

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการที่นำเสนอ

การสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ฟูในงานวิจัยนี้จะเป็นการสร้างจากชุดข้อมูลเรียนรู้ (Data Training) และนำไปใช้ในงานจำแนกข้อมูล (Classification Data) ด้วยระบบอินเทอร์วัลไทป์ฟูฟuzzyลอจิก ซึ่งการนำไปประยุกต์สำหรับงานวิจัยนี้คือ การตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม เป็นการจำแนกบริเวณตำแหน่งในภาพรังสีเต้านม โดยผลลัพธ์จะแสดงออกมาเป็นความสว่างบริเวณที่มีความเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก

ในขั้นตอนและวิธีที่นำเสนอประกอบไปด้วย การเตรียมภาพ การแยกคุณลักษณะเด่น การสร้างฟังก์ชันสมาชิก และขั้นตอนการตรวจจับก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การเตรียมภาพ (Image Pre-processing)

สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ภาพรังสีเต้านม ที่มีลักษณะเป็นระดับสีเทา (Gray Level) 256 ระดับ รูปแบบบิตแมป (Bitmap) ความละเอียดของภาพตั้งแต่ 300 จุดต่อนิ้วขึ้นไป ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการจัดเตรียมภาพเพื่อทำการประมวลผลภาพขั้นต้นก่อนที่จะนำไปเข้ากระบวนการแยกคุณลักษณะเด่น โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 การหาขอบภาพ (Edge Detection)

เพื่อที่จะแยกคุณลักษณะเด่นของภาพรังสีเต้านมที่ปรากฏก้อนหินปูนขนาดเล็ก การหาขอบภาพจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญ เพราะก้อนหินปูนขนาดเล็กจะมีขนาด สีและรูปร่าง จึงต้องใช้กระบวนการที่เปลี่ยนแปลงจากการหาขอบโดยทั่วไป ดังนี้

1) กรองภาพแบบค่ามัธยฐาน (Median Filter) [41, 42]

เป้าหมายของลักษณะการกรองภาพด้วยค่ามัธยฐาน คือลดข้อมูลรบกวน (Noise) ที่ปรากฏในภาพ เช่น จุดสีขาว หรือจุดสีดำที่เกิดจากการสแกนภาพ หรือข้อมูลรบกวนที่ติดมากับภาพต้นฉบับ วิธีการกรองภาพแบบค่ามัธยฐานจะเป็นการแทนจุดภาพที่ตำแหน่งที่ต้องการด้วยการนำจุดตำแหน่งบริเวณที่ใกล้เคียงมาเรียงลำดับแล้วหาค่ากลาง ลักษณะดังกล่าวเขียนเป็นสมการดังนี้

$$f(x,y) = \underset{(s,t) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(s,t)\} \quad (3.1)$$

โดยที่ $g(s,t)$ คือ ตำแหน่งภาพต้นฉบับที่นำมาหาค่ามัธยฐาน S_{xy} คือจุดภาพบริเวณที่ใกล้เคียงกับตำแหน่ง x และตำแหน่ง y

2) กรองภาพแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filter) [41, 42]

การกรองภาพด้วยวิธีเกาส์เซียนจะมีข้อดีคือ ทำให้ข้อมูลรบกวนที่อยู่ในภาพลดลง และยังทำให้ลักษณะภาพมีความคมชัดเพิ่มขึ้น (ลักษณะก้อนหินปูนขนาดเล็กมีความสว่างเพิ่มขึ้น) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับหน้าต่างที่เลือกเพื่อที่นำไปคอนโวลูชัน (Convolution) กับภาพแสดงได้ในสมการที่ (3.2)

$$S[i,j] = G[i,j;\sigma] * I[i,j] \quad (3.2)$$

โดยที่ $G[i,j;\sigma]$ คือ ตัวกรองแบบเกาส์เซียนดังในสมการที่ (3.3)

$$G[i,j] = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{i^2+j^2}{2\sigma^2}}, \quad (3.3)$$

