บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

สำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้ เป็นการนำภาพรังสีเต้านมมาทำการทดลองจาก 2 แหล่งข้อมูลคือ แหล่งข้อมูลแรกเป็นภาพดิจิตอลที่ได้จากการสแกนจากฟิล์มรังสีเต้านมของโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ที่ความละเอียด 300 จุดต่อนิ้วทำการระบุตำแหน่งที่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กด้วยรังสีแพทย์ และแหล่งข้อมูลที่สองเป็นภาพรังสีเต้านมจากฐานข้อมูลภาพรังสีเต้านม MIAS (The Mammographic Image Analysis Society) [47] ซึ่งลักษณะความผิดปกติแบบก้อนหินปูนขนาดเล็กได้มีผู้เชี่ยวชาญระบุรายละเอียดไว้แล้วในฐานข้อมูลดังกล่าว

การทดลองที่จะกล่าวในหัวข้อถัดไปจะแยกเป็น 2 การทดลองหลัก ซึ่งมีความแตกต่างกันตรงที่รูปแบบการจัดกลุ่มข้อมูล โดยการทดลองแรกฟังก์ชันสมาชิกจะได้จากการจัดกลุ่มข้อมูลที่ละคุณลักษณะเด่น และการทดลองที่สองฟังก์ชันสมาชิกจะได้จากการจัดกลุ่มพร้อมกันของคุณลักษณะเด่นทั้งหมด ในแต่ละการทดลองจะมีการสร้างฟังก์ชันสมาชิกแตกต่างกันเป็นการทดลองย่อย

การสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์ในการทดลองย่อย คือเป็นการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากค่าความเป็นสมาชิกหลังการจัดกลุ่ม ใช้หลักการพิจารณาตามกระบวนการในหัวข้อ 3.3 รูปแบบการปรับฟังก์ชันสมาชิกมี 2 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 คือฟังก์ชันสมาชิกที่ได้จากหัวข้อที่ 3.3.1 ขั้นตอนที่ 2 และรูปแบบที่ 2 คือฟังก์ชันสมาชิกที่ได้จากหัวข้อที่ 3.3.1 ขั้นตอนที่ 3 สำหรับการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน จะเป็นการสร้างฟังก์ชันสมาชิกในหัวข้อ 3.3 โดยได้ทำการพิจารณาเพียงฟังชันสมาชิกขอบเขตบนเท่านั้น

สุดท้ายการทดลองด้วยฟังก์ชันสมาชิกจากการกำหนดเอง (Manually Membership Functions) จะสร้างด้วยการกำหนดตำแหน่งกลางของแต่ละฟังก์ชันสมาชิก ขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวา ทั้งฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบนและฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง ทำการสร้างและปรับแต่งค่าตำแหน่งต่างๆ จนได้ค่าที่ดีที่สุดในการทดลอง

4.1 ชุดข้อมูลเรียนรู้ (Training Dataset)

จากที่กล่าวมาข้างต้นชุดข้อมูลเรียนรู้จะทำการแยกออกจากชุดข้อมูลทดสอบ โดยได้ทำการคัดเลือกภาพรังสีเต้านมจากโรงพยาบาลมหาราชมาเป็นชุดข้อมูลเรียนรู้จำนวน 9 ภาพ และคัดเลือกจากฐานข้อมูล MIAS จำนวน 5 ภาพ หน้าต่างภาพที่ใช้สำหรับการสร้างชุดข้อมูลเรียนรู้เลือกเป็น

หน้าต่างขนาด 50x50 จุดภาพ ซึ่งขนาดหน้าต่างเพียงพอที่สามารถครอบคลุมก้อนหินปูนขนาดเล็กได้ทั้งหมด ในทุกๆ ภาพที่คัดเลือกมาเป็นชุดข้อมูลเรียนรู้ จำนวนหน้าต่างภาพเลือกมาทั้งหมด 160 ภาพ แยกออกเป็นหน้าต่างภาพที่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กจำนวน 90 ภาพ และหน้าต่างภาพที่ไม่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กจำนวน 70 ภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 รายละเอียดของภาพรวมถึงค่าของแต่ละคุณลักษณะเด่นของหน้าต่างภาพทั้งหมดกล่าวไว้ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.1 จำนวนหน้าต่างภาพที่ใช้สร้างฟังก์ชันสมาชิก

ภาพขนาดเล็ก	จำนวนภาพ		รวม
	โรงพยาบาลมหาราช	ฐานข้อมูลMIAS	
ภาพที่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก	62	28	90
ภาพที่ไม่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก	46	24	70
รวม	108	52	160

ในการสร้างฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 1 ได้กำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูลหรือจำนวนตัวแปรทางภาษาของคุณลักษณะเด่น B-Descriptor, D-Descriptor, AVG_{inside} และ $DIFF$ เป็น 2, 2, 3 และ 3 ตามลำดับ สำหรับการทดลองที่ 2 จะกำหนดจำนวนกลุ่มในการแบ่งกลุ่มเป็น 3 กลุ่ม ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจัดกลุ่มทั้งสองการทดลองจะเลือกใช้ค่า $m = 2$ (ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด) รวมถึงค่าขีดแบ่งในการกำหนดขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาของฟังก์ชันสมาชิกด้วยค่าความเป็นสมาชิกโดยใช้ค่า 0.01 (ค่าที่ดีที่สุดจากการทดลอง)

เอาท์พุทฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองจะสร้างเป็น 3 ตัวแปรทางภาษาคือ "Low" เป็นฟังก์ชันสมาชิกด้านซ้ายมีค่าตำแหน่งกลางอยู่ที่ค่า 0 "Medium" เป็นฟังก์ชันสมาชิกตรงกลางมีค่าตำแหน่งกลางอยู่ที่ค่า 0.5 และ "High" เป็นฟังก์ชันสมาชิกด้านขวามีค่าตำแหน่งกลางอยู่ที่ค่า 1 ขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิก คือตำแหน่งกลางของฟังก์ชันสมาชิกที่อยู่ใกล้เคียง สำหรับฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่างทำการสร้างด้วยวิธีเดียวกันโดยกำหนดค่าระยะทางรวมของแต่ละฟังก์ชันสมาชิกเป็น 1/3 = 3.33 รูปที่ 4.1 แสดงเอาท์พุทฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลอง

(ก) (ข)

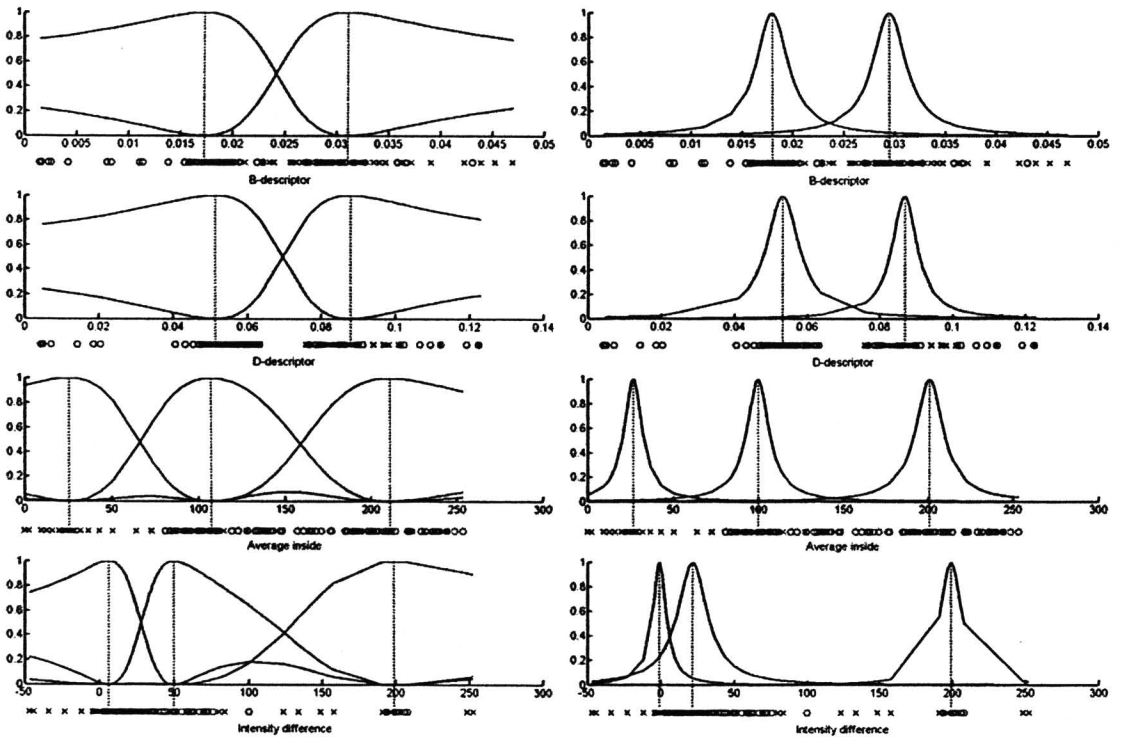
รูปที่ 4.1 เอาท์พุทฟังก์ชันสมาชิก (ก) เอาท์พุทฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน (ข) เอาท์พุทฟังก์ชันสมาชิกของไทป์ทู

4.2 ชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Dataset)

แหล่งข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลทดสอบจะแยกเป็น 2 ชุดข้อมูลคือ ชุดข้อมูลแรกเป็นภาพรังสีเต้านมจากโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่เป็นภาพรังสีเต้านมจำนวน 7 ภาพ (ภาพที่ไม่อยู่ในชุดข้อมูลเรียนรู้) ซึ่งระบุตำแหน่งก้อนหินปูนขนาดเล็กโดยผู้เชี่ยวชาญ และชุดข้อมูลที่สองเป็นภาพรังสีเต้านมจากฐานข้อมูล MIAS ทำการคัดเลือกภาพที่มีการระบุตำแหน่งของก้อนหินปูนขนาดเล็กที่ชัดเจนจำนวน 55 ภาพ (ภาพที่ไม่อยู่ในชุดข้อมูลเรียนรู้) รายละเอียดเพิ่มเติมของข้อมูลทดสอบแสดงไว้ในภาคผนวก ข

4.3 การทดลองที่ 1 ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มแต่ละคุณลักษณะเด่น

ในการจัดกลุ่มได้เลือกค่า $m=2$ เนื่องจากเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองหลายๆ ค่า ผลการแบ่งกลุ่มของแต่ละกลุ่มสามารถนำค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นสามารถพล็อตเป็นกราฟโดยกำหนดให้สัญลักษณ์ "O" แทนคุณลักษณะเด่นการเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก และ "×" แทนของคุณลักษณะเด่นที่ไม่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 4.2



(ก) (ข)

รูปที่ 4.2 ค่าความเป็นสมาชิกจากการแบ่งกลุ่มของแต่ละคุณลักษณะเด่น ($m=2$)

(ก) ค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

(ข) ค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์

สำหรับในระบบอินเทอวัลไทป์ทูฟัซซีลอจิก ฐานของกฎ (Rule Base) จะต้องกำหนดขึ้นเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการอนุมาน (Inference) หลักเกณฑ์ในการสร้างฐานกฎในงานวิจัยนี้พิจารณาจากตำแหน่งข้อมูลที่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กที่ปรากฏแต่ในกลุ่มข้อมูล ตารางที่ 4.2 แสดงถึงฐานของกฎที่ใช้ในการทดลองที่ 1 มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.2 ฐานของกฎที่ใช้ในการทดลองที่ 1

Features / Rules	Input				
	B-Descriptor	D-Descriptor	AVG_{inside}	DIFF	Output
1	L	L	L	L	M
2	L	L	L	M	L
3	L	L	L	H	L
4	L	L	M	L	M
5	L	L	M	M	M
6	L	L	M	H	M
7	L	L	H	L	M
8	L	L	H	M	M
9	L	L	H	H	H
10-36	H	L, H	L, M, H	L, M, H	L

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าคุณลักษณะเด่น B-Descriptor และ D-descriptor มีความสำคัญในการพิจารณาให้เอาท์พุทมีค่าสูง สาเหตุมาจากรูปทรงของก้อนหินปูนขนาดเล็กนั้นจะมีค่าน้อย ส่วนคุณลักษณะเด่น AVG_{inside} และ *DIFF* จะเป็นค่าที่บ่งบอกถึงว่ารูปทรงที่พิจารณานั้นเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก หรือเป็นรูปทรงวัตถุที่อยู่ในบริเวณเต้านมหรือไม่ กล่าวคือในกฎที่ 2 ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในรูปทรงวัตถุมีค่าน้อย และมีความความแตกต่างระดับสีเทาภายในและภายนอกมีค่าปานกลาง แสดงให้เห็นว่าวัตถุนั้นอาจจะไม่อยู่ในบริเวณเต้านม หรือในกฎที่ 3 ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในรูปทรงวัตถุมีค่าน้อย และมีความความแตกต่างระดับสีเทาภายในและภายนอกมีค่ามาก แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายนอกวัตถุมีค่าน้อย ทำให้ภาพภายนอกรูปทรงวัตถุอาจจะไม่ใช่บริเวณรังสีเต้านม

กฎที่ 10 ถึงกฎที่ 36 พิจารณาให้เอาท์พุทมีค่าต่ำ สาเหตุมาจากคุณลักษณะเด่น B-Descriptor มีค่ามาก แสดงว่ารูปทรงวัตถุนั้นอาจจะไม่ใช่รูปร่างของก้อนหินปูนขนาดเล็ก เพราะฉะนั้นค่าคุณลักษณะเด่นที่เหลือทั้ง 3 คุณลักษณะเด่นจึงไม่มีความสำคัญในการพิจารณา หรือกล่าวได้ว่า

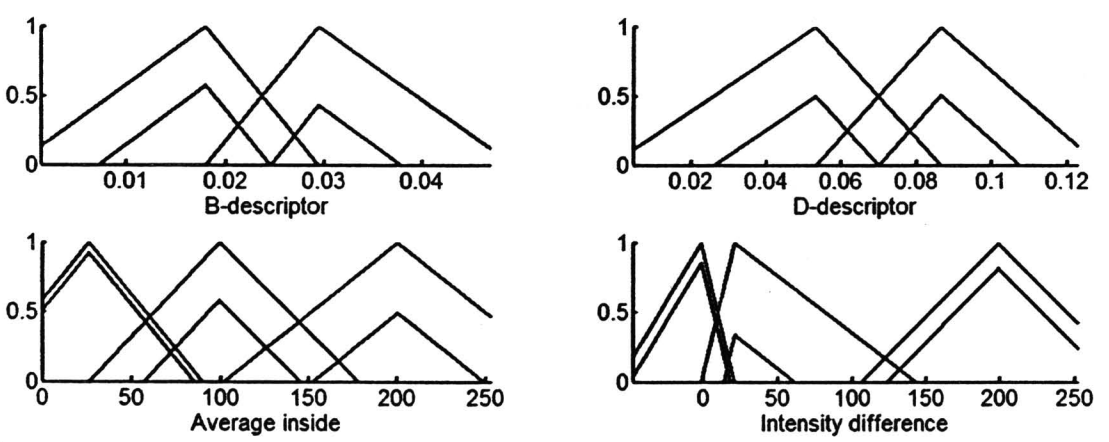
คุณลักษณะเด่น B-Descriptor และ D-descriptor เป็นตัวกำหนดลักษณะเฉพาะรูปทรงที่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก

ในการสร้างฟังก์ชันสมาชิกให้มีความแตกต่างกันในการทดลองที่ 1 เพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ จึงได้ทำการแยกเป็นการทดลองย่อยดังต่อไปนี้

4.3.1 การทดลองที่ 1.1 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูรูปแบบที่ 1 จากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์

ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นในการทดลองที่ 1.1 สร้างจากค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วย PCM เริ่มจากการสร้างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน (UMF) โดยนำค่าตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มแทนเป็นค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ซึ่งแต่ละกลุ่มแทนด้วยฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา จากนั้นพิจารณาหาขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิกตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 2 ของหัวข้อที่ 3.3.1

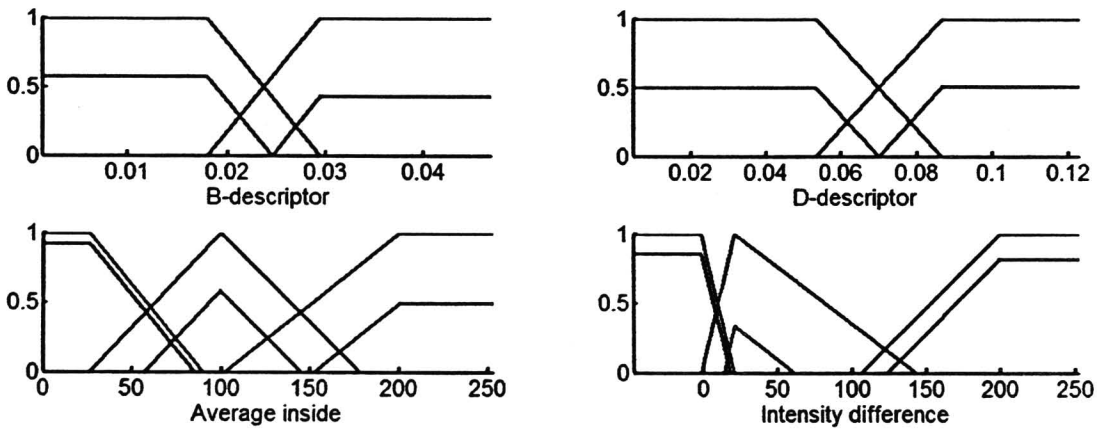
การสร้างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง (LMF) สร้างโดยพิจารณาจากผลรวมระยะทางของแต่ละกลุ่มนำมาเป็นค่ามาตรฐาน ซึ่งจะเป็นระยะห่างระหว่างฟังก์ชันขอบเขตบนและฟังก์ชันขอบเขตล่างของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา ตามขั้นตอนของหัวข้อที่ 3.3.2 รูปที่ 4.3 แสดงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.1



รูปที่ 4.3 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.1

4.3.2 การทดลองที่ 1.2 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูรูปแบบที่ 2 จากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์

ฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 1.2 ใช้วิธีการสร้างฟังก์ชันขอบเขตบนแบบเดียวกันกับฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 1.1 แต่จะเป็นการปรับขอบเขตทางด้านซ้ายของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านซ้ายสุด และปรับขอบเขตทางด้านขวาของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านขวาสุด ให้มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ตามขั้นตอนที่ 3 ของหัวข้อที่ 3.3.1 และการสร้างฟังก์ชันขอบเขตล่างเป็นไปตามหัวข้อที่ 3.3.2 รูปที่ 4.4 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.2

