

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



242423

การสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลใหม่ให้คู่ด้วยพหุนามซีบีเอสสิกซีบีเอเพื่อ  
สำหรับการตรวจสอบก่อนพิมพ์ขนาดเล็กในภาพรังสีเต็มมม

จурพต ชูมกถึน

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณจึต.  
สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร้

บัณจึตวิทยาถึน  
มหาวิทยาลัยเบียงใหม่  
ธันวาคม 2553



**การสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลที่หุด้วยพอสซิเบิลติกซีมีนส์  
สำหรับการตรวจจับก่อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม**

**สุรพล ชุ่มกลิ่น**



**วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา  
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์**

**บัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
ธันวาคม 2553**

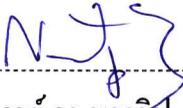
การสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทูด้วยพอสซิเบิลติกซีมีนส์  
สำหรับการตรวจจับก่อนหีนปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม

สุรพล ชุ่มกลิ่น

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
อาจารย์ ดร.นราธิป เทียงแท้

  
.....  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล

  
..... กรรมการ  
รองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ชีรอำพน

  
..... กรรมการ  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล

  
..... กรรมการ  
รองศาสตราจารย์ ขจรศักดิ์ คันทณิต

27 ธันวาคม 2553

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศันสนีย์ เอื้อ-พันธ์วิริยะกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้ความรู้ ข้อคิด แนวทาง อบรมสั่งสอน และตรวจทานแก้ไขจนวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นิพนธ์ ชีรอำพน ที่กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์แพทย์หญิง พิม อันตระกูล ที่กรุณาให้ข้อมูลทางการแพทย์รวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับภาพรังสีเต้านม อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ รวมถึงเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกท่านที่ให้ ความรู้ ความสะดวก สนับสนุน และเอื้อเฟื้อในการทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณ นางสาวธนาทิพย์ จันทร์คง ที่ให้การช่วยเหลือ ตลอดจนให้การปรึกษาการเขียนงานวิจัยเพื่อตีพิมพ์ระดับนานาชาติ และขอขอบพระคุณ นายกิตติชัย วรรณนะจิตติกุล ที่ให้การช่วยเหลือตรวจทานแก้ไขโครงร่างวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ พี่น้องร่วมห้องวิจัยความฉลาดทางการคำนวณทุกคน ที่ให้คำปรึกษาช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และร่วมทุกข์ร่วมสุขมาด้วยกัน

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว พี่ชาย รวมถึงสมาชิกทุกๆ คนในครอบครัวของผู้เขียนที่ให้ความรัก ความเข้าใจ กำลังใจ ความห่วงใย และการสนับสนุนในทุกๆ เรื่องตลอดมา

สุดท้ายนี้หากมีข้อบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนกราบขอภัยเป็นอย่างสูง และหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะมีประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทูแบบอัด โนมติ การใช้ระบบอินเทอร์วัลไทป์ทูฟัชชันลิจิก และรวมถึงการประยุกต์ใช้ทฤษฎีอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทู ด้วยพอสซิเบิลิสติกซิมินส์สำหรับการตรวจจับ ก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม
ผู้เขียน	นายสุรพล ชุ่มกลิ่น
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.คันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล

242423

## บทคัดย่อ

โรคมะเร็งเต้านมเป็นสาเหตุหนึ่งที่เกี่ยวข้องการเสียชีวิต การตรวจพบในระยะเริ่มต้นของโรคสามารถที่จะรักษาให้หายขาดได้ ก้อนหินปูนขนาดเล็กเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีโอกาสเกิดโรคมะเร็งเต้านมซึ่งสามารถวินิจฉัยจากรังสีแพทย์ ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบอินเทอร์วัลไทป์ทูฟuzzyลอจิกที่มีการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทูแบบอัตโนมัติมาทำการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม

วิธีการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทูจะสร้างจากค่าความเป็นสมาชิกของการจัดกลุ่มด้วยพอสซิเบิลิสติกซิมินส์ โดยใช้ตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มข้อมูลมาแทนด้วยฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา แล้วทำการหาขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของฟังก์ชันด้วยค่าขีดแบ่งซึ่งเป็นการกำจัดข้อมูลรบกวนของแต่ละกลุ่มข้อมูล จากนั้นทำการหาฟังก์ชันขอบเขตบนและฟังก์ชันขอบเขตล่างรวมถึงทำการปรับขอบเขตของฟังก์ชันให้มีลักษณะแตกต่างกัน สำหรับการทดลองจะแยกออกเป็น 2 การทดลองได้แก่การทดลองที่ 1 ทำการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มที่ละคุณลักษณะเด่น ซึ่งจะแยกออกเป็นการทดลองย่อยที่มีการสร้างฟังก์ชันแตกต่างกัน เช่นการจัดกลุ่มด้วยพอสซิเบิลิสติกซิมินส์ การจัดกลุ่มด้วยฟuzzyซิมินส์ และการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการกำหนดเอง การทดลองที่ 2 ทำการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มพร้อมกันของคุณลักษณะเด่น และมีการทดลองย่อยเหมือนกับการทดลองที่ 1

ในการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านมจะเลือกใช้ 4 คุณลักษณะเด่นคือ ค่าอธิบายรูปร่างแบบบี ค่าอธิบายรูปร่างแบบดี ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในวัตถุ และค่าความแตกต่าง

ระหว่างค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุ จากผลการทดลองที่ 1 ให้ความถูกต้องสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 89.47 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 3.86 ต่อภาพ และร้อยละ 87.07 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 4.13 ต่อภาพ ของภาพรังสีเต้านมจากโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ และภาพรังสีเต้านมจากฐานข้อมูล MIAS (Mammographic Image Analysis Society) ตามลำดับ การทดลองที่ 2 ให้ความถูกต้องสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 86.84 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 3.29 ต่อภาพ และร้อยละ 82.99 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 3.80 ต่อภาพ ของภาพรังสีเต้านมจากโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ และภาพรังสีเต้านมจากฐานข้อมูล MIAS ตามลำดับ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าการจัดกลุ่มด้วยพอสซิเบิลสติกซีมินส์ให้ผลการทดลองที่ดีกว่าการจัดกลุ่มด้วยพีชซีมินส์ และการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มที่ละคุณลักษณะเด่นให้ผลการทดลองที่ดีกว่าการจัดกลุ่มพร้อมกันของคุณลักษณะเด่น

**Thesis Title** Interval Type-2 Membership Function Generation  
Using Possibilistic C-Means for Microcalcification  
Detection in Mammograms

**Author** Mr. Suraphon Chumklin

**Degree** Master of Engineering (Computer Engineering)

**Thesis Advisor** Asst.Prof.Dr. Sansanee Auephanwiriyaikul

## ABSTRACT

242423

Breast cancer is one cause of the death. If the disease is detected in the early stage, it can be cured completely. Microcalcification is one of the potential causes of breast cancer which can be diagnosed by radiologists. In this research, we proposed the interval type-2 fuzzy logic with automatic membership function generation and applied it to microcalcification detection in mammograms.

Possibilistic C-Means is used in the membership function generation process. The centroid of each cluster is represented using a linguistic variable. Then we calculate the left and right boundaries of membership function using thresholding. This will eliminate noise of each cluster. Next, we calculate the upper and lower membership functions and vary the boundaries of the functions. The experiment is splitted into two parts. Experiment 1 generates the membership functions by clustering each feature separately. This experiment is splitted into sub-experiments with different membership function generating methods such as, clustering using Possibilistic C-Means, clustering using Fuzzy C-Means, and manually picked membership function. Experiment 2 generates the membership functions by clustering using all features altogether. The sub-experiments are the same as that in experiment 1.

For microcalcification detection in mammograms, there are four selected features, i.e., B-Descriptor, D-Descriptor, average intensity of the inside boundary, and intensity difference