σ คือ ค่าการกระจายของเกาส์เซียน (Spread of the Gaussian)

$I[i,j]$ คือ ภาพต้นฉบับ

3) การหาเกรเดียนต์โดยหน้าต่างโซเบล (Sobel Window) [41, 42]

สำหรับขั้นตอนนี้จะทำการหาเกรเดียนต์ หรือการหาค่าการเปลี่ยนแปลงของจุดภาพโดยใช้หน้าต่างโซเบลที่มีลักษณะดังรูปที่ 3.1

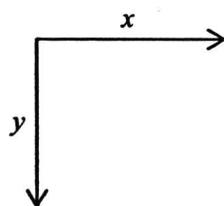
ในงานวิจัยนี้จะทำการหาค่าเกรเดียนต์ของจุด 2 แกนคือ การเปลี่ยนแปลงทางแกน x และการเปลี่ยนแปลงทางแกน y ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$G_y = (x_7 + 2x_6 + x_5) - (x_1 + 2x_2 + x_3) \quad (3.4)$$

$$G_x = (x_3 + 2x_6 + x_9) - (x_1 + 2x_4 + x_7) \quad (3.5)$$

จากสมการการเปลี่ยนแปลงทั้ง 2 แกนขั้นต้นสามารถนำมาหาขนาดทั้งในแกน x และแกน y ดังสมการที่ (3.6)

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (3.6)$$



(ก)

X_1	X_2	X_3
X_4	X_5	X_6
X_7	X_8	X_9

(ข)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(ค)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(ง)

รูปที่ 3.1 หน้าต่างไจเบล (ก) ทิศทางแกน x และทิศทางแกน y (ข) ตำแหน่งของหน้าต่างไจเบล (ค) ค่าประจำตำแหน่งแนวตั้งหรือ G_y (ง) ค่าประจำตำแหน่งแนวนอนหรือ G_x

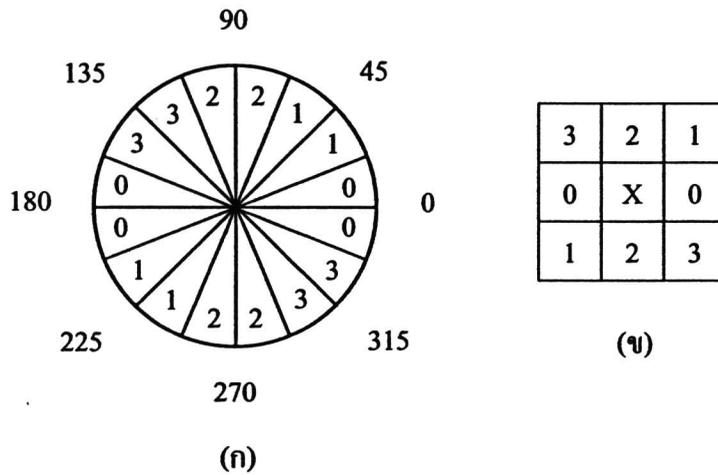
ขั้นตอนสุดท้ายคือการหาทิศทางของเกรเดียนต์สามารถทำได้ดังแสดงในสมการที่ (3.7)

$$\theta[i, j] = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \quad (3.7)$$

4) การกำจัดจุดที่ไม่ใช่ขอบภาพ (Nonmaxima Suppression)

ขอบภาพที่ต้องการจากงานวิจัยนี้คือ ขอบภาพที่มีลักษณะบาง (Thinning) โดยวิธีการกำจัดจุดภาพที่ไม่ใช่ขอบภาพ พิจารณาจากจุดภาพที่มีขนาดสูงสุดและมีทิศทางเดียวกันกับเกรเดียนต์ กระบวนการกำจัดจะเริ่มจากใช้หน้าต่างขนาด 3×3 ตรงกลางหน้าต่างแทนแทนจุดภาพที่ต้องการพิจารณา ตำแหน่งที่เหลือให้แทนด้วยทิศทาง 4 ทิศทางด้