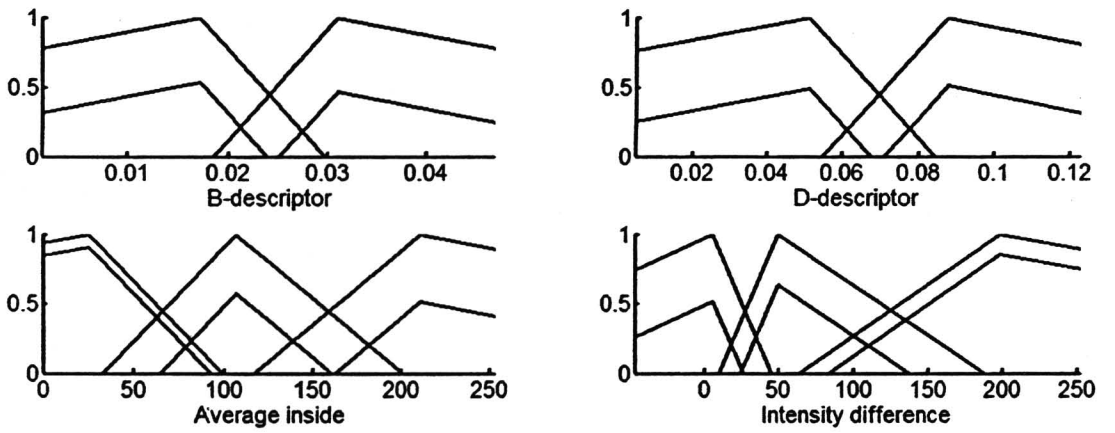


รูปที่ 4.4 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.2

4.3.3 การทดลองที่ 1.3 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูรูปแบบที่ 1 จากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นในการทดลองที่ 1.3 สร้างจากค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วย FCM เริ่มจากการสร้างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน (UMF) โดยนำค่าตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มแทนเป็นค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ซึ่งแต่ละกลุ่มแทนด้วยฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา จากนั้นพิจารณาหาขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิกตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 2 ของหัวข้อที่ 3.3.1

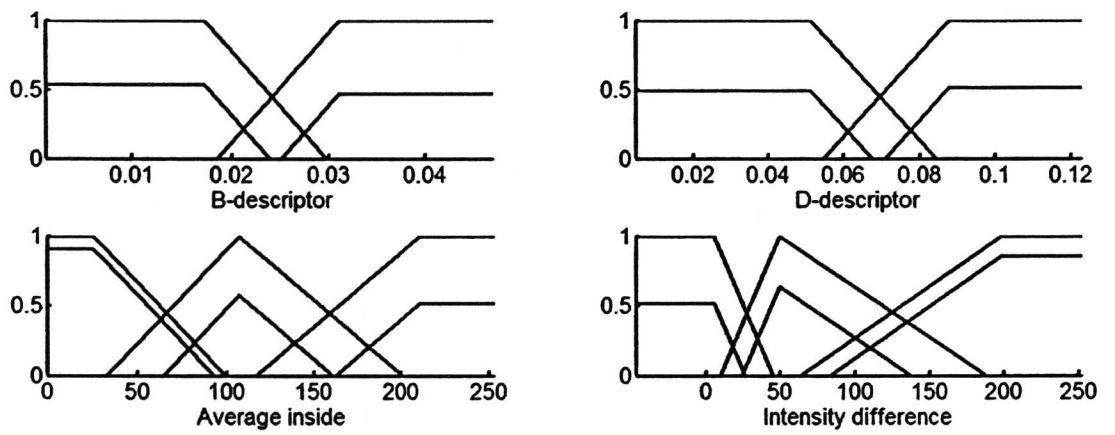
การสร้างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง (LMF) สร้างโดยพิจารณาจากผลรวมระยะทางของแต่ละกลุ่มนำมาเป็นค่ามาตรฐาน ซึ่งจะเป็นระยะห่างระหว่างฟังก์ชันขอบเขตบนและฟังก์ชันขอบเขตล่างของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา ตามขั้นตอนในหัวข้อที่ 3.3.2 รูปที่ 4.5 แสดงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.3



รูปที่ 4.5 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.3

4.3.4 การทดลองที่ 1.4 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูรูปแบบที่ 2 จากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

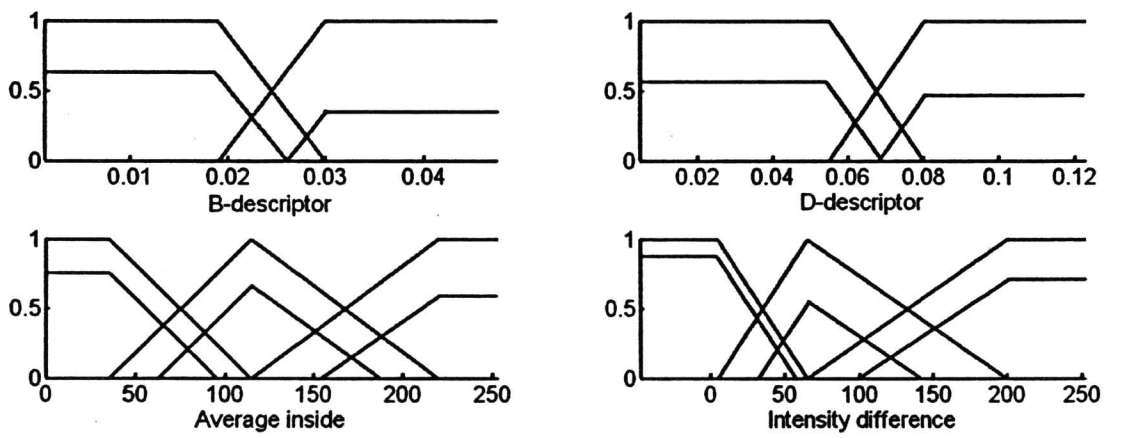
ฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 1.4 ใช้วิธีการสร้างฟังก์ชันขอบเขตบนแบบเดียวกันกับฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 1.3 แต่จะเป็นการปรับขอบเขตทางด้านซ้ายของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านซ้ายสุด และปรับขอบเขตทางด้านขวาของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านขวาสุด ให้มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ตามขั้นตอนที่ 3 ของหัวข้อที่ 3.3.1 และการสร้างฟังก์ชันขอบเขตล่างเป็นไปตามหัวข้อที่ 3.3.2 รูปที่ 4.6 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.4



รูปที่ 4.6 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.4

4.3.5 การทดลองที่ 1.5 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูจากการกำหนดเอง

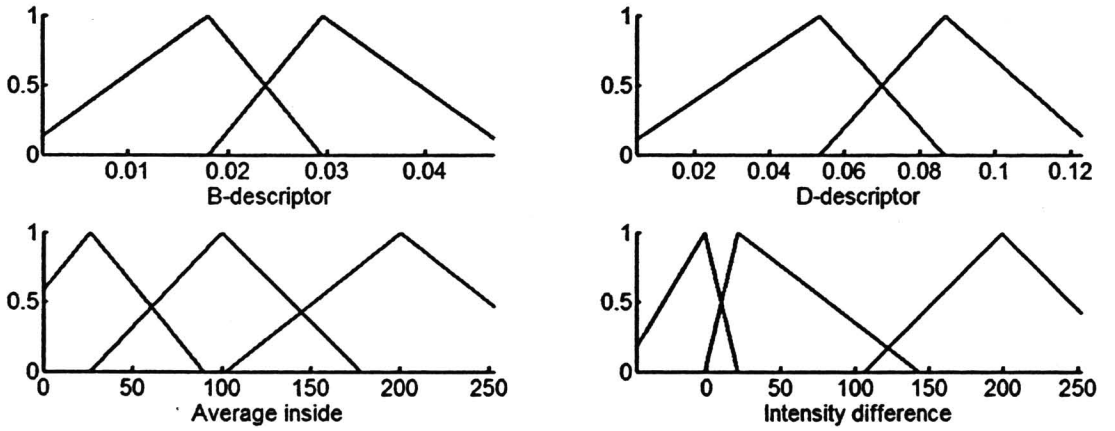
ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นที่ใช้ในการทดลองที่ 1.5 สร้างจากการกำหนดเอง เริ่มจากกำหนดตำแน่งกลางของแต่ละกลุ่มเป็นฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาให้เป็นตำแหน่งที่มีความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" จากนั้นทำการสร้างฟังก์ชันขอบเขตบน โดยกำหนดขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรภาษา รวมทั้งกำหนดความสูงของฟังก์ชันขอบเขตล่าง ด้วยการทดลองพร้อมปรับแต่งฟังก์ชันขอบเขตบนละฟังก์ชันขอบเขตล่างจนได้ผลลัพธ์ที่ให้ค่าดีที่สุด รูปที่ 4.7 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกจากการกำหนดเองใช้ในการทดลองที่ 1.5



รูปที่ 4.7 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.5

4.3.6 การทดลองที่ 1.6 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 1 จากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์

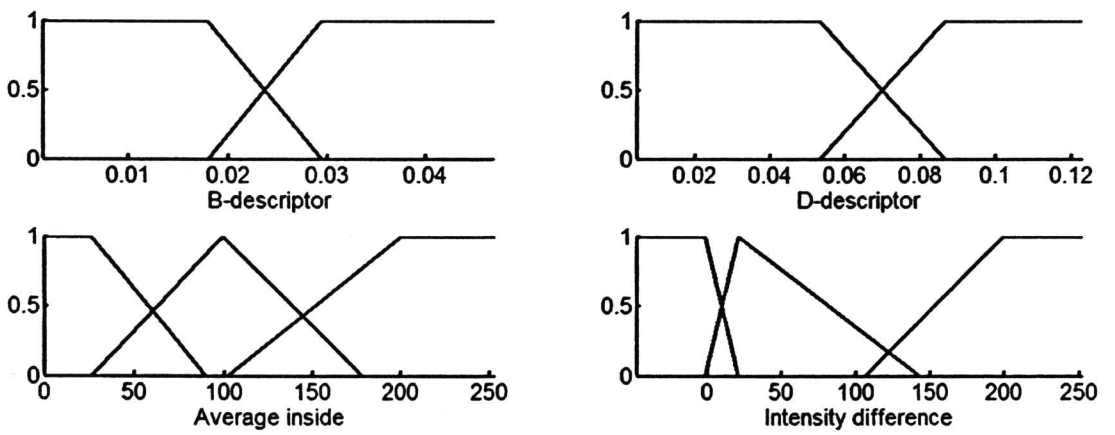
ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นในการทดลองที่ 1.6 เป็นการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน สร้างจากค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วย PCM โดยใช้เพียงฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน (UMF) นำค่าตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มแทนเป็นค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ซึ่งแต่ละกลุ่มแทนด้วยฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา จากนั้นพิจารณาหาขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิก ตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 2 ของหัวข้อที่ 3.3.1 รูปที่ 4.8 แสดงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.6



รูปที่ 4.8 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.6

4.3.7 การทดลองที่ 1.7 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 2 จากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์

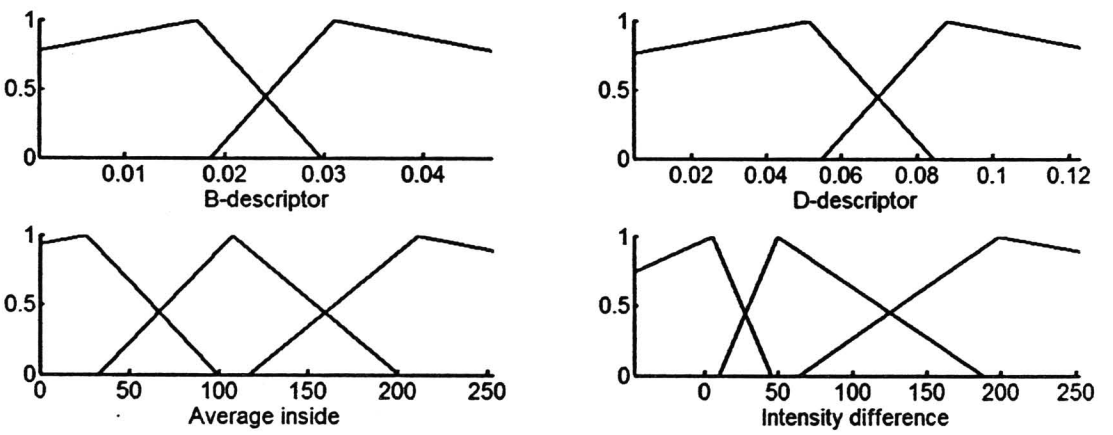
ฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 1.7 ใช้วิธีการสร้างฟังก์ชันขอบเขตบนแบบเดียวกันกับฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 1.6 แต่จะเป็นการปรับขอบเขตทางด้านซ้ายของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านซ้ายสุด และปรับขอบเขตทางด้านขวาของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านขวาสุด ให้มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ตามขั้นตอนที่ 3 ของหัวข้อที่ 3.3.1 รูปที่ 4.9 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.7



รูปที่ 4.9 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.7

4.3.8 การทดลองที่ 1.8 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 1 จากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซี มีนส์

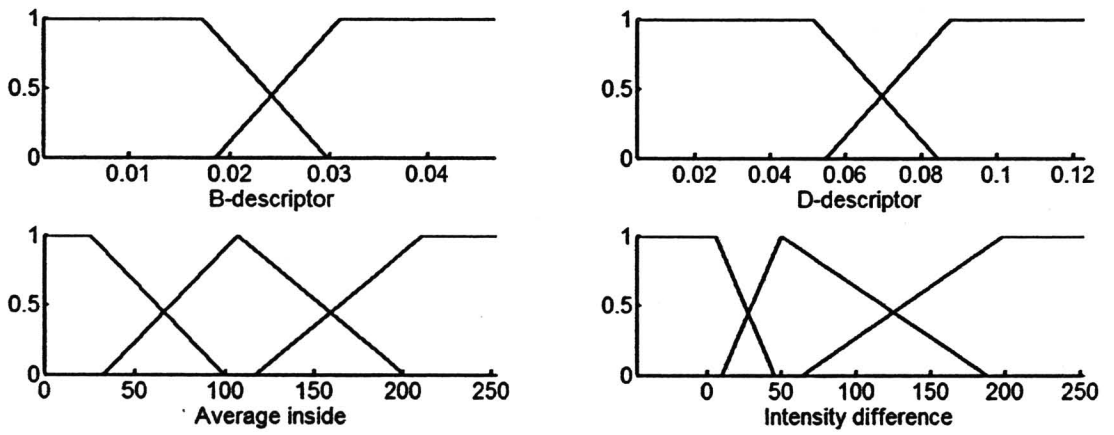
ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นในการทดลองที่ 1.8 เป็นการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน สร้างจากค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วย FCM โดยใช้เพียงฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน (UMF) นำค่าตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มแทนเป็นค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ซึ่งแต่ละกลุ่มแทนด้วยฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา จากนั้นพิจารณาหาขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิก ตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 2 ของหัวข้อที่ 3.3.1 รูปที่ 4.10 แสดงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.8



รูปที่ 4.10 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.8

4.3.9 การทดลองที่ 1.9 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 2 จากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซี มีนส์

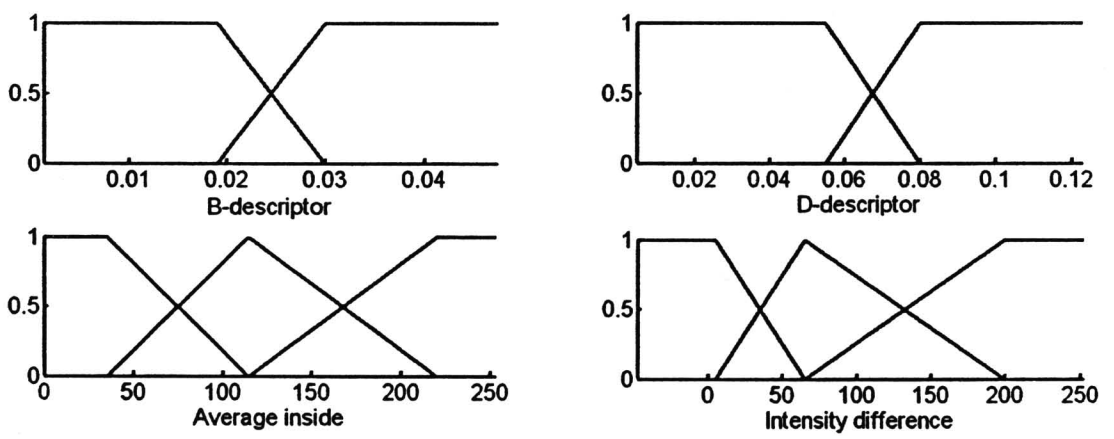
ฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 1.9 ใช้วิธีการสร้างฟังก์ชันขอบเขตบนแบบเดียวกันกับฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 1.8 แต่จะเป็นการปรับขอบเขตทางด้านซ้ายของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านซ้ายสุด และปรับขอบเขตทางด้านขวาของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านขวาสุด ให้มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ตามขั้นตอนที่ 3 ของหัวข้อที่ 3.3.1 รูปที่ 4.11 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.9



รูปที่ 4.11 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.9

4.3.10 การทดลองที่ 1.10 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันจากการกำหนดเอง

ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นที่ใช้ในการทดลองที่ 1.10 สร้างจากการกำหนดเอง เริ่มจากกำหนดตำแน่งกลางของแต่ละกลุ่มเป็นฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาให้เป็นตำแหน่งที่มีความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" จากกำหนดขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรภาษา ด้วยการทดลองพร้อมปรับแต่งฟังก์ชันขอบเขตฟังก์ชันจนได้ผลลัพธ์ที่ให้ค่าดีที่สุด รูปที่ 4.12 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกจากการกำหนดเองใช้ในการทดลองที่ 1.10



รูปที่ 4.12 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 1.10

4.3.11 ผลการทดลองที่ 1

จากการสร้างฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 1 ประกอบไปด้วยการทดลองย่อย 10 การทดลอง ซึ่งได้ทำการสร้างฟังก์ชันสมาชิกที่แบบอัตโนมัติมีรูปแบบที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของฟังก์ชันสมาชิก เราจึงนำชุดข้อมูลเรียนรู้ทำการทดสอบผลความถูกต้อง

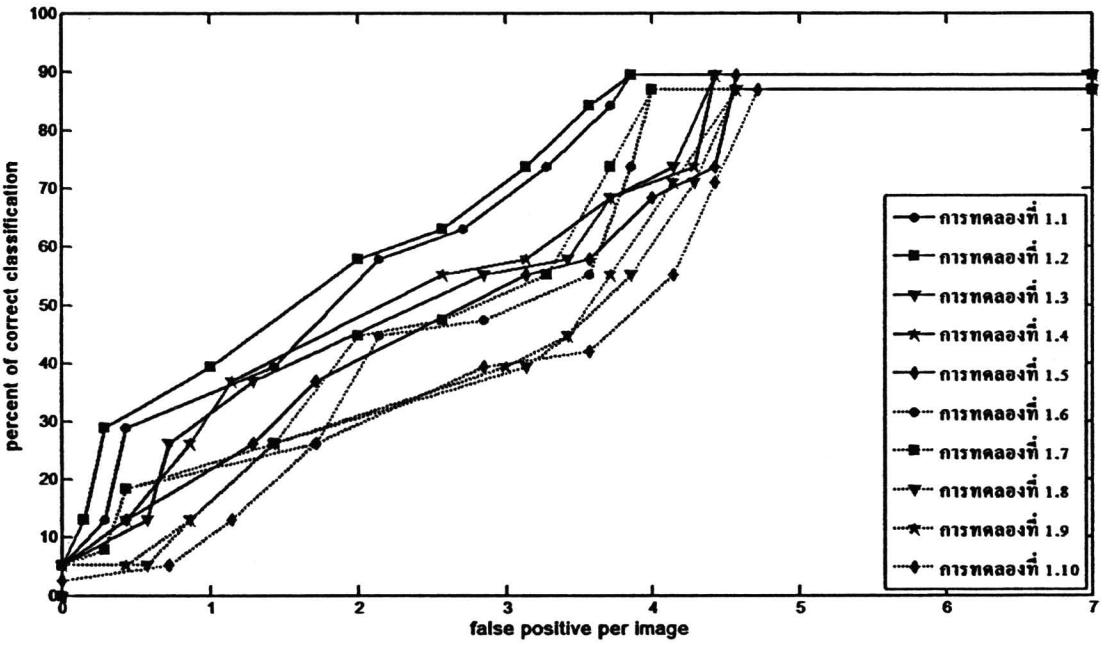
ดังแสดงผลลัพธ์ในตารางที่ 4.3 การพิจารณาว่าเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กหรือไม่นั้น พิจารณาจากค่าสุดท้ายจากระบบฟัซซีลอจิก โดยถ้าหากค่าที่ได้มีค่าตั้งแต่ช่วงค่าขีดแบ่ง 0.5 จะถือว่าเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก นอกจากนั้นไม่ถือว่าเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก

ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์จากการทดลองที่ 1 ด้วยชุดข้อมูลเรียนรู้

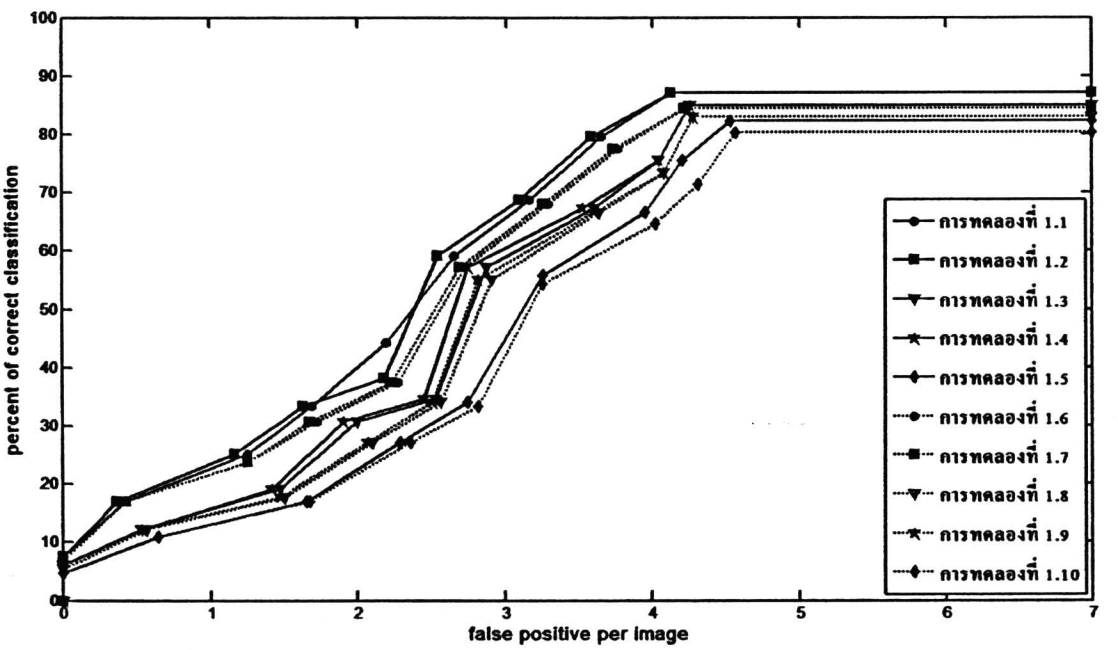
การทดลอง	ตรวจพบ	ความผิดพลาดแบบบวก	ความผิดพลาดแบบลบ	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
การทดลองที่ 1.1	144	7	9	90.00
การทดลองที่ 1.2	146	9	5	91.25
การทดลองที่ 1.3	141	11	8	88.13
การทดลองที่ 1.4	141	11	8	88.13
การทดลองที่ 1.5	138	13	9	86.25
การทดลองที่ 1.6	141	9	10	88.13
การทดลองที่ 1.7	143	11	6	89.38
การทดลองที่ 1.8	139	13	8	86.88
การทดลองที่ 1.9	139	13	8	86.88
การทดลองที่ 1.10	135	15	10	84.38

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์จากการทดลองที่ 1 ด้วยชุดข้อมูลทดสอบ

การทดลอง	โรงพยาบาลมหาราช 7 ภาพ		ฐานข้อมูล MIAS 55 ภาพ	
	ตรวจพบ (ร้อยละ)	ความผิดพลาดแบบบวก (ต่อภาพ)	ตรวจพบ (ร้อยละ)	ความผิดพลาดแบบบวก (ต่อภาพ)
การทดลองที่ 1.1	89.47	3.86	87.07	4.13
การทดลองที่ 1.2	89.47	3.86	87.07	4.13
การทดลองที่ 1.3	89.47	4.43	85.03	4.25
การทดลองที่ 1.4	89.47	4.43	85.03	4.25
การทดลองที่ 1.5	89.47	4.57	82.31	4.53
การทดลองที่ 1.6	86.84	4.00	84.35	4.22
การทดลองที่ 1.7	86.84	4.00	84.35	4.22
การทดลองที่ 1.8	86.84	4.57	82.99	4.27
การทดลองที่ 1.9	86.84	4.57	82.99	4.27
การทดลองที่ 1.10	86.84	4.71	80.27	4.56



รูปที่ 4.13 ROC Curve ของโรงพยาบาลมหาราชในการทดลองที่ 1



รูปที่ 4.14 ROC Curve ของฐานข้อมูล MIAS ในการทดลองที่ 1

จากร้อยละความถูกต้องในตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าฟังก์ชันสมาชิกที่ได้จากวิธีการจัดกลุ่มแบบพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ จะให้ความถูกต้องมากกว่าวิธีการจัดกลุ่มแบบฟัซซีซีมีนส์ และรูปแบบการสร้างฟังก์ชันสมาชิกรูปแบบที่ 2 มีความถูกต้องมากกว่าการสร้างฟังก์ชันสมาชิก

รูปแบบที่ 1 ของการจัดกลุ่มทั้งสองวิธี สำหรับฟังก์ชันสมาชิกที่ได้จากการทดลอง 1.5 และการทดลอง 1.10 เป็นการกำหนดฟังก์ชันสมาชิกจากการกำหนดเอง ผลลัพธ์ร้อยละความถูกต้องที่ได้มีค่าที่น้อยที่สุด จากการเปรียบเทียบผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทู ให้ประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มข้อมูลได้ดีกว่าฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.4 แสดงถึงผลลัพธ์การตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กโดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบ ความถูกต้องที่ได้จะบ่งบอกถึงผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กจำนวนมากที่สุด และปรากฏจำนวนความผิดพลาดแบบบวกเฉลี่ยต่อหนึ่งภาพ ชุดข้อมูลโรงพยาบาลมหาราช ในการทดลองที่ 1.1 ถึงการทดลองที่ 1.5 ให้ความถูกต้องเท่ากันทั้งหมดคือร้อยละ 89.47 โดยที่ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูให้ความผิดพลาดแบบบวกน้อยที่สุดคือ 3.86 ต่อภาพ

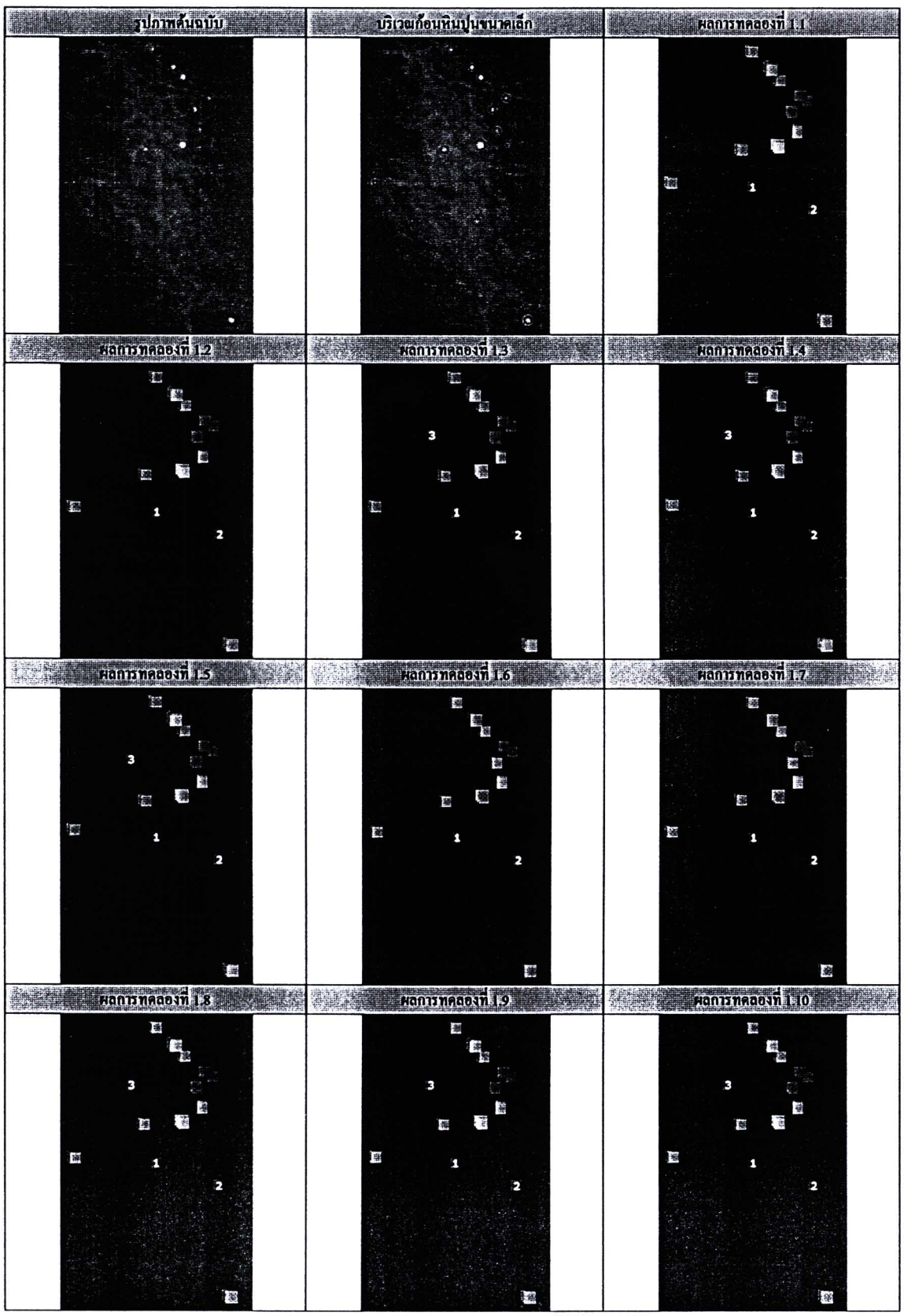
การทดลองด้วยฐานข้อมูล MIAS แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ให้ความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 87.07 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 4.13 ต่อภาพ เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กชัดเจนยิ่งขึ้น เราได้ทำการสร้างกราฟ ROC Curve แสดงผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กเปรียบเทียบระหว่างความถูกต้องกับความผิดพลาดแบบบวกดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14

ความแตกต่างที่เห็นชัดจากการทดลองคือ ความผิดพลาดแบบบวกซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้ในทุกๆ ภาพ แต่จะมีจำนวนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ จากรูปที่ 4.15 แสดงให้เห็นผลลัพธ์จากการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็ก (รูป mhr6.bmp มีก้อนหินปูนขนาดเล็กจำนวนทั้งหมด 12 บริเวณ) โดยทั้ง 10 การทดลองดังกล่าวสามารถตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กได้ถึง 10 บริเวณเท่ากัน ตำแหน่งที่น่าสังเกตให้เห็นความแตกต่างคือ ความสว่างบริเวณของก้อนหินปูนขนาดเล็กที่ตรวจจับได้ และจำนวนความผิดพลาดแบบบวกที่เกิดขึ้นมีจำนวนไม่เท่ากัน ความสว่างบริเวณที่ตรวจพบก้อนหินปูนขนาดเล็กแสดงถึงค่าที่ได้เป็นค่าของหน้าต่างย่อยซึ่งได้จากขั้นตอนสุดท้ายของการจำแนก ค่าจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 กล่าวคือแทนค่าความเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กของหน้าต่างย่อยนั้น ผลความสว่างของการทดลองที่ 1.1 และ การทดลองที่ 1.2 ซึ่งเป็นการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ จะมีความสว่างมากกว่า การสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์ สาเหตุที่ทำให้การทดลองของการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์มีค่าผลลัพธ์ความเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กสูงกว่าการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์คือ ค่าของคุณลักษณะเด่น B-Descriptor และคุณลักษณะเด่น D-Descriptor ที่ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ให้ค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันต่ำ มีค่ามากกว่าความเป็นสมาชิกที่ได้จากฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

สำหรับบริเวณที่เป็นความผิดพลาดแบบบวกที่พบในรูปที่ 4.15 โดยแสดงเป็นตำแหน่งตามตัวเลขที่ระบุจำนวนสูงสุด 3 บริเวณ ในการทดลองที่ใช้การจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์พบความผิดพลาดแบบบวกจำนวน 2 บริเวณ ซึ่งน้อยกว่าการทดลองที่ใช้การจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์ ที่ให้ผลความผิดพลาดแบบบวกจำนวน 3 บริเวณ ความผิดพลาดแบบบวกที่พบในการทดลองจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์และฟัซซีซีมีนส์ จำนวนความผิดพลาดแบบบวก 2 บริเวณที่เหมือนกัน (ตำแหน่งที่ 1 และ 2 ที่ระบุในรูป) ทั้ง 10 การทดลอง สาเหตุเกิดจากบริเวณที่ 1 เป็นตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณก้อนเนื้อเต้านมในภาพรังสี จากการหาค่าคุณลักษณะเด่น B-Descriptor และคุณลักษณะเด่น D-Descriptor ผลปรากฏว่ามีค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นรูปทรงก้อนหินปูนขนาดเล็ก ทำให้ การพิจารณาอนุมานฐานของกฎทำให้มีผลในกฎที่ 1 ถึงกฎที่ 9 ซึ่งมีโอกาสเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก โดยค่าคุณลักษณะเด่นค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในวัตถุอยู่ที่ระดับฟังก์ชัน “Medium” ทำให้ผลการอนุมานฐานของกฎมีผลที่กฎที่ 4, 5 และ 6 ค่าที่ออกมาจึงมีการระบุความสว่างเป็นบริเวณก้อนหินปูนขนาดเล็กแต่มีค่าที่ค่าน้อยคือ 0.112

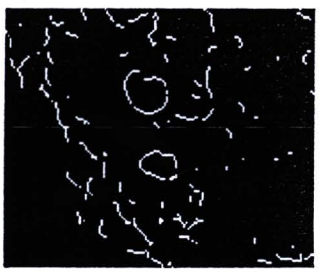
สาเหตุความผิดพลาดแบบบวกที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ 2 ทั้ง 10 การทดลองจะเห็นว่าบริเวณดังกล่าวนั้นอยู่นอกก้อนเนื้อเต้านมในภาพรังสี จากการหาค่าคุณลักษณะเด่น B-Descriptor และคุณลักษณะเด่น D-Descriptor ผลปรากฏว่ามีค่าบ่งบอกถึงความเป็นรูปทรงของก้อนหินปูนขนาดเล็กทำให้การอนุมานฐานของกฎจึงเป็นลักษณะเด่นเดียวกันกับบริเวณที่ 1 แต่ค่าที่ทำให้ปรากฏความชัดเจนของก้อนหินปูนบริเวณนี้ก็คือ ค่าคุณลักษณะเด่นของค่าความแตกต่างระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงฟังก์ชัน “High” ผลลัพธ์จากการอนุมานฐานของกฎที่มีค่าสูงคือกฎที่ 9 ผลที่ออกมาจึงระบุบริเวณเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กมีค่าคือ 0.134 ซึ่งจะสว่างกว่าบริเวณที่ 1

ความผิดพลาดแบบบวกบริเวณที่ 3 ที่ปรากฏในรูปที่ 4.15 เกิดขึ้นจากการทดลองโดยการใช้ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์และฟังก์ชันสมาชิกจากการกำหนดเอง ซึ่งบริเวณนี้ปรากฏอยู่ในก้อนเนื้อเต้านมในภาพรังสี ค่าคุณลักษณะเด่นของ B-Descriptor และคุณลักษณะเด่น D-Descriptor มีค่าบ่งบอกถึงเป็นรูปทรงของก้อนหินปูนขนาดเล็ก ดังนั้นจึงมีโอกาสเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก ค่าคุณลักษณะเด่นที่ทำให้บริเวณนี้เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กก็คือ ค่าคุณลักษณะเด่นค่าความแตกต่างระหว่างระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุโดยมีค่าคือ 102 ทำให้การใช้ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์และฟังก์ชันสมาชิกจากการกำหนดเองมีค่าที่ฟังก์ชัน “High” จึงปรากฏเป็นความสว่างของก้อนหินปูนขนาดเล็ก แต่การใช้ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์จะไม่มีค่าที่ฟังก์ชัน “High” จึงไม่ปรากฏเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก



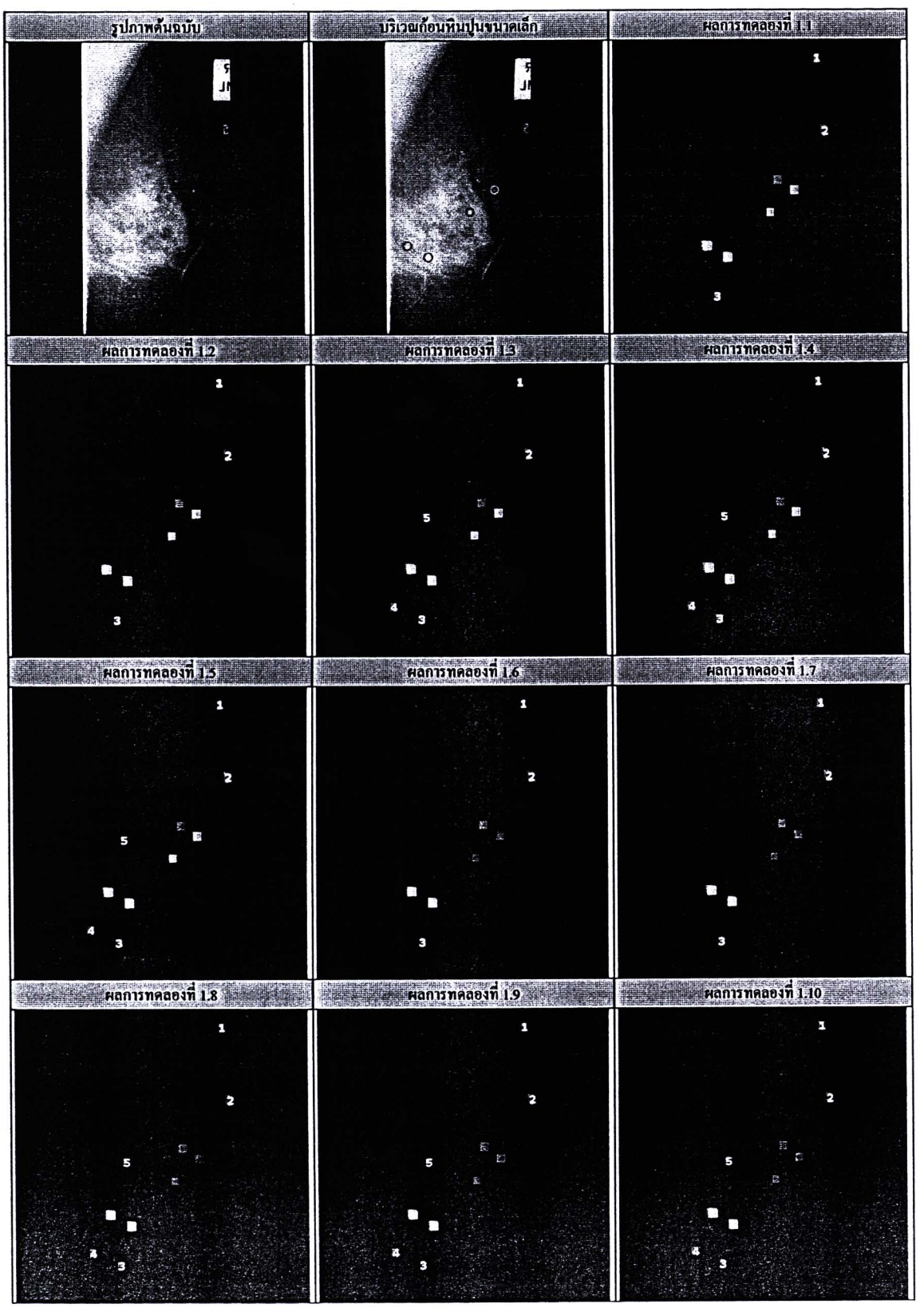
รูปที่ 4.15 ผลลัพธ์ภาพรังสีเต้านมของโรงพยาบาลมหาราช (mhr6.bmp) ในการทดลองที่ 1

สำหรับความผิดพลาดแบบลบหรือตำแหน่งที่ไม่สามารถตรวจพบก้อนหินปูนขนาดเล็ก ในรูปที่ 4.15 จำนวน 2 บริเวณ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวไม่สามารถหาค่าที่ระบุถึงการเป็นรูปทรงของก้อนหินปูนขนาดเล็กหรือค่าคุณลักษณะเด่น B-Descriptor และคุณลักษณะเด่น D-Descriptor ซึ่งบริเวณที่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กนี้ไม่สามารถหาขอบภาพที่เป็นรูปทรงปิดได้ รูปที่ 4.16 แสดงผลการหาขอบภาพบริเวณดังกล่าว



รูปที่ 4.16 บริเวณก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพ mhr6.bmp ที่ไม่สามารถหาขอบภาพเป็นรูปทรงปิด

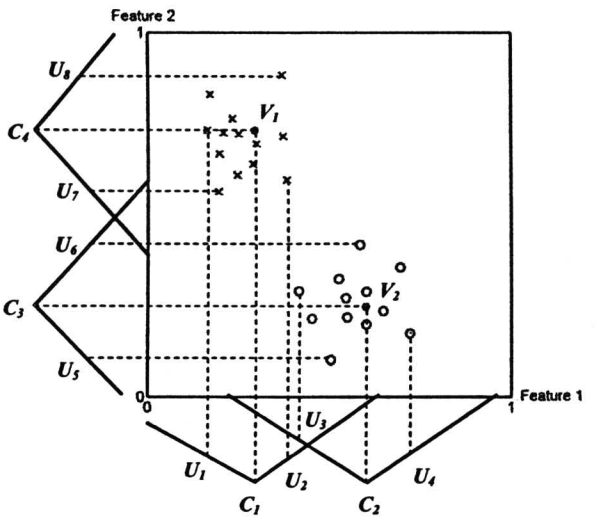
ผลการทดลองในรูปที่ 4.17 แสดงตัวอย่างที่มีผลลัพธ์ลักษณะคล้ายกันซึ่งเป็นภาพรังสีเต้านมจากฐานข้อมูล MIAS (รูป mdb064.pgm มีก้อนหินปูนทั้งหมด 5 บริเวณ) โดยทั้ง 10 ผลการทดลองสามารถตรวจพบก้อนหินปูนขนาดเล็กครบทั้ง 5 บริเวณแต่แตกต่างกันตรงที่การใช้ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์มีความสว่างมากกว่าจากการใช้ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์หรือฟังก์ชันจากการกำหนดเอง สำหรับบริเวณความผิดพลาดแบบบวกที่ระบุเป็นตำแหน่งไว้ในภาพ ตำแหน่งความผิดพลาดแบบบวกตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ 3 ปรากฏในทั้ง 10 การทดลอง ซึ่งทั้ง 3 ตำแหน่งเป็นบริเวณที่อยู่นอกก้อนเนื้อเต้านมในภาพรังสี มีค่าคุณลักษณะเด่น B-Descriptor และคุณลักษณะเด่น D-Descriptor ซึ่งมีโอกาสเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กแต่ความสว่างที่ได้มีค่าที่น้อย ส่วนความผิดพลาดแบบบวกบริเวณที่ 4 และ 5 จะพบในการทดลองที่ใช้ฟังก์ชันจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์และฟังก์ชันจากการกำหนดเอง ทั้ง 2 บริเวณนี้เป็นตำแหน่งที่อยู่ในก้อนเนื้อเต้านมในภาพรังสี จากการหาค่าคุณลักษณะเด่นค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุได้ค่าคือ บริเวณที่ 4 เท่ากับ 97 และบริเวณที่ 5 เท่ากับ 101 ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มแบบฟัซซีซีมีนส์และฟังก์ชันจากการกำหนดเอง เกิดการล้ำเลื่อมกันระหว่างฟังก์ชัน “Medium” และฟังก์ชัน “High” ซึ่งทำให้มีผลต่อกฎที่ 5, 6, 8 และกฎที่ 9 ค่าที่ได้จึงปรากฏเป็นความสว่างแสดงถึงความเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กใน 2 บริเวณนี้ แตกต่างจากการใช้ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ที่จะมีผลต่อฟังชันก์ชัน “Medium” เท่านั้น



รูปที่ 4.17 ผลลัพธ์ภาพรังสีเต้านมของฐานข้อมูล MIAS (mdb064.pgm) ในการทดลองที่ 1

4.4 การทดลองที่ 2 ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มของคุณลักษณะเด่นทั้งหมด

สำหรับการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มของคุณลักษณะเด่นทั้งหมดในการทดลองที่ 2 จะเริ่มจากพิจารณาฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน จากการพิจารณาตำแหน่งกลางที่ได้ เมื่อได้ค่าตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มแล้วให้นำค่าตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่ม เป็นตำแหน่งกลางของคุณลักษณะเด่นนั้น พิจารณาในแต่ละค่าคุณลักษณะเด่น จากนั้นทำการหาขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาด้วยตำแหน่งข้อมูลที่อยู่ไกลที่สุดจากตำแหน่งกลางของคุณลักษณะเด่นนั้น เมื่อได้ขอบเขตทางด้านซ้ายและด้านขวาแล้ว ขั้นตอนต่อไปการสร้างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง ทำการหาผลรวมระยะทางของแต่ละกลุ่มแล้วเปลี่ยนเป็นค่ามาตรฐานเพื่อหาระยะห่างระหว่างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน และฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง ทั้งหมดเป็นไปตามขั้นตอนที่ระบุไว้ในหัวข้อที่ 3.3 รูปที่ 4.18 แสดงตัวอย่างการสร้างฟังก์ชันสมาชิกการจัดกลุ่มของ 2 คุณลักษณะเด่น



รูปที่ 4.18 ตัวอย่างการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของการทดลองที่ 2 (m=2)

จากรูปที่ 4.18 แสดงการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากตำแหน่งของข้อมูลและค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละกลุ่มข้อมูลที่พิจารณาที่ละคุณลักษณะเด่นซึ่งอธิบายค่าแต่ละตำแหน่งได้ดังนี้

V_1 คือ ตำแหน่งกลางของกลุ่มที่ 1

V_2 คือ ตำแหน่งกลางของกลุ่มที่ 2

C_1 คือ ตำแหน่งกลางของฟังก์ชันสมาชิก “Low” จากค่าคุณลักษณะเด่น 1 ใน V_1

C_2 คือ ตำแหน่งกลางของฟังก์ชันสมาชิก “High” จากค่าคุณลักษณะเด่น 1 ใน V_2

C_3 คือ ตำแหน่งกลางของฟังก์ชันสมาชิก “Low” จากค่าคุณลักษณะเด่น 2 ใน V_2

C_4 คือ ตำแหน่งกลางของฟังก์ชันสมาชิก “High” จากค่าคุณลักษณะเด่น 2 ใน V_1

U_1 คือ ค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งข้อมูลที่ไกลที่สุดของกลุ่ม V_1 ที่แกนของคุณลักษณะเด่น 1 ทางด้านซ้าย

U_2 คือ ค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งข้อมูลที่ไกลที่สุดของกลุ่ม V_1 ที่แกนของคุณลักษณะเด่น 1 ทางด้านขวา

U_3 คือ ค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งข้อมูลที่ไกลที่สุดของกลุ่ม V_2 ที่แกนของคุณลักษณะเด่น 1 ทางด้านซ้าย

U_4 คือ ค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งข้อมูลที่ไกลที่สุดของกลุ่ม V_2 ที่แกนของคุณลักษณะเด่น 1 ทางด้านขวา

U_5 คือ ค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งข้อมูลที่ไกลที่สุดของกลุ่ม V_2 ที่แกนของคุณลักษณะเด่น 2 ทางด้านซ้าย

U_6 คือ ค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งข้อมูลที่ไกลที่สุดของกลุ่ม V_2 ที่แกนของคุณลักษณะเด่น 2 ทางด้านขวา

U_7 คือ ค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งข้อมูลที่ไกลที่สุดของกลุ่ม V_1 ที่แกนของคุณลักษณะเด่น 2 ทางด้านซ้าย

U_8 คือ ค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งข้อมูลที่ไกลที่สุดของกลุ่ม V_1 ที่แกนของคุณลักษณะเด่น 2 ทางด้านขวา

การพิจารณาสร้างฐานกฎของการทดลองที่ 2 จะพิจารณาวิธีเดียวกันกับฐานของกฎในการทดลองที่ 1 (จำนวนฐานกฎทั้งหมดคือ ผลคูณของจำนวนฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา) ซึ่งจากการสังเกตคุณลักษณะของก้อนหินปูนขนาดเล็ก ในฟังก์ชันสมาชิกของ B-Descriptor และ D-Descriptor เห็นได้ว่าจะมีค่าตำแหน่งอยู่ในฟังก์ชันสมาชิก “Low” และฟังก์ชันสมาชิก “Medium” ทั้งสองคุณลักษณะเด่น ทำให้การกำหนดเอาท์พุทเลือกพิจารณาที่ B-Descriptor มีค่าเป็น “Low” หรือ “Medium” และพิจารณา D-Descriptor มีค่าเป็น “Low” หรือ “Medium” ตารางที่ 4.5 ผลการพิจารณาแสดงฐานของกฎทั้ง 81 กฎ (เนื่องจากแต่ละคุณลักษณะเด่นมี 3 ฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา)

จากการพิจารณาฐานของกฎในตารางที่ 4.5 ฟังก์ชันสมาชิกเอาท์พุทจะมีค่าขึ้นอยู่กับค่าของ B-Descriptor และ D-Descriptor มีค่าเป็น (“Low”, “Low”), (“Low”, “Medium”), (“Medium”, “Low”) และ (“Medium”, “Medium”) ตามลำดับ เมื่ออยู่ในค่าดังที่กล่าวมาต่อไปก็จะพิจารณา 2 คุณลักษณะเด่นที่เหลือซึ่งหลักการพิจารณาจะใช้ค่าเดียวกันกับ กฎที่ 1 ถึง 9 ในการทดลองที่ 1 (ตารางที่ 4.1) ดังนั้นจึงมีกฎในการทดลองที่ 2 ที่พิจารณาเหมือนกันอยู่ 4 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 เป็นกฎที่ 1 ถึงกฎที่ 9 ช่วงที่ 2 เป็นกฎที่ 10 ถึงกฎที่ 18 ช่วงที่ 3 เป็นกฎที่ 28 ถึงกฎ 36 และช่วงที่ 4 เป็นกฎที่ 37 ถึงกฎที่ 45

ตารางที่ 4.5 ฐานของกฎที่ใช้ในการทดลองที่ 2

Features / Rules	Input				
	B-Descriptor	D-Descriptor	AVG_{inside}	DIFF	Output
1	L	L	L	L	M
2	L	L	L	M	L
3	L	L	L	H	L
4	L	L	M	L	M
5	L	L	M	M	M
6	L	L	M	H	M
7	L	L	H	L	M
8	L	L	H	M	M
9	L	L	H	H	H
10	L	M	L	L	M
11	L	M	L	M	L
12	L	M	L	H	L
13	L	M	M	L	M
14	L	M	M	M	M
15	L	M	M	H	M
16	L	M	H	L	M
17	L	M	H	M	M
18	L	M	H	H	H
19-27	L	H	L, M, H	L, M, H	L
28	M	L	L	L	M
29	M	L	L	M	L
30	M	L	L	H	L
31	M	L	M	L	M
32	M	L	M	M	M
33	M	L	M	H	M
34	M	L	H	L	M
35	M	L	H	M	M
36	M	L	H	H	H
37	M	M	L	L	M
38	M	M	L	M	L
39	M	M	L	H	L
40	M	M	M	L	M
41	M	M	M	M	M
42	M	M	M	H	M
43	M	M	H	L	M
44	M	M	H	M	M
45	M	M	H	H	H
46-54	M	H	L, M, H	L, M, H	L
55-81	H	L, M, H	L, M, H	L, M, H	L

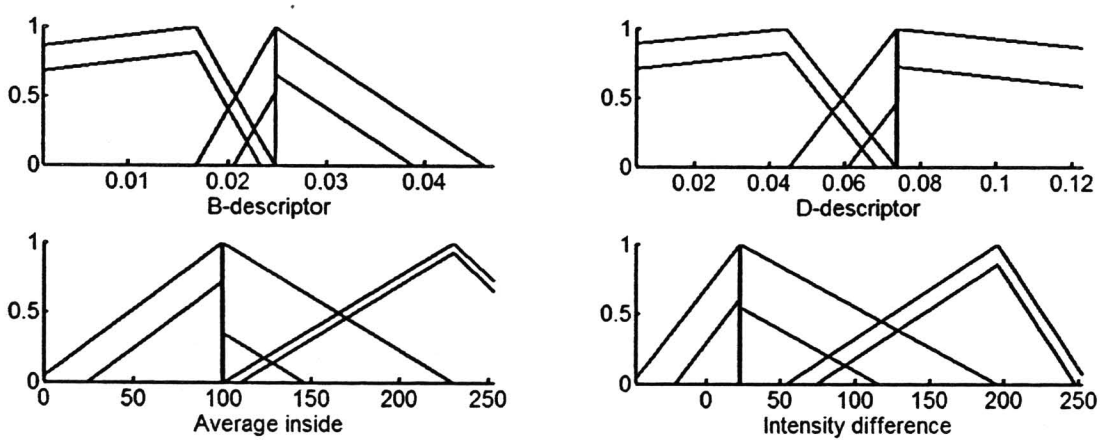
สำหรับช่วงกฎที่ 19 ถึงกฎ 27 และช่วงกฎที่ 46 ถึงกฎ 54 ให้เอาท์พุทมีค่า "Low" เนื่องจาก D-Descriptor มีค่า "High" และสุดท้ายกฎที่เหลือช่วงกฎที่ 55 ถึง 81 ให้เอาท์พุทมีค่า "Low" เนื่องจาก B-Descriptor มีค่า "High"

ในการสร้างฟังก์ชันสมาชิกให้มีความแตกต่างกันในการทดลองที่ 2 ได้ทำการจัดกลุ่มด้วย FCM และ PCM โดยใช้ค่า $m=2$ (ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุดจากการทดลองหลายๆ ค่า) เพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพ จึงได้ทำการแยกเป็นการทดลองย่อยดังต่อไปนี้

4.4.1 การทดลองที่ 2.1 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูรูปแบบที่ 1 จากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์

ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นในการทดลองที่ 2.1 สร้างจากค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วย PCM เริ่มจากการสร้างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน (UMF) โดยนำค่าตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มแทนเป็นค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ซึ่งแต่ละกลุ่มแทนด้วยฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา จากนั้นพิจารณาหาขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิกตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 2 ของหัวข้อที่ 3.3.1

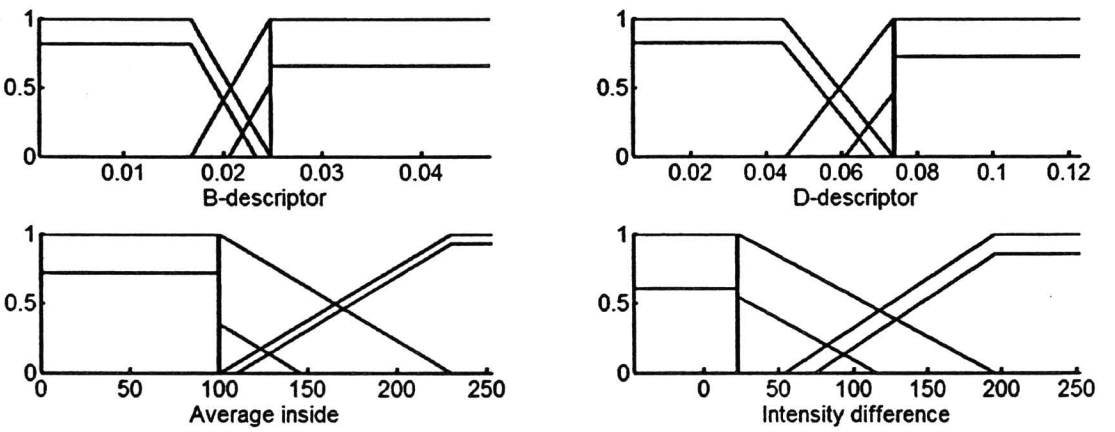
การสร้างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง (LMF) สร้างโดยพิจารณาจากผลรวมระยะทางของแต่ละกลุ่มนำมาเป็นค่ามาตรฐาน ซึ่งจะเป็นระยะห่างระหว่างฟังก์ชันขอบเขตบนและฟังก์ชันขอบเขตล่างของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา ตามขั้นตอนของหัวข้อที่ 3.3.2 รูปที่ 4.19 แสดงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.1



รูปที่ 4.19 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.1

4.4.2 การทดลองที่ 2.2 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูรูปแบบที่ 2 จากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์

ฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 2.2 ใช้วิธีการสร้างฟังก์ชันขอบเขตบนแบบเดียวกันกับฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 2.1 แต่จะเป็นการปรับขอบเขตทางด้านซ้ายของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านซ้ายสุด และปรับขอบเขตทางด้านขวาของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านขวาสุด ให้มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ตามขั้นตอนที่ 3 ของหัวข้อที่ 3.3.1 และการสร้างฟังก์ชันขอบเขตล่างเป็นไปตามหัวข้อที่ 3.3.2 รูปที่ 4.20 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.2

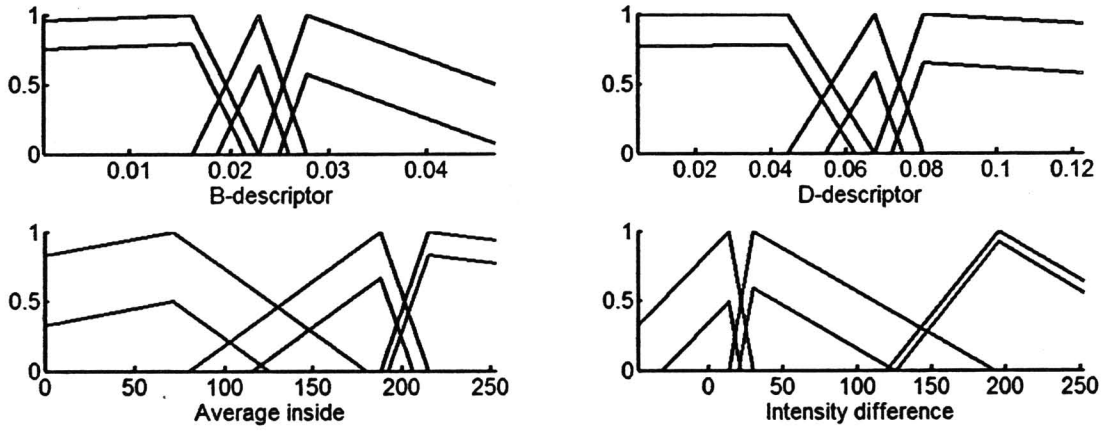


รูปที่ 4.20 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.2

4.4.3 การทดลองที่ 2.3 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูรูปแบบที่ 1 จากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นในการทดลองที่ 2.3 สร้างจากค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วย FCM เริ่มจากการสร้างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน (UMF) โดยนำค่าตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มแทนเป็นค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ซึ่งแต่ละกลุ่มแทนด้วยฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา จากนั้นพิจารณาหาขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิกตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 2 ของหัวข้อที่ 3.3.1

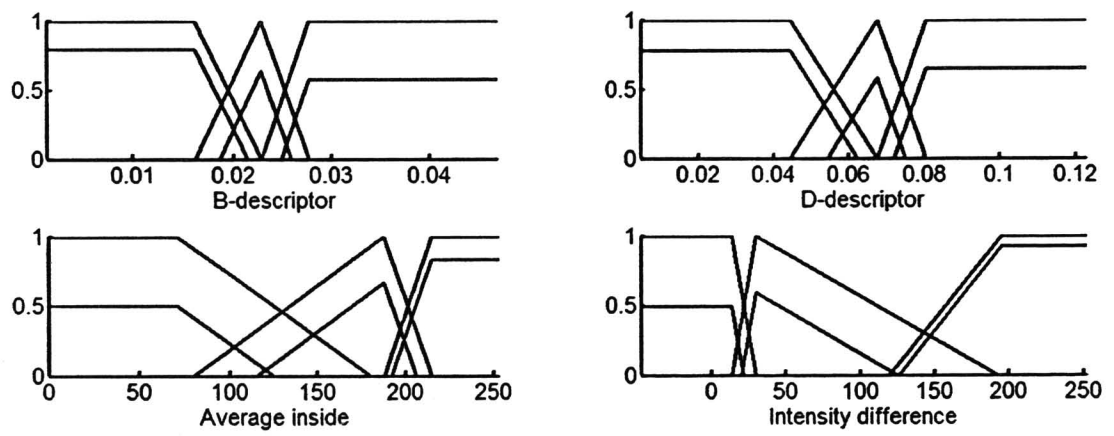
การสร้างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง (LMF) สร้างโดยพิจารณาจากผลรวมระยะทางของแต่ละกลุ่มนำมาเป็นค่ามาตรฐาน ซึ่งจะเป็นระยะห่างระหว่างฟังก์ชันขอบเขตบนและฟังก์ชันขอบเขตล่างของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา ตามขั้นตอนในหัวข้อที่ 3.3.2 รูปที่ 4.21 แสดงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.3



รูปที่ 4.21 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.3

4.4.4 การทดลองที่ 2.4 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูรูปแบบที่ 2 จากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

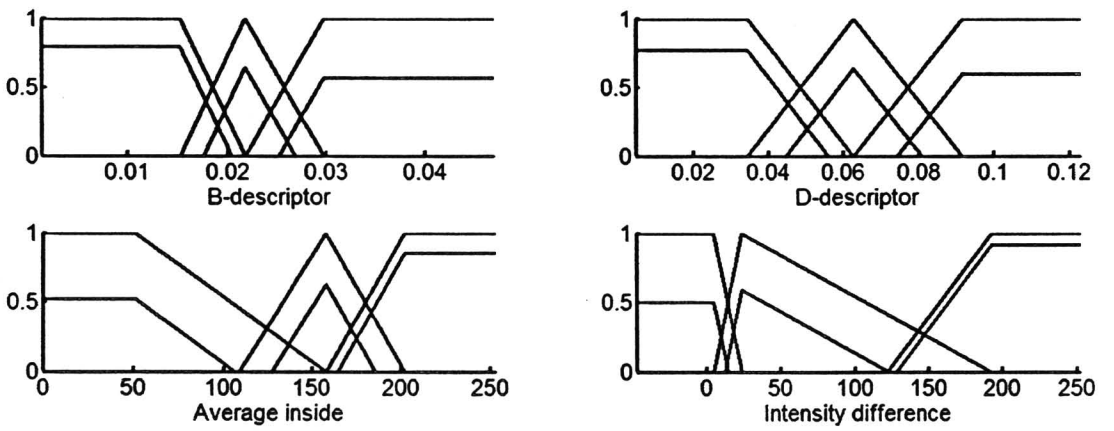
ฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 2.4 ใช้วิธีการสร้างฟังก์ชันขอบเขตบนแบบเดียวกันกับฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 2.3 แต่จะเป็นการปรับขอบเขตทางด้านซ้ายของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านซ้ายสุด และปรับขอบเขตทางด้านขวาของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านขวาสุด ให้มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ตามขั้นตอนที่ 3 ของหัวข้อที่ 3.3.1 และการสร้างฟังก์ชันขอบเขตล่างเป็นไปตามหัวข้อที่ 3.3.2 รูปที่ 4.22 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.4



รูปที่ 4.22 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.4

4.4.5 การทดลองที่ 2.5 ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูจากการกำหนดเอง

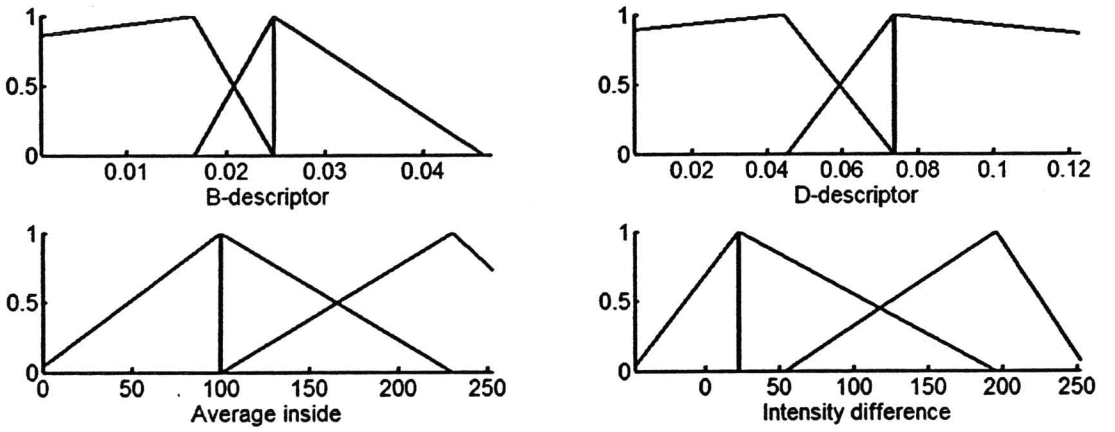
ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นที่ใช้ในการทดลองที่ 2.5 สร้างจากการกำหนดเอง เริ่มจากกำหนดตำแน่งกลางของแต่ละกลุ่มเป็นฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาให้เป็นตำแหน่งที่มีความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" จากนั้นทำการสร้างฟังก์ชันขอบเขตบน โดยกำหนดขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรภาษา รวมทั้งกำหนดความสูงของฟังก์ชันขอบเขตล่าง ด้วยการทดลองพร้อมปรับแต่งฟังก์ชันขอบเขตบนละฟังก์ชันขอบเขตล่างจนได้ผลลัพธ์ที่ให้ค่าดีที่สุด รูปที่ 4.23 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกจากการกำหนดเองใช้ในการทดลองที่ 2.5



รูปที่ 4.23 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.5

4.4.6 การทดลองที่ 2.6 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 1 จากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์

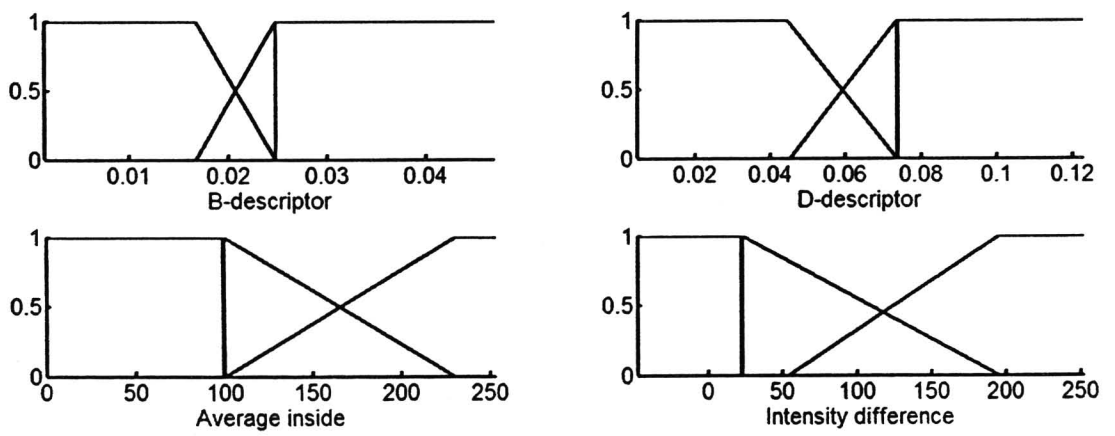
ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นในการทดลองที่ 2.6 เป็นการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน สร้างจากค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วย PCM โดยใช้เพียงฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน (UMF) นำค่าตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มแทนเป็นค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ซึ่งแต่ละกลุ่มแทนด้วยฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา จากนั้นพิจารณาหาขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิก ตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 2 ของหัวข้อที่ 3.3.1 รูปที่ 4.24 แสดงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.6



รูปที่ 4.24 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.6

4.4.7 การทดลองที่ 2.7 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 2 จากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์

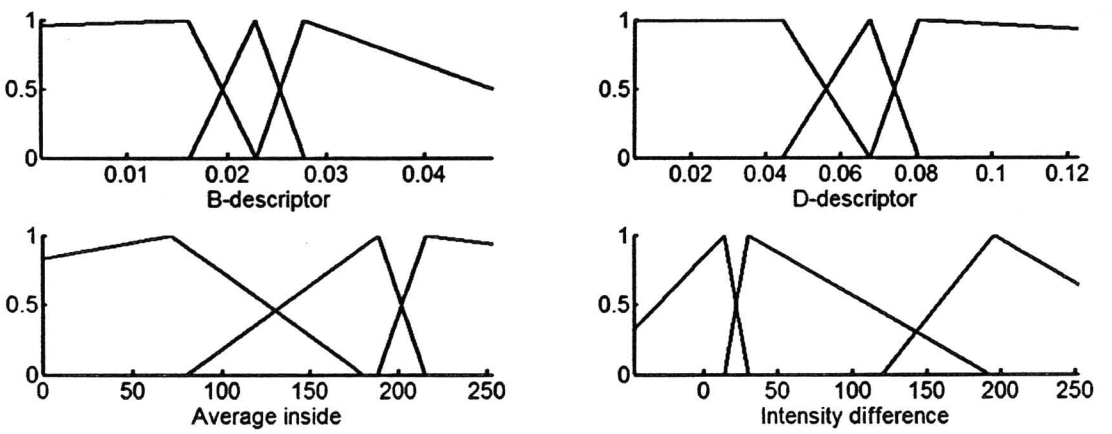
ฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 2.7 ใช้วิธีการสร้างฟังก์ชันขอบเขตบนแบบเดียวกันกับฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 2.6 แต่จะเป็นการปรับขอบเขตทางด้านซ้ายของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านซ้ายสุด และปรับขอบเขตทางด้านขวาของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านขวาสุด ให้มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ตามขั้นตอนที่ 3 ของหัวข้อที่ 3.3.1 รูปที่ 4.25 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.7



รูปที่ 4.25 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.7

4.4.8 การทดลองที่ 2.8 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 1 จากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซี มีนส์

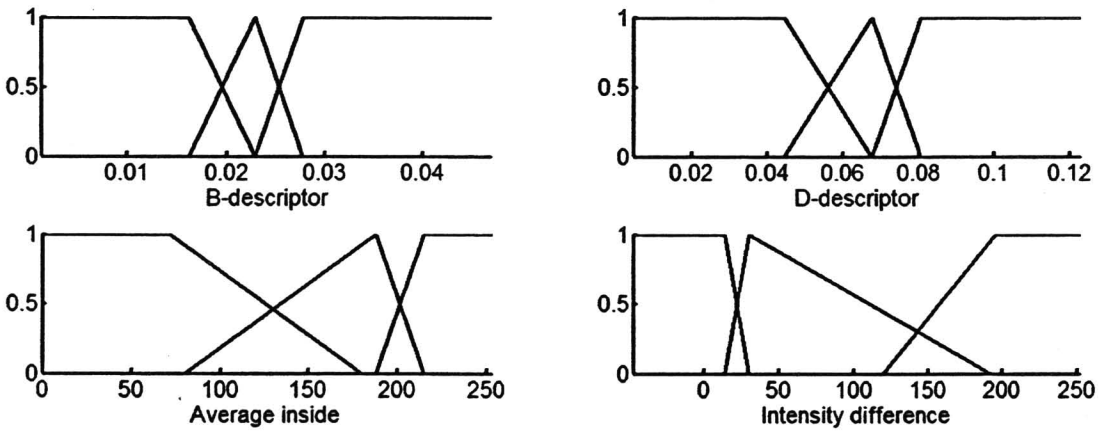
ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นในการทดลองที่ 2.8 เป็นการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน สร้างจากค่าความเป็นสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วย FCM โดยใช้เพียงฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน (UMF) นำค่าตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มแทนเป็นค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ซึ่งแต่ละกลุ่มแทนด้วยฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา จากนั้นพิจารณาหาขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิก ตามขั้นตอนที่ 1 ถึง 2 ของหัวข้อที่ 3.3.1 รูปที่ 4.26 แสดงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.8



รูปที่ 4.26 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.8

4.4.9 การทดลองที่ 2.9 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันรูปแบบที่ 2 จากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซี มีนส์

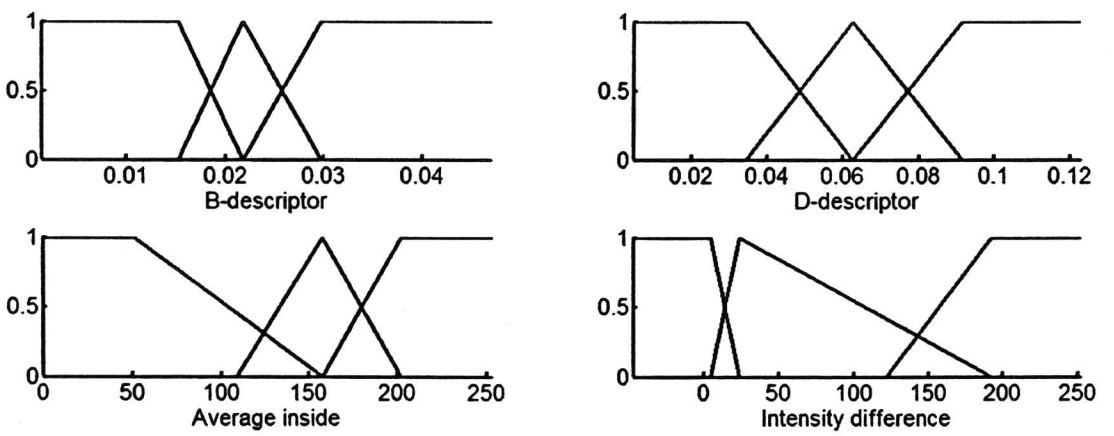
ฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 2.9 ใช้วิธีการสร้างฟังก์ชันขอบเขตบนแบบเดียวกันกับฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองที่ 2.8 แต่จะเป็นการปรับขอบเขตทางด้านซ้ายของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านซ้ายสุด และปรับขอบเขตทางด้านขวาของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาด้านขวาสุด ให้มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" ตามขั้นตอนที่ 3 ของหัวข้อที่ 3.3.1 รูปที่ 4.27 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.9



รูปที่ 4.27 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.9

4.4.10 การทดลองที่ 2.10 ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันจากการกำหนดเอง

ฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่นที่ใช้ในการทดลองที่ 2.10 สร้างจากการกำหนดเอง เริ่มจากกำหนดตำแน่งกลางของแต่ละกลุ่มเป็นฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาให้เป็นตำแหน่งที่มีความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" จากกำหนดขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรภาษา ด้วยการทดลองพร้อมปรับแต่งฟังก์ชันขอบเขตฟังก์ชันจนได้ผลลัพธ์ที่ให้ค่าดีที่สุด รูปที่ 4.28 แสดงถึงฟังก์ชันสมาชิกจากการกำหนดเองใช้ในการทดลองที่ 2.10



รูปที่ 4.28 ฟังก์ชันสมาชิกที่ใช้ในการทดลองที่ 2.10

4.4.11 ผลการทดลองที่ 2

การสร้างฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองย่อย 10 การทดลอง ของการทดลองที่ 2 ซึ่งได้ทำการสร้างฟังก์ชันสมาชิกที่แบบอัตโนมัติมีรูปแบบที่แตกต่างกัน จากร้อยละความถูกต้องในตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าฟังก์ชันสมาชิกที่ได้จากวิธีการจัดกลุ่มแบบพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ จะให้ความ

ถูกต้องมากกว่าวิธีการจัดกลุ่มแบบฟัซซีซีมีนส์ และรูปแบบการสร้างฟังก์ชันสมาชิกรูปแบบที่ 2 มีความถูกต้องมากกว่าการสร้างฟังก์ชันสมาชิกรูปแบบที่ 1 สำหรับฟังก์ชันสมาชิกที่ได้จากการทดลอง 2.5 และการทดลอง 2.10 เป็นการกำหนดฟังก์ชันสมาชิกจากการกำหนดเอง ผลลัพธ์ร้อยละความถูกต้องที่ได้มีค่าที่ดีกว่าการจัดกลุ่มด้วย FCM จากการเปรียบเทียบผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทู ให้ประสิทธิภาพการจำแนกกลุ่มข้อมูลได้ดีกว่าฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์จากการทดลองที่ 2 ด้วยชุดข้อมูลเรียนรู้

การทดลอง	ตรวจพบ	ความผิดพลาดแบบบวก	ความผิดพลาดแบบลบ	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
การทดลองที่ 2.1	139	7	14	86.88
การทดลองที่ 2.2	140	8	12	87.50
การทดลองที่ 2.3	138	9	13	86.25
การทดลองที่ 2.4	138	9	13	86.25
การทดลองที่ 2.5	139	10	11	86.88
การทดลองที่ 2.6	138	8	14	86.25
การทดลองที่ 2.7	138	11	11	86.25
การทดลองที่ 2.8	135	12	13	84.38
การทดลองที่ 2.9	135	12	13	84.38
การทดลองที่ 2.10	136	13	11	85.00

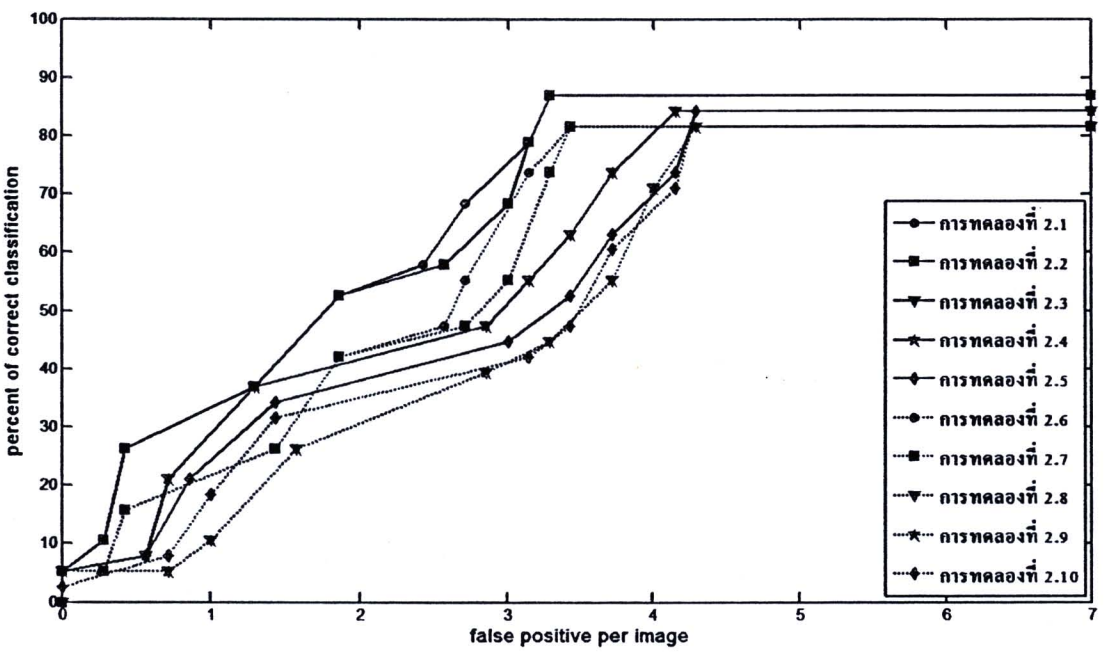
ตารางที่ 4.7 แสดงถึงผลลัพธ์การตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กโดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบความถูกต้องที่ได้จะบ่งบอกถึงผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กจำนวนมากที่สุด และปรากฏจำนวนความผิดพลาดแบบบวกเฉลี่ยต่อหนึ่งภาพ ชุดข้อมูลโรงพยาบาลมหาราชในการทดลองที่ 2.1 และการทดลองที่ 2.2 ให้ความถูกต้องสูงสุดคือร้อยละ 86.84 และยังได้มีความผิดพลาดแบบบวกน้อยที่สุดคือ 3.29 ต่อภาพ

การทดลองด้วยฐานข้อมูล MIAS แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ให้ความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 82.99 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 3.80 ต่อภาพ เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพของผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กชัดเจนยิ่งขึ้น เราได้ทำการสร้างกราฟ ROC Curve แสดงผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กเปรียบเทียบระหว่างความถูกต้องกับความผิดพลาดแบบบวกดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.29 และรูปที่ 4.30

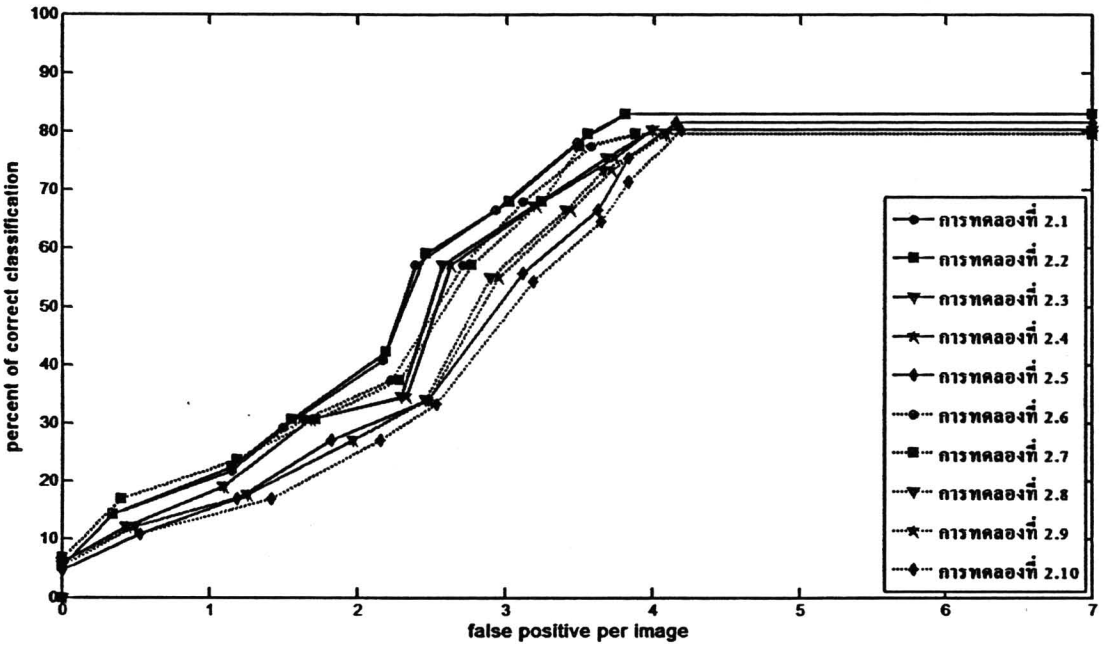
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์จากการทดลองที่ 2 ด้วยชุดข้อมูลทดสอบ

การทดลอง	โรงพยาบาลมหาราช 7 ภาพ		ฐานข้อมูล MIAS 55 ภาพ	
	ตรวจพบ (ร้อยละ)	ความผิดพลาดแบบบวก (ต่อภาพ)	ตรวจพบ (ร้อยละ)	ความผิดพลาดแบบบวก (ต่อภาพ)
การทดลองที่ 2.1	86.84	3.29	82.99	3.80
การทดลองที่ 2.2	86.84	3.29	82.99	3.80
การทดลองที่ 2.3	84.21	4.14	80.27	3.98
การทดลองที่ 2.4	84.21	4.14	80.27	3.98
การทดลองที่ 2.5	84.21	4.29	81.63	4.15
การทดลองที่ 2.6	81.58	3.43	79.59	3.87
การทดลองที่ 2.7	81.58	3.43	79.59	3.87
การทดลองที่ 2.8	81.58	4.29	79.59	4.07
การทดลองที่ 2.9	81.58	4.29	79.59	4.07
การทดลองที่ 2.10	81.58	4.29	80.27	4.18



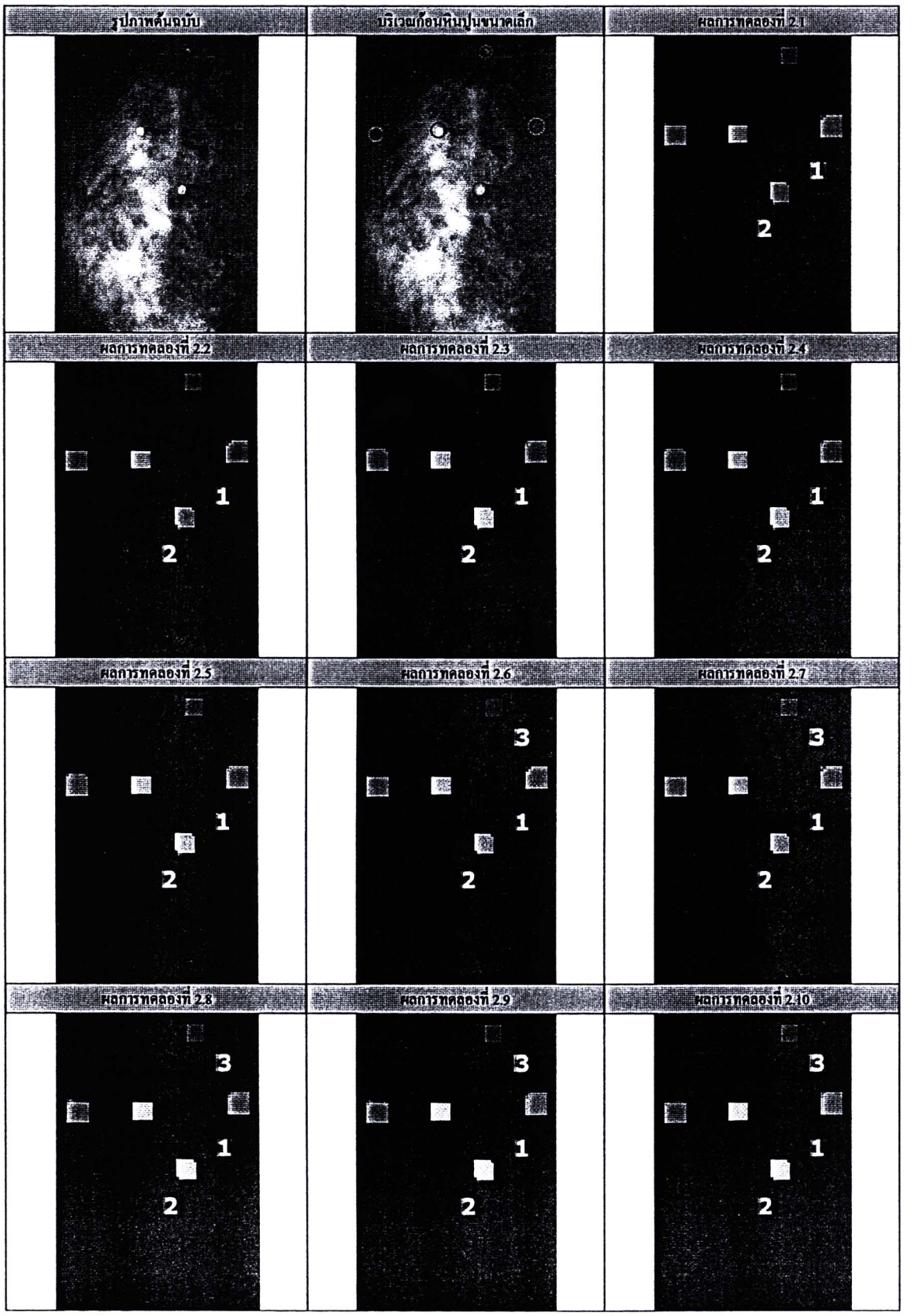
รูปที่ 4.29 ROC Curve ของโรงพยาบาลมหาราชในการทดลองที่ 2



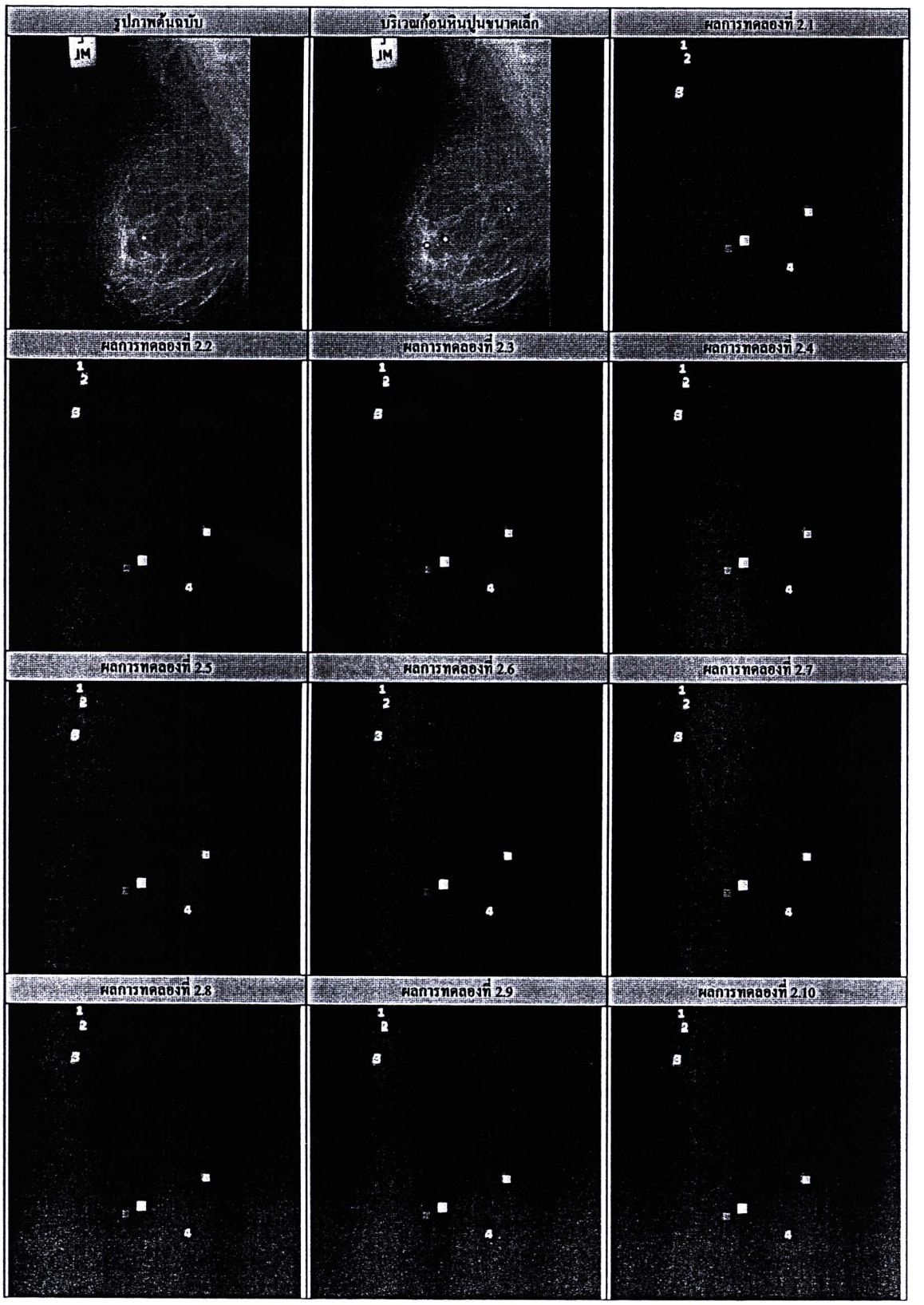
รูปที่ 4.30 ROC Curve ของฐานข้อมูล MIAS ในการทดลองที่ 2

ผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กในรูปที่ 4.31 แสดงถึงผลลัพธ์ภาพรังสีเต้านม (mhr1.bmp) ของชุดข้อมูลทดสอบจากโรงพยาบาลมหาราช จากการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็ก ซึ่งมีทั้งหมด 4 บริเวณฟังก์ชันสมาชิกทั้งหมด 10 การทดลงย่อย สามารถตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กได้ทั้งหมด แต่มีความแตกต่างกันตรงค่าความสว่างของบริเวณที่ตรวจจับได้ การใช้ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ให้ความสว่างของการเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กมากกว่าการใช้ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

การทดลองที่ 2.1 และการทดลองที่ 2.2 มีความสว่างและจำนวนบริเวณการตรวจจับรวมถึงจำนวนความผิดพลาดแบบบวกเท่ากัน แต่ยังมีความสว่างน้อยกว่าผลการทดลองที่ 2.3 และผลการทดลองที่ 2.4 ทั้งการทดลองที่ 2.1 ถึงการทดลองที่ 2.5 ให้จำนวนความผิดพลาดแบบบวกเท่ากันคือ 2 บริเวณ และบริเวณดังกว่าให้ค่าความสว่างน้อยพอสังเกตได้ เมื่อเทียบกับการทดลองที่ 2.6 ถึงการทดลองที่ 2.10 ที่ให้ความผิดพลาดแบบบวกถึง 3 บริเวณและความสว่างของบริเวณดังให้ความสว่างน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าความสามารถของการใช้ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทู สามารถให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าการใช้ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน

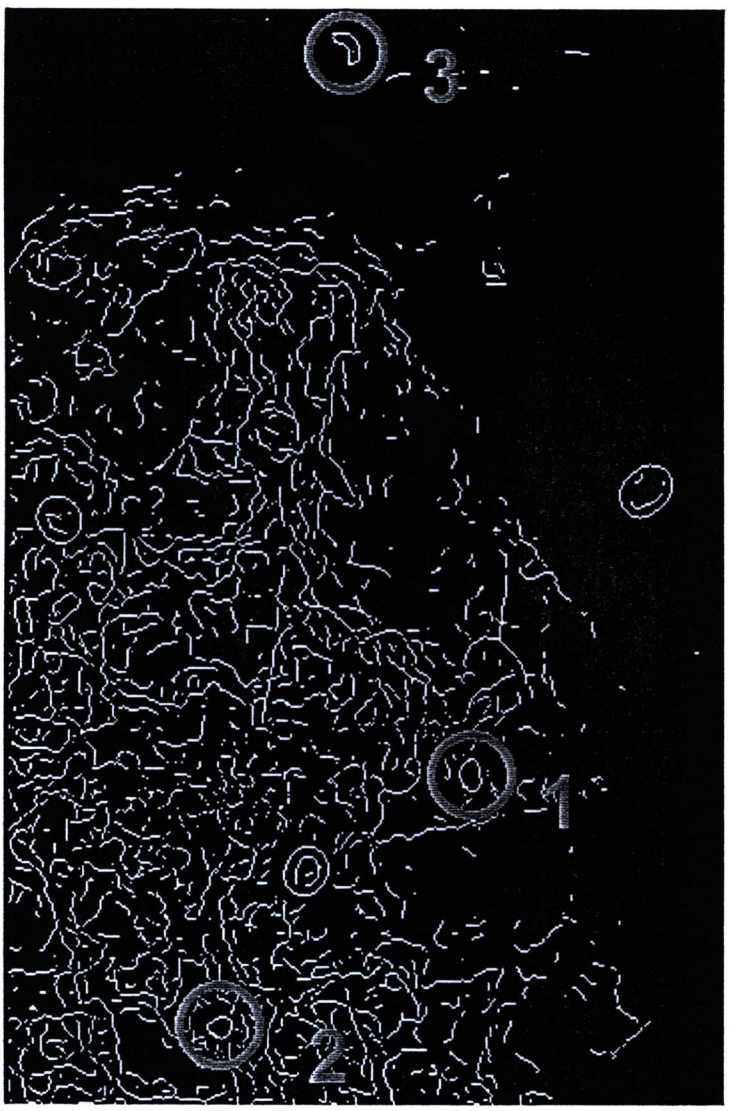


รูปที่ 4.31 ผลลัพธ์ภาพรังสีเต้านมของโรงพยาบาลมหาราช (mhr1.bmp) ในการทดลองที่ 2



รูปที่ 4.32 ผลลัพธ์ภาพรังสีเต้านมของฐานข้อมูล MIAS (mdb293.pgm) ในการทดลองที่ 2

สำหรับความผิดพลาดแบบบวกที่ตรวจพบจะแสดงด้วยตัวเลขตำแหน่งดังแสดงในรูปที่ 4.31 จะเห็นได้ว่าตำแหน่งบริเวณที่ 1 และบริเวณที่ 2 ถูกตรวจพบในทั้ง 10 การทดลองซึ่งทั้ง 2 บริเวณนี้ได้ปรากฏเป็นก้อนหินปูนหลังจากการตรวจหาขอบภาพทำให้ค่าคุณลักษณะเด่น B-Descriptor และคุณลักษณะเด่น D-Descriptor มีค่าบ่งบอกถึงการเป็นรูปทรงของก้อนหินปูนขนาดเล็กรูปที่ 4.33 แสดงผลการหาขอบภาพบริเวณที่เกิดความผิดพลาดแบบบวก



รูปที่ 4.33 ผลการหาขอบภาพบริเวณที่เกิดความผิดพลาดแบบบวกของรูป mhr1.bmp

ความผิดพลาดแบบบวกบริเวณที่ 3 จะเกิดขึ้นในการทดลองที่ 2.6 ถึงการทดลองที่ 2.10 ซึ่งเป็นการใช้ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน บริเวณที่ 3 นี้ปรากฏอยู่นอกบริเวณก้อนเนื้อเต้านมของภาพรังสี ในการหาค่าคุณลักษณะเด่น B-Descriptor และคุณลักษณะเด่น D-Descriptor มีค่าบ่งบอก

ถึงการเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กซึ่งค่าอยู่เขตของฟังก์ชัน "Low" ซึ่งทำให้มีโอกาสระบุเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก ซึ่งในการใช้ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูในการทดลองที่ 2.1 ถึงการทดลองที่ 2.5 ไม่ปรากฏเป็นความผิดพลาดแบบบวกซึ่งกล่าวได้ว่าฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูให้ความคลุมเครือมากกว่าการใช้ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน สำหรับการทดลองที่ 2.5 เป็นการใช้ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์วันจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ซึ่งก็ไม่ปรากฏความผิดพลาดแบบบวกในบริเวณที่ 3 เช่นกันสาเหตุมาจากค่าคุณลักษณะเด่นของค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในวัตถุมีค่าคือ 96 ซึ่งมีค่าน้อยอยู่ในค่าฟังก์ชัน "Low" เพียงฟังก์ชันเดียว ทำให้ไม่เกิดเป็นความผิดพลาดแบบบวก แต่การทดลองที่ 2.6 ถึงการทดลองที่ 2.10 อยู่ในค่าฟังก์ชัน "Low" และค่าฟังก์ชัน "Medium" จากผลการอนุมานฐานของกฎทำให้เกิดความผิดพลาดแบบบวก

สำหรับภาพรังสีเต้านมของฐานข้อมูล MIAS แสดงไว้ในรูปที่ 4.32 (mdb293.pgm) แสดงให้เห็นถึงผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กและบริเวณความผิดพลาดแบบบวก ซึ่งการทดลองที่ 2.1 ถึงการทดลองที่ 2.10 สามารถตรวจจับบริเวณก้อนหินปูนขนาดเล็กซึ่งมีทั้งหมด 3 บริเวณได้ทั้งหมด และพบจำนวนบริเวณความผิดพลาดแบบบวกเท่ากันทั้งหมดคือ 4 บริเวณ จากการทดลองผลลัพธ์ของการทดลองที่ 2.6 ถึงการทดลองที่ 2.10 บริเวณที่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กทางด้านซ้ายสุดของภาพ มีค่าความสว่างหรือค่าความเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กน้อยกว่าของการทดลองที่ 2.1 ถึงการทดลองที่ 2.5 และบริเวณก้อนหินปูนทั้งหมดของการใช้ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูให้ค่าความเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กมากกว่าการใช้ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วัน

บริเวณที่เป็นความผิดพลาดแบบบวกบริเวณที่ 1 ถึงบริเวณที่ 3 เป็นความผิดพลาดแบบบวกที่เกิดขึ้นนอกเขตบริเวณของภาพรังสีเต้านม ซึ่งบริเวณดังกล่าวมีตำแหน่งและรูปทรงที่มีลักษณะคล้ายกับก้อนหินปูนขนาดเล็ก ค่าจากการหาคุณลักษณะเด่น B-Descriptor และคุณลักษณะเด่น D-Descriptor มีค่าอยู่ในฟังก์ชัน "Low" ค่าคุณลักษณะเด่นค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในวัตถุอยู่ในฟังก์ชันและค่าคุณลักษณะเด่นค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุมีค่าอยู่ในฟังก์ชัน "Medium" ในทั้ง 10 การทดลอง จึงทำให้ผลการอนุมานระบุออกมาเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก แต่ผลลัพธ์ที่ได้ตรงบริเวณดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงความสว่างหรือค่าความเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กที่มีปริมาณน้อย (ค่าที่ได้คือ 0.312, 0.397, 0.553 และ 0.399 ของบริเวณความผิดพลาดแบบบวก 1 ถึง 4 ตามลำดับ) ซึ่งเป็นผลมาจากฟังก์ชันสมาชิกที่สร้าง

สำหรับความผิดพลาดแบบบวกในบริเวณที่ 4 ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ภายในก้อนเนื้อเต้านมของภาพรังสี จากการหาค่าคุณลักษณะเด่น B-Descriptor และคุณลักษณะเด่น D-Descriptor มีค่าบ่งบอกถึงการเป็นรูปทรงของก้อนหินปูนขนาดเล็กของทั้ง 10 การทดลองแต่จะแตกต่างกันที่ความสว่างที่ได้จากการทดลอง สังเกตความแตกต่างจะอยู่ที่คุณลักษะเด่นค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในวัตถุ

ได้ค่าคือ 107 ซึ่งทำให้อยู่ในช่วงของค่าฟังก์ชัน "Medium" และค่าฟังก์ชัน "High" ในการทดลองที่ใช้ฟังก์ชันจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ สำหรับฟังก์ชันจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนจะอยู่ในฟังชัน "Low" และฟังก์ชัน "Medium" ซึ่งผลจากการอนุมานฐานของกฎทำให้การใช้ฟังก์ชันจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์มีความสว่างบริเวณที่เป็นความผิดพลาดแบบบวกมีค่ามากกว่าการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีน ทั้งนี้เป็นผลจากการกำหนดจำนวนกลุ่มในการจัดกลุ่มข้อมูลตำแหน่งกลางของฟังก์ชันสมาชิกที่ได้จากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์จะมีตำแหน่งที่ใกล้กันหรืออาจจะเป็นตำแหน่งเดียวกัน จึงมีผลต่อการอนุมานฐานของกฎ ถ้าหากผนวกให้เป็นฟังก์ชันเดียวกันก็จะพิจารณาเป็นฟังก์ชัน "Low" ซึ่งจะทำให้ผลบริเวณความสว่างลดลงหรือลดความผิดพลาดแบบบวกลงได้

4.5 วิเคราะห์การทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2

จากผลการทดลองที่ 2 ระบบสามารถจำแนกก้อนหินปูนขนาดเล็กของชุดข้อมูลเรียนรู้ตามตารางที่ 4.6 ได้ร้อยละความถูกต้องสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 87.50 ซึ่งใช้ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูรูปแบบที่ 2 (การทดลองที่ 2.2) ผลความถูกต้องน้อยที่สุดของการทดลองอยู่ที่การใช้ฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์ (การทดลองที่ 2.6 และการทดลองที่ 2.7) ให้ความถูกต้องร้อยละ 84.38 แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กสามารถตรวจจับได้น้อยกว่าการทดลองที่ 1

ผลการทดลองโดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบแสดงในตารางที่ 4.7 การทดลองที่ 1.1 และการทดลองที่ 1.2 ให้ผลการตรวจจับสูงสุด สามารถตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กได้ร้อยละ 86.84 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 3.29 ต่อภาพของชุดข้อมูลโรงพยาบาลมหาราช และร้อยละ 82.99 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 3.80 ต่อภาพ มากกว่าการดทดลองที่ 2.3 และการทดลองที่ 2.4 สามารถตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กได้ร้อยละ 84.21 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 4.14 ต่อภาพของชุดข้อมูลโรงพยาบาลมหาราช และร้อยละ 80.27 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 3.98 ต่อภาพ ผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กน้อยที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 81.58 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 4.29 ต่อภาพของชุดข้อมูลโรงพยาบาลมหาราช และร้อยละ 79.59 ที่ความผิดพลาดแบบบวก 4.07 ต่อภาพ ในการทดลองนี้การใช้ฟังก์ชันสมาชิกจากการกำหนดเองให้ผลการตรวจจับได้ดีกว่า การใช้ฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

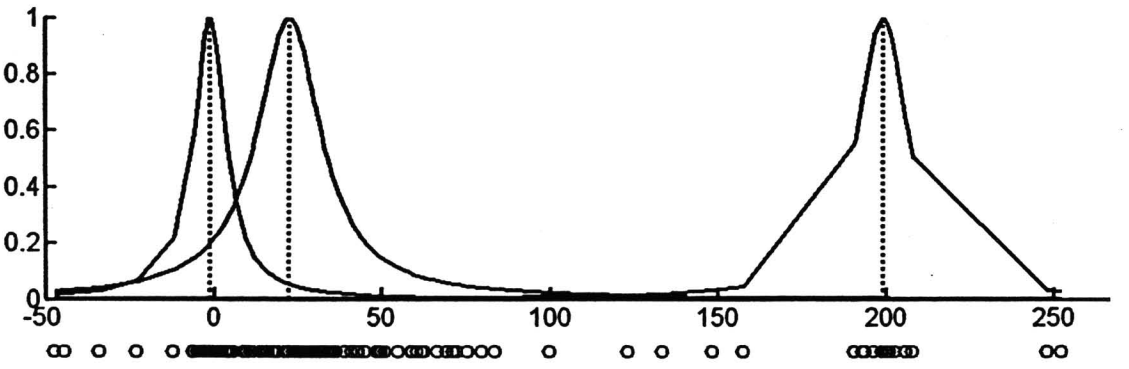
สำหรับผลการทดลองทั้ง 2 การทดลองสามารถวิเคราะห์ประเด็นความความแตกต่างรวมถึงประสิทธิภาพการสร้างฟังก์ชันสมาชิกออกเป็นหัวข้อดังนี้

4.5.1 วิธีการการจัดกลุ่ม

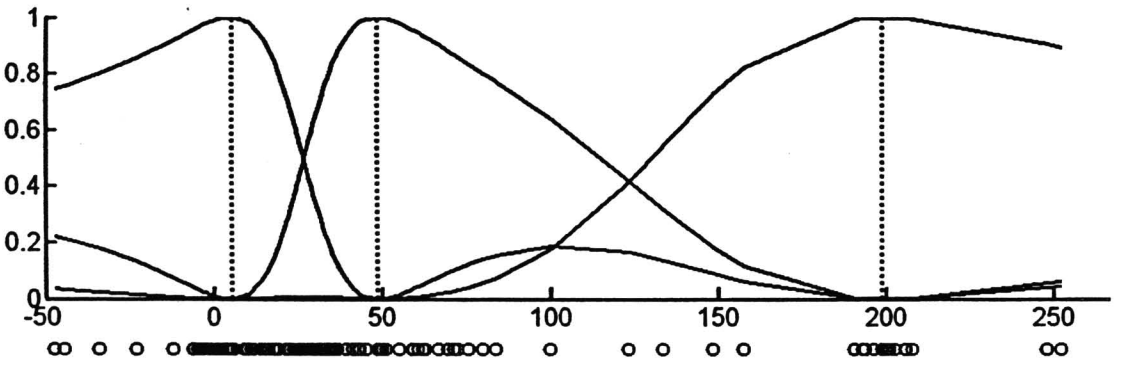
การสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูที่ได้จากการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์ ใช้จำแนกลักษณะความเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม โดยการทดลองทั้ง 2 การทดลอง แสดงให้เห็นประสิทธิภาพจากการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กจากการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ให้ความถูกต้องและให้ค่าความสว่างของตำแหน่งบริเวณที่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กสูงกว่า

เนื่องจากการจัดกลุ่มแบบพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ มีลักษณะเด่นคือสามารถกำจัดข้อมูลที่มีลักษณะเป็นข้อมูลรบกวนที่อยู่ห่างออกจากกลุ่ม ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลแต่ละกลุ่ม ถ้าค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลในกลุ่มใดมีค่ามากแสดงว่าอยู่ใกล้กลุ่มข้อมูลนั้น แต่ถ้าหากมีค่าความเป็นสมาชิกน้อยแสดงว่าข้อมูลอยู่ห่างจากกลุ่ม ตำแหน่งข้อมูลไกลจากกลุ่มค่าเท่าใดค่าความเป็นสมาชิกจะมีค่าเข้าใกล้ “0” และผลรวมของค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลในทุกๆ กลุ่ม เมื่อรวมกันแล้วจะมีค่าไม่จำเป็นจะต้องเท่ากับ “1” โดยคุณสมบัติดังกล่าวสามารถนำค่าความเป็นสมาชิกมาพิจารณาข้อมูลรบกวนได้ เพราะฉะนั้นตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มข้อมูลจากการจัดกลุ่มด้วยวิธีนี้จะได้ตำแหน่งที่อยู่ใกล้กลุ่มข้อมูลที่มีการกระจายตำแหน่งข้อมูลที่ใกล้กันมากที่สุด

จากรูปที่ 4.34 แสดงถึงตำแหน่งกลางที่ได้จากการจัดกลุ่ม สังเกตุได้ว่าการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ได้ตำแหน่งกลางของกลุ่มข้อมูลตรงที่การกระจายของข้อมูลใกล้กันมากที่สุด แต่สำหรับตำแหน่งกลางจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์ได้ตำแหน่งกลางที่ห่างออกจากการกระจายของกลุ่มข้อมูล เนื่องจากการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีซีมีนส์มีคุณลักษณะคือ ค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลในทุกๆ กลุ่มรวมกันจะต้องเท่ากับ “1” เสมอ สังเกตค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งกลางกลุ่มที่ 2 (กลุ่มข้อมูลตรงกลางในรูปที่ 4.34) มีค่ากลางอยู่ที่ประมาณ 48 มีค่าความเป็นสมาชิกคือ 1 ลดลงจนถึงตำแหน่งที่ประมาณ 198 มีค่าความเป็นสมาชิกต่ำสุดอยู่ที่ค่า 0.02 และจะมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงตำแหน่ง 250 มีค่าความเป็นสมาชิกคือ 0.0154 ทำให้ตำแหน่งข้อมูลที่อยู่ใกล้จากกลุ่มอาจจะมีค่าความเป็นสมาชิกน้อยกว่าค่าความเป็นสมาชิกของตำแหน่งข้อมูลที่อยู่ไกลจากกลุ่ม ดังนั้นการพิจารณาข้อมูลรบกวนจากค่าความเป็นสมาชิกอาจทำให้ผิดพลาดได้ รวมถึงตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มมีตำแหน่งที่ห่างออกจากการกระจายตำแหน่งข้อมูลที่ใกล้กันแตกต่างจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ (ค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลในทุกๆ กลุ่มรวมกันไม่จำเป็นจะต้องเท่ากับ “1”)



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.34 ตำแหน่งกลางของการจัดกลุ่ม (ก) จัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์
(ข) จัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

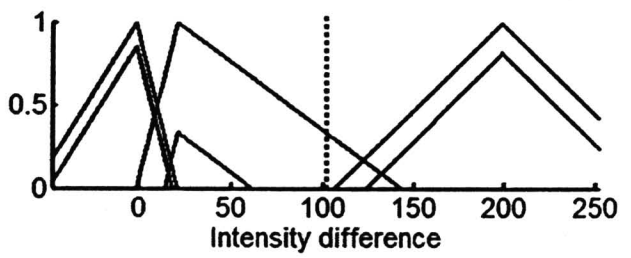
4.5.2 การล้ำเลื่อมของแต่ละฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา

การสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มข้อมูลโดยพิจารณาจากค่าความเป็นสมาชิกในหัวข้อที่ 4.5.1 ผลจากการสร้างฟังก์ชันสมาชิกที่ได้ในหนึ่งกลุ่มจะแทนด้วยหนึ่งฟังก์ชันสมาชิกเรียกว่าตัวแปรทางภาษา ซึ่งเห็นได้ว่าฟังก์ชันสมาชิกแต่ละฟังก์ชันจะเกิดการล้ำเลื่อมกัน บริเวณจากการล้ำเลื่อมจากการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจะไม่เกินร้อยละ 50 ผลจากการล้ำเลื่อมของฟังก์ชันสมาชิกที่จัดกลุ่มข้อมูลด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ น้อยกว่าฟังก์ชันสมาชิกที่จัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีซีมีนส์ ทำให้เมื่อนำไปใช้ในการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็ก ผลการทดลองทั้ง 2 ผลลัพธ์ของฟังก์ชันสมาชิกที่จัดกลุ่มข้อมูลด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ให้ความถูกต้องและความผิดพลาดแบบบวกน้อยกว่าฟังก์ชันสมาชิกที่จัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟัซซีซีมีนส์

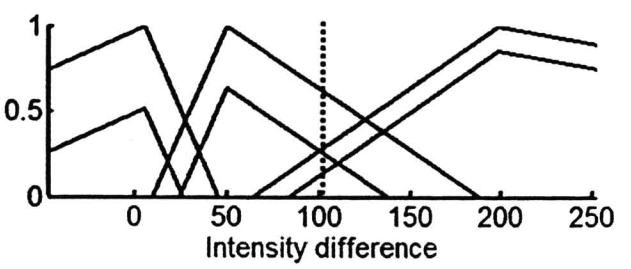
การล้ำเลื่อมของฟังก์ชันสมาชิกเกิดจากการพิจารณาค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูลในแต่ละกลุ่มหรือค่าที่ใช้พิจารณาเป็นตำแหน่งข้อมูลรบกวน ซึ่งถ้าหากเลือกค่าความเป็นสมาชิกมากบริเวณที่เกิดการล้ำเลื่อมกันก็จะน้อย ในทางกลับกันหากเลือกค่าความเป็นสมาชิกค่าน้อยบริเวณการล้ำเลื่อมกันก็จะมาก ในการทดลองทั้ง 2 ได้เลือกค่าในการพิจารณาค่า 0.01 ซึ่งให้ผลการตรวจจับก้อน

หินปูนขนาดเล็กมีประสิทธิภาพมากที่สุด ค่าความถูกต้องของบริเวณก้อนหินปูนขนาดเล็กรวมถึงตำแหน่งความผิดพลาดแบบบวก บางตำแหน่งเกิดจากผลจากการล้ำเลื่อมกันของฟังก์ชันสมาชิกจากการสังเกต การสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ให้บริเวณที่ล้ำเลื่อมกันของฟังก์ชันน้อยกว่าการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์

สาเหตุสำคัญที่การล้ำเลื่อมของฟังก์ชันสมาชิกทำให้ค่าความสว่างที่ได้นั้นแตกต่างกัน ผลมาจากการอนุมานโดยใช้ฐานของกฎในระบบฟัซซีลอจิก การจากการสร้างฟังก์สมาชิก ตัวอย่างเช่น ความผิดพลาดแบบบวกบริเวณที่ 3 ที่ปรากฏในรูปที่ 4.15 ฟังก์ชันสมาชิกของคุณลักษณะเด่นค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุของการทดลองที่ 1.1 (รูปที่ 4.3) และการทดลองที่ 1.3 (รูปที่ 4.5) ซึ่งสร้างจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์และจากการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์ตามลำดับ นำข้อมูลมาทดสอบค่าคุณลักษณะเด่นนี้มีค่าเป็น 102 ซึ่งเมื่อพิจารณาฐานของกฎตามตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า การทดลองที่ 1.1 จะมีผลจากกฎที่ 5 และกฎที่ 8 เท่านั้นทำให้ค่าผลลัพธ์ที่ออกมาเป็นความสว่างอยู่ที่ประมาณ “Medium” แต่สำหรับการทดลองที่ 1.3 ผลจากการล้ำเลื่อมของฟังก์ชันสมาชิกทำให้มีผลกระทบต่อกฎที่ 5, 6, 8, และกฎที่ 9 ทำให้เอ้าท์พุทที่ได้ออกมาเป็นความสว่างอยู่ที่ช่วง “Medium” ถึง “High” ซึ่งโอกาสผลของข้อมูลทดสอบตำแหน่งนี้มีโอกาสเกิดเป็นตำแหน่งผิดพลาดแบบบวกได้ รูปที่ 4.35 แสดงค่าความเป็นสมาชิกของคุณลักคุณลักษณะเด่นความความแตกต่างระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุ



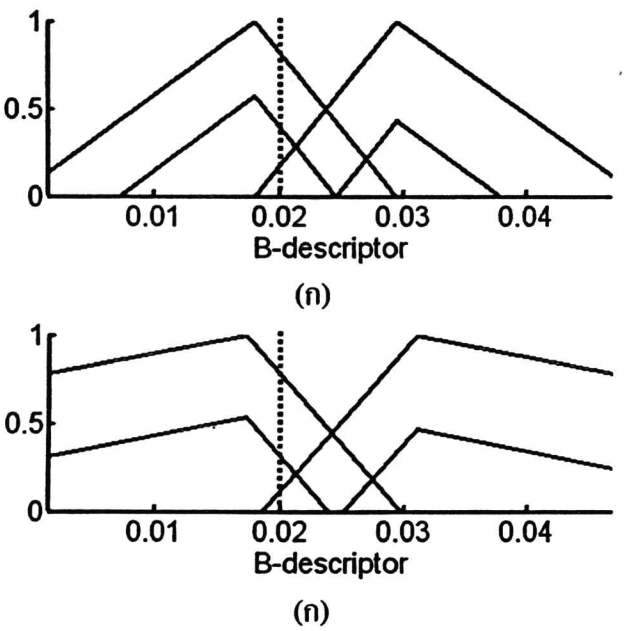
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.35 ฟังก์ชันสมาชิกคุณลักษณะเด่นความความแตกต่างระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุ (ก) การทดลองที่ 1.1 และ (ข) การทดลองที่ 1.3

สำหรับตำแหน่งกลางของกลุ่มข้อมูลจะแทนด้วยความความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันคือค่า "1" ตำแหน่งกลางจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ ให้ค่าความเป็นสมาชิกมากกว่าตำแหน่งกลางของการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมีนส์ เพราะตำแหน่งกลางของกลุ่มข้อมูลจะอยู่ใกล้ตำแหน่งข้อมูลที่เกาะกลุ่มกันมาที่สุดตัวอย่างเช่น พิจารณาคุณลักษณะเด่นค่า B-Descriptor จากการทดลองที่ 1.1 (รูปที่ 4.3) และการทดลองที่ 1.3 (รูปที่ 4.5) ถ้าค่าของภาพทดสอบในคุณลักษณะเด่นนี้มีค่าเท่ากับ 0.02 จะเห็นได้ว่าค่าความเป็นสมาชิกของการทดลองที่ 1.1 จะให้ค่าความเป็นสมาชิกมากกว่าการทดลองที่ 1.3 ทำให้ผลการตรวจจับออกมาเป็นตำแหน่งบริเวณที่เป็นก้อนสว่างแตกต่างกันอย่างชัดเจน



รูปที่ 4.36 ฟังก์ชันสมาชิกคุณลักษณะเด่น B-Descriptor
(ก) การทดลองที่ 1.1 และ (ข) การทดลองที่ 1.3

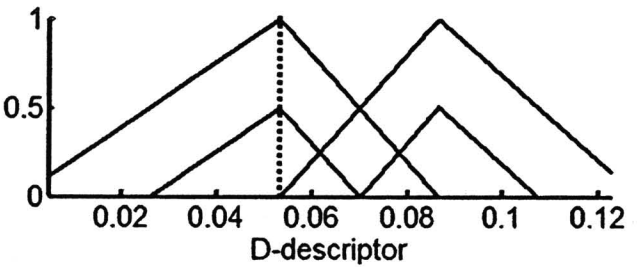
4.5.3 รูปแบบการจัดกลุ่มของคุณลักษณะเด่น

การสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มข้อมูลในงานวิจัยนี้ได้ทดลองรูปแบบการจัดกลุ่มเป็น 2 ลักษณะคือ การจัดกลุ่มในการทดลองที่ 1 จะทำการจัดกลุ่มทีละคุณลักษณะเด่นรายละเอียดกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.2 และการจัดกลุ่มข้อมูลในการทดลองที่ 2 จะทำการจัดกลุ่ม พร้อมกันของคุณลักษณะเด่นทั้งหมดรายละเอียดกล่าวในหัวข้อที่ 4.3

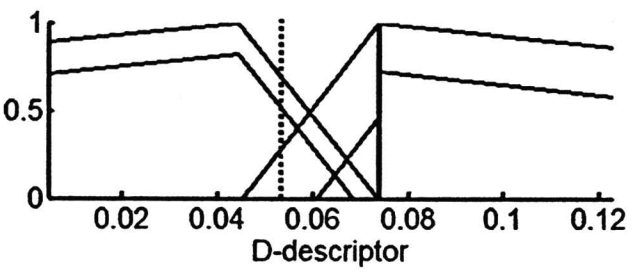
จากผลการทดลองทั้ง 2 การทดลองสามารถตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กได้แตกต่างกัน ความถูกต้องของการทดลองที่ 1 ให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเนื่องจากการทดลองที่ 1 เป็น

การสร้างฟังก์ชันสมาชิกโดยการพิจาณาจากข้อมูลของคุณลักษณะเด่นแยกกัน ตำแหน่งกลางของการจัดกลุ่มข้อมูลจะได้ตรงการกระจายข้อมูลที่ใกล้กันมากที่สุด ซึ่งเหมาะสมกับฟังก์ชันตัวแปรทางภาษาสามารถนำไปใช้ในกระบวนการอนุมานด้วยฐานของกฎของระบบฟัซซีลอจิกได้สอดคล้องมากที่สุด แต่สำหรับการทดลองที่ 2 สังเกตได้ว่าหลังจากการจัดกลุ่มข้อมูลแล้ว นำมาสร้างฟังก์ชันสมาชิกโดยนำค่าตำแหน่งกลางมาพิจารณาทีละคุณลักษณะเด่น ลักษณะแบบนี้ทำให้ตำแหน่งกลางของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษามีโอกาสเกิดใกล้กันหรืออาจเป็นตำแหน่งเดียวกัน

ตำแหน่งกลางจากการทดลองที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการจัดกลุ่มด้วยพอสซิบิลิสติกซีมีนส์ตำแหน่งกลางที่ได้จากการพิจารณาทีละคุณลักษณะเด่น ฟังก์ชันสมาชิกที่ได้มีตำแหน่งที่ใกล้กันดังแสดงรูปในการทดลองที่ 2.1 (รูปที่ 4.19) แต่ยังให้ผลการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กได้ประสิทธิภาพมากกว่าการจัดกลุ่มด้วยฟัซซีซีมันส์ เนื่องจากฟังก์ชันสมาชิกที่มีตำแหน่งกลางใกล้กันเป็นตำแหน่งของชุดข้อมูลที่มีลักษณะเดียวกัน เช่นฟังก์ชันสมาชิกของคุณลักษณะเด่น D-Descriptor ในรูปที่ 4.19 ฟังก์ชันสมาชิก “Medium” และฟังก์ชันสมาชิก “High” มีตำแหน่งกลางที่ใกล้กัน แต่ขอบเขตของทั้ง 2 ฟังก์ชันนี้ครอบคลุมบริเวณค่าคุณลักษณะเด่นที่แตกต่างกันคือฟังก์ชัน “Medium” ครอบคลุมบริเวณตำแหน่งที่เป็นของก้อนหินปูนขนาดเล็ก และฟังก์ชัน “High” ครอบคลุมตำแหน่งบริเวณที่ไม่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก ดังนั้นฐานของกฎเราจำเป็นต้องพิจารณาฟังก์ชันสมาชิกที่ครอบคลุมบริเวณที่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กเท่านั้นคือฟังก์ชัน “Low” กับฟังก์ชัน “Medium” ปัญหาจึงเกิดความผิดพลาดขึ้นตรงบริเวณตำแหน่งกลางที่ใกล้กันของฟังก์ชันสมาชิกทั้ง 2 ดังกล่าว การพิจารณาสร้างฐานของกฎก็ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ กรณีนี้ถ้าหากค่าของคุณลักษณะเด่นมีค่าเป็น 0.055 ซึ่งเป็นตำแหน่งค่าของก้อนหินปูนขนาดเล็กค่าความเป็นสมาชิกที่ได้จากการทดลองที่ 2.1 จะได้ค่าสูงสุดที่ฟังก์ชัน “Low” แต่ในการทดลองที่ 1.1 (รูปที่ 4.3) ให้ค่าสูงสุดที่ฟังก์ชันสมาชิก “Low” เหมือนกันแต่ค่าความเป็นสมาชิกในการทดลองที่ 1 จะให้ค่าที่สูงกว่า ทำให้บริเวณความสว่างของก้อนหินปูนขนาดเล็กของการทดลองที่ 1 มีความสว่างมากกว่าจำนวนการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กมีค่ามากกว่าการทดลองที่ 2 (แสดงในรูปที่ 4.37) ซึ่งสามารถแก้ปัญหาโดยทำให้ฟังก์ชันสมาชิกทั้ง 2 ที่ใกล้กันรวมเป็นฟังก์ชันสมาชิกเดียวกันได้ ซึ่งจะได้ผลการตรวจจับที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า และสามารถลดจำนวนฐานของกฎในระบบอนุมานได้



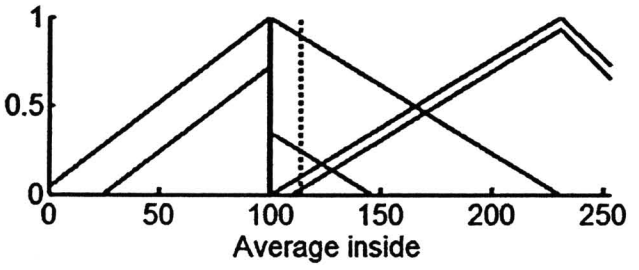
(ก)



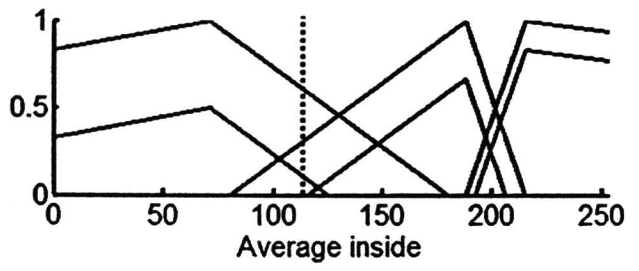
(ข)

รูปที่ 4.37 ฟังก์ชันสมาชิกคุณลักษณะเด่น D-Descriptor
(ก) การทดลองที่ 1.1 และ (ข) การทดลองที่ 2.1

ฟังก์ชันสมาชิกจากการทดลองที่ 2.3 (รูปที่ 4.21) สังเกตได้ว่าตำแหน่งกลางของกลุ่มที่พิจารณาแต่ละคุณลักษณะเด่นรูปแบบเดียว ตำแหน่งกลางที่ได้นั้นอยู่ห่างกันแตกต่างจากการทดลองที่ 2.1 ค่าของคุณลักษณะเด่นค่าเฉลี่ยภายในวัตถุที่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กจะอยู่ที่ช่วงครอบคลุมตำแหน่งก้อนหินปูนขนาดเล็กจะอยู่ที่ 80 ถึง 140 ฟังก์ชันสมาชิกในการทดลองนี้จะครอบคลุมตำแหน่งของก้อนหินปูนขนาดเล็กได้น้อยกว่าการทดลองที่ 2.1 ดังนั้นการทดลองโดยการจัดกลุ่มพร้อมกันของทุกลักษณะเด่นมีโอกาสทำให้ฟังก์ชันสมาชิกที่ได้ไม่สามารถครอบคลุมบริเวณตำแหน่งข้อมูลที่สำคัญได้ทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 4.38



(ก)

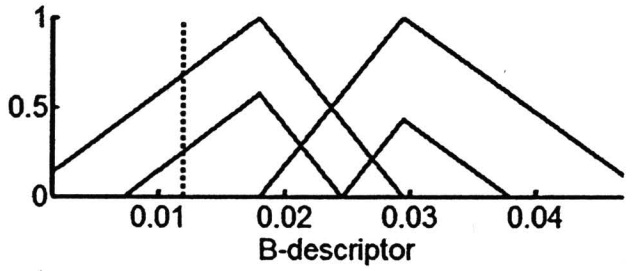


(ข)

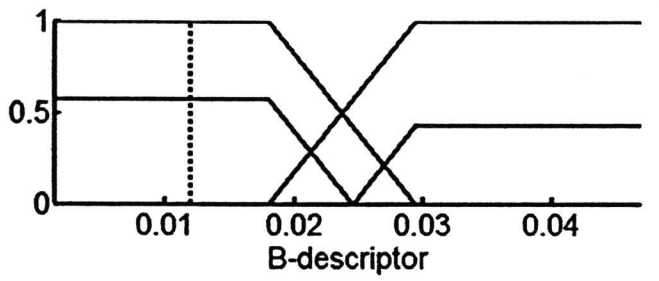
รูปที่ 4.38 ฟังก์ชันสมาชิกคุณลักษณะเด่นค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในวัตถุ
(ก) การทดลองที่ 2.1 และ (ข) การทดลองที่ 2.3

4.5.4 รูปแบบขอบเขตทางด้านซ้ายและด้านขวา

จากการทดลองทั้ง 2 การทดลองได้มีการปรับขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวาของฟังก์ชันสมาชิกด้านซ้ายสุดและฟังก์ชันสมาชิกทางด้านขวาสุด ให้มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับ "1" (รูปแบบที่ 2 ของการทดลอง) ซึ่งผลทำให้การตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นสังเกตได้จากผลการทดลองทั้ง 2 เนื่องจากบริเวณดังกล่าวที่ปรับค่าความเป็นสมาชิกนั้นสามารถครอบคลุมตำแหน่งข้อมูลของกลุ่มนั้นได้ทั้งหมดและ ฟังก์ชันสมาชิกทั้งด้านซ้ายสุดและฟังก์ชันสมาชิกทางด้านขวาสุดไม่มีกลุ่มใดที่ต้องเกิดการล้ำเลื่อมกันการปรับค่าความเป็นสมาชิกจึงให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า รวมถึงค่าความสว่างบริเวณก้อนหินปูนขนาดเล็กที่ได้จากระบบฟัซซีลอจิกมีความสว่างที่เห็นได้ชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 4.39



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.39 ฟังก์ชันสมาชิกคุณลักษณะเด่น B-Descriptor
(ก) การทดลองที่ 2.1 และ (ข) การทดลองที่ 2.3

4.5.5 ระบบอินเทอวัลไทป์ทูฟัซซี และระบบไทป์วันฟัซซี

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของระบบอินเทอวัลไทป์ทูฟัซซีลอจิก ให้ความคลุมเครือของชุดข้อมูลได้ดีกว่าฟังก์ชันสมาชิกของระบบไทป์วันฟัซซีลอจิก เนื่องจากฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูมีค่าความเป็นสมาชิกออกมาเป็นช่วงของความคลุมเครือของฟังก์ชันขอบเขตบนและฟังก์ชันขอบเขตล่าง แตกต่างจากฟังก์ชันสมาชิกของไทป์วันค่าความเป็นสมาชิกของความคลุมเครือที่ได้จะออกมาเพียงค่าเดียว ดังนั้นผลการทดลองประสิทธิภาพของระบบอินเทอวัลไทป์ทูจึงสูงกว่าระบบไทป์วันฟัซซีลอจิก ประสิทธิภาพของฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอวัลไทป์ทูขึ้นอยู่กับการออกแบบให้ครอบคุลมบริเวณตำแหน่งข้อมูลได้ทั้งหมด โดยพิจารณาที่ฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบนและฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง

4.6 สรุปผลการทดลอง

สำหรับงานวิจัยนี้จะเป็นการสร้างฟังก์ชันสมาชิกอัตโนมัติจากการจัดกลุ่มชุดข้อมูล ฟังก์ชันสมาชิกเป็นส่วนหนึ่งของระบบฟัซซีลอจิกและนำมาใช้กับงานจำแนกข้อมูลโดยพิจารณาจากค่าคริสป์ที่ได้จากระบบ การสร้างฟังก์ชันสมาชิกในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็นการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 ซึ่งแตกต่างกันในรูปแบบการจัดกลุ่มข้อมูล และการทดลองทั้งสองสามารถนำไปใช้

กับการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม ซึ่งผลลัพธ์ความถูกต้องและความผิดพลาดแบบบวกที่ได้จะแตกต่างกันออกไปตามรูปแบบ และวิธีการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของการทดลองย่อย ประสิทธิภาพของการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านมของการทดลองที่ 1 ให้ความถูกต้องมากกว่าการทดลองที่ 2 โดยสาเหตุเกิดจากการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มที่มีลักษณะแตกต่างกัน การทดลองที่ 1 เป็นการสร้างฟังก์ชันสมาชิกทีละคุณลักษณะเด่น ซึ่งทำให้สอดคล้องต่อการนำมาใช้ในการอนุมานฐานกฎ แตกต่างจากการทดลองที่ 2 ที่ทำการสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มพร้อมกันทั้งหมดของคุณลักษณะเด่น หลังจากการจัดกลุ่มต้องทำการพิจารณาหาขอบเขตของฟังก์ชันเพื่อนำไปเป็นฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่น การสร้างฟังก์ชันสมาชิกตามวิธีการในการทดลองที่ 2 อาจทำให้เกิดตำแหน่งของฟังก์ชันตัวแปรทางภาษามีตำแหน่งใกล้กันหรืออาจเป็นตำแหน่งเดียวกัน ทำให้ต้องมีการพิจาณาผนวกเป็นฟังก์ชันเดียวกัน การพิจารณาอนุมานฐานกฎจึงไม่สอดคล้องกับการกระจายของตำแหน่งข้อมูล ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้ผลการทดลองที่ 2 มีประสิทธิภาพในการตรวจจับก้อนหินปูนลดลง และจากการทดลองทั้ง 2 การทดลองกล่าวได้ว่าการสร้างฟังก์ชันสมาชิกโดยพิจารณาฟังก์ชันทีละคุณลักษณะเด่นหรือการจัดกลุ่มที่ละคุณลักษณะเด่น ให้ผลลัพธ์การตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กได้ดีกว่า การสร้างฟังก์ชันสมาชิกจากการจัดกลุ่มพร้อมกันทั้งหมดของคุณลักษณะเด่น