracy and robust when data loss.

VI. CONCLUSIONS

In this work, we focused on multiple sensors data fusion for human activity recognition. Our methodology depends on fuzzy logic when data loss is a strong and precise on the data replication. The main advantage of the present method include the low calculation from fuzzy logic system. This method enables the easy integration between data and adding other sensors. The fuzzy logic decision support to ensure the safety of the elderly. Future work of this research is to use activity classification for these modeling for monitoring in a rising or falling based on activity monitoring, and state the individual sensors in a real environment.

REFERENCES

[1] L. C De Silva, "Multi-sensor Based Human Activity Detection for Smart Homes," USA: New York, 2009 pp. 223-229

[2] L. Snidaro, I. Visentini, and G. L. Foresti, "Data Fusion in Modern Surveillance," Italy: Springer-VerlagBerlin Heidelberg, Vol.336, pp. 1-21, 2011

[3] H. Medjahed & al, "Distress Situation Identification by Multimodal Data Fusion for Home Healthcare," Computer Sciences, Evry-val D'essonne University, 2010.

[4] N. Zouba, F. Bremond, & al, "Multi-sensors Analysis for Everyday Activity Monitoring," International Conference Sciences of Electronic. Tunisia, 2007.

[5] H. Medjahed, D. Istrate, & al, "A Pervasive Multi-sensor Data Fusion for Smart Home Healthcare Monitoring," International Conference on Fuzzy Systems pp, Taipei: Taiwan, 2011, pp. 1466-1473.

[6] H. Medjahed & al, "A Fuzzy Logic Approach for Remote Healthcare Monitoring by Learning and Recognizing Human Activities of Daily Living," Telecom SudParis, France, 2009.

[7] Hugh Durrant Whyte, "Muti Sensor Data Fusion," Australian Centre for Field Robotics, The University of Sydney NSW, 2006.

[8] Manish Kumar & al, "A Method for Judicious Fusion of Inconsistent Multiple Sensor Data," Robotics and Manufacturing Automation (RAMA), Duke University, 2007

[9] D. Koks, and S. Challa, "An Introduction to Bayesian and Dempster-Shafer Data Fusion," Computer Systems Engineering, Faculty of Engineering, The University of Technology, Australia: Sydney, 2005

[10] H. Medjahed, D. Istrate, & al, "Human Activities of Daily Living Recognition Using Fuzzy Logic For Elderly Home monitoring," Avon-Fontainebleau, France, 2009, pp. 2001-1006.

[11]] Jitendra R. Raol, "Multi-Sensor Data Fusion with MATLAB," CRC Press, New York, 2010.

[12] S. Guillaume and B. Charnomordic, "Learning interpretable Fuzzy Inference Systems with FisPro," International Journal of Information Sciences, *doi:10.1016/j.ins.2011.03.025*, 181(20), 4409-4427, 2011.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล ศักดิ์รพี ขุนเพ็ชร

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5410120081

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2554

ทุนการศึกษา

1. ทุนโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ (NRU)
2. ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Sakrapee Khunpetch and Anant Choksuriwong " Multi-sensor Data Fusion Using Fuzzy Logic for Human Activity Detection" *IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering (CSAE2013)*, November 01-03, 2013, Guangzhou, China, pp.875-878