between the inside and the outside boundaries. For experiment 1, the highest correct classification rate is 89.47% with 3.86 false positives per image, and 87.07% with 4.13 false positives per image using the mammograms from Maharaj Nakorn Chiang Mai hospital and the MIAS (Mammographic Image Analysis Society) database, respectively. For experiment 2, the highest correct classification rate is 86.84% with 3.29 false positives per image, and 82.99% with 3.80 false positives per image using mammograms from Maharaj Nakorn Chiang Mai hospital and the MIAS database, respectively. The experiment shows that clustering using the Possibilistic C-Means algorithm is better than the Fuzzy C-Means algorithm. Generating membership functions by clustering each feature gives better results than clustering using all of the features.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ฉ
สารบัญตาราง	ฐ
สารบัญภาพ	ฑ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มา	1
1.2 แนวทางแก้ปัญหา	5
1.3 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง	10
1.3.1 การตรวจจับก่อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม	10
1.3.2 การสร้างฟังก์ชันสมาชิกของไทยปุ่น	13
1.3.3 การสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทยปุ่น	17
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	19
1.5 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย เจริญทฤษฎีหรือเชิงประยุกต์	19
1.6 แผนการดำเนินการ ขอบเขต และวิธีการทำวิจัย	19
1.7 แผนดำเนินการวิจัย	21
1.8 ขอบเขตการวิจัย	21
1.9 วิธีการวิจัย	22
1.10 สถานที่ทำการวิจัย	22
1.11 ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย	22
บทที่ 2 ทฤษฎีที่ใช้ในการแก้ปัญหา	23
2.1 ระบบไทยปุ่นฟuzzyลอจิก	23
2.1.1 ไทยปุ่นฟuzzyเซต	23
2.1.2 การดำเนินการบนไทยปุ่นฟuzzyเซต	29
2.1.3 การดำเนินการอินเทอร์วัลไทยปุ่นฟuzzyเซต	32
2.1.4 ระบบอินเทอร์วัลไทยปุ่นฟuzzyลอจิก	32
2.1.5 การอนุมานแบบฟuzzy	33



	หน้า
4.3.4 การทดลองที่ 1.4 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทูรูปแบบที่ 2 จากการจัดกลุ่มด้วยฟัชซีซีมีนส์	60
4.3.5 การทดลองที่ 1.5 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทูจากการ กำหนดเอง	61
4.3.6 การทดลองที่ 1.6 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 1 จากการ จัดกลุ่มด้วยพอสซิเบิลติกซีมีนส์	61
4.3.7 การทดลองที่ 1.7 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 2 จากการ จัดกลุ่มด้วยพอสซิเบิลติกซีมีนส์	62
4.3.8 การทดลองที่ 1.8 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 1 จากการ จัดกลุ่มด้วยฟัชซีซีมีนส์	63
4.3.9 การทดลองที่ 1.9 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 2 จากการ จัดกลุ่มด้วยฟัชซีซีมีนส์	63
4.3.10 การทดลองที่ 1.10 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันจากการกำหนดเอง	64
4.3.11 ผลการทดลองที่ 1	64
4.4 การทดลองที่ 2 ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มของคุณลักษณะเด่นทั้งหมด	72
4.4.1 การทดลองที่ 2.1 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทูรูปแบบที่ 1 จากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิเบิลติกซีมีนส์	75
4.4.2 การทดลองที่ 2.2 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทูรูปแบบที่ 2 จากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิเบิลติกซีมีนส์	76
4.4.3 การทดลองที่ 2.3 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทูรูปแบบที่ 1 จากการจัดกลุ่มด้วยฟัชซีซีมีนส์	76
4.4.4 การทดลองที่ 2.4 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทูรูปแบบที่ 2 จากการจัดกลุ่มด้วยฟัชซีซีมีนส์	77
4.4.5 การทดลองที่ 2.5 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ทูจากการ กำหนดเอง	78
4.4.6 การทดลองที่ 2.6 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 1 จากการ จัดกลุ่มด้วยพอสซิเบิลติกซีมีนส์	78

	หน้า
4.4.7 การทดลองที่ 2.7 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 2 จากการ จัดกลุ่มด้วยพอสซิเบิลสติกซีมีนส์	79
4.4.8 การทดลองที่ 2.8 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 1 จากการ จัดกลุ่มด้วยฟัชซีซีมีนส์	80
4.4.9 การทดลองที่ 2.9 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 2 จากการ จัดกลุ่มด้วยฟัชซีซีมีนส์	81
4.4.10 การทดลองที่ 2.10 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันจากการกำหนดเอง	81
4.4.11 ผลการทดลองที่ 2	81
4.5 วิเคราะห์การทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2	89
4.5.1 วิธีการการจัดกลุ่ม	90
4.5.2 การลำดับของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา	91
4.5.3 รูปแบบการจัดกลุ่มของคุณลักษณะเด่น	93
4.5.4 รูปแบบขอบเขตทางด้านซ้ายและด้านขวา	96
4.5.5 ระบบอินเทอร์วัลไทป์ทิวฟัชซี และระบบไทป์วันฟัชซี	97
4.6 สรุปผลการทดลอง	97
บทที่ 5 สรุปผลการทำวิจัย	99
5.1 สรุปผลการทดลอง	99
5.1.1 วิธีการจัดกลุ่มข้อมูล	100
5.1.2 การลำดับของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา	100
5.1.3 รูปแบบการจัดกลุ่มของคุณลักษณะเด่น	101
5.1.4 รูปแบบขอบเขตทางด้านซ้ายและขวา	101
5.1.5 ระบบอินเทอร์วัลไทป์ทิวฟัชซี และระบบไทป์วันฟัชซี	101
5.2 ข้อเสนอแนะ	102
5.2.1 แหล่งข้อมูลที่เหมาะสม	102
5.2.2 ลักษณะของก้อนหินปูนขนาดเล็ก	102
5.2.3 คุณลักษณะเด่น	103
5.2.4 ปริมาณของชุดข้อมูลเรียนรู้	103
5.2.5 รูปร่างของฟังก์ชันสมาชิก	103

	หน้า
5.2.6 ฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบนและฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง	104
5.2.7 ตัวแปรที่ใช้ในการสร้างฟังก์ชันสมาชิก	104
เอกสารอ้างอิง	105
ภาคผนวก	110
ภาคผนวก ก ชุดข้อมูลเรียนรู้	111
ภาคผนวก ข ชุดข้อมูลทดสอบ	118
ภาคผนวก ค ตารางค่าที่ใช้ในการสร้าง ROC curves	121
ประวัติผู้เขียน	126

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 สถิติผู้ป่วยมะเร็งเต้านมในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2548 ถึง 2551	1
1.2 ผลลัพธ์ค่าความเป็นสมาชิกหลังจากการจัดกลุ่มแบบ FCM และ PCM	6
1.3 ค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มแบบ FCM และ PCM โดยทำการเพิ่มข้อมูลรบกวนจำนวน 2 ตำแหน่งแล้วทำการจัดกลุ่มใหม่	7
1.4 แสดงระยะเวลาในการทำวิจัย	22
3.1 ตัวอย่างค่าที่ได้จากกระบวนการแยกคุณลักษณะเด่น	47
4.1 จำนวนหน้าต่างภาพที่ใช้สร้างฟังก์ชันสมาชิก	55
4.2 ฐานของกฎที่ใช้ในการทดลองที่ 1	57
4.3 ผลลัพธ์จากการทดลองที่ 1 ด้วยชุดข้อมูลเรียนรู้	65
4.4 ผลลัพธ์จากการทดลองที่ 1 ด้วยชุดข้อมูลทดสอบ	65
4.5 ฐานของกฎที่ใช้ในการทดลองที่ 2	74
4.6 ผลลัพธ์จากการทดลองที่ 2 ด้วยชุดข้อมูลเรียนรู้	82
4.7 ผลลัพธ์จากการทดลองที่ 2 ด้วยชุดข้อมูลทดสอบ	83

## สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 ภาพรังสีเต้านม	2
1.2 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม	4
1.3 ผลลัพธ์จากการแบ่งกลุ่มข้อมูล	6
1.4 ผลลัพธ์จากการแบ่งกลุ่มข้อมูล โดยทำการเพิ่มข้อมูลรบกวนจำนวน 2 ตำแหน่ง	7
1.5 แผนภาพแสดงขั้นตอนของการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ฟูซซี่ลอจิก	8
1.6 ระบบอินเทอร์วัลไทป์ฟูซซี่ลอจิก	9
1.7 พารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันสมาชิกแบบสี่เหลี่ยม	15
1.8 การใช้ SOFM ทำการสร้างฟังก์ชันสมาชิก	17
1.9 การทำงานของการตรวจจับก่อนหिनปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม	20
2.1 ตัวอย่างของไทป์ฟูซซี่ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก	24
2.2 ขอบเขตความไม่แน่นอนของไทป์ฟูซซี่เซต	26
2.3 ฟังก์ชันสมาชิกของการวัดอุณหภูมิ	27
2.4 ตัวอย่างของอินเทอร์วัลไทป์ฟูซซี่ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก	29
2.5 การดำเนินการของไทป์ฟูซซี่เซต	31
2.6 กระบวนการของระบบไทป์ฟูซซี่ลอจิก	33
3.1 หน้าต่างโฆเบล	41
3.2 ทิศทางเกรเดียนต์	42
3.3 ค่าตำแหน่งการติดตามและรหัสทิศทาง	43
3.4 ค่าเงื่อนไขและค่าทิศทางของหน้าต่าง	44
3.5 ตัวอย่างภาพ	48
3.6 ค่าความเป็นสมาชิกแต่ละกลุ่มข้อมูล หลังจากการจับกลุ่มด้วยพอสซิเบิลสติกซีมีนส์	49
3.7 การพิจารณาขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิก	49
3.8 การปรับขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิก	50
3.9 การปรับขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาให้มีค่าเท่ากับ 1	50
3.10 ตำแหน่งด้านซ้ายและด้านขวาของฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง	51

รูป	หน้า
3.11 แผนภาพขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้	52
3.12 แผนภาพขั้นตอนของกระบวนการทดสอบ	53
3.13 การนับความถูกต้อง	53
4.1 เอกลักษณ์ฟังก์ชันสมาชิก (ก) เอกลักษณ์ฟังก์ชันสมาชิกของไทยปีวัน	55
4.2 ค่าความเป็นสมาชิกจากการแบ่งกลุ่มของแต่ละคุณลักษณะเด่น ( $m=2$ )	56
4.3 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.1	58
4.4 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.2	59
4.5 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.3	60
4.6 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.4	60
4.7 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.5	61
4.8 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.6	62
4.9 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.7	62
4.10 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.8	63
4.11 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.9	64
4.12 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.10	64
4.13 ROC curve ของโรงพยาบาลมหาราชในการทดลองที่ 1	66
4.14 ROC curve ของฐานข้อมูล MIAS ในการทดลองที่ 1	66
4.15 ผลลัพธ์ภาพรังสีเต้านมของโรงพยาบาลมหาราช (mhr6.bmp) ในการทดลองที่ 1	69
4.16 บริเวณก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพ mhr6.bmp ที่ไม่สามารถหาขอบภาพเป็นรูปทรงปิด	70
4.17 ผลลัพธ์ภาพรังสีเต้านมของฐานข้อมูล MIAS (mdb064.pgm) ในการทดลองที่ 1	71
4.18 ตัวอย่างการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของการทดลองที่ 2 ( $m=2$ )	72
4.19 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.1	75
4.20 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.2	76
4.21 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.3	77
4.22 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.4	77
4.23 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.5	78
4.24 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.6	79
4.25 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.7	79

รูป	หน้า
4.26 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.8	80
4.27 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.9	81
4.28 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.10	81
4.29 ROC Curve ของโรงพยาบาลมหาราชในการทดลองที่ 2	83
4.30 ROC Curve ของฐานข้อมูล MIAS ในการทดลองที่ 2	84
4.31 ผลลัพธ์ภาพรังสีเต้านมของโรงพยาบาลมหาราช (mhr1.bmp) ในการทดลองที่ 2	85
4.32 ผลลัพธ์ภาพรังสีเต้านมของฐานข้อมูล MIAS (mdb293.pgm) ในการทดลองที่ 2	86
4.33 ผลการหาขอบภาพบริเวณที่เกิดความผิดพลาดแบบบวคของรูป mhr1.bm	87
4.34 ตำแหน่งกลางของการจัดกลุ่ม	91
4.35 ฟังก์ชันสมาชิกคุณลักษณะเด่นความความแตกต่างระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุ	92
4.36 ฟังก์ชันสมาชิกคุณลักษณะเด่น B-Descriptor	93
4.37 ฟังก์ชันสมาชิกคุณลักษณะเด่น D-Descriptor	95
4.38 ฟังก์ชันสมาชิกคุณลักษณะเด่นค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในวัตถุ	96
4.39 ฟังก์ชันสมาชิกคุณลักษณะเด่น B-Descriptor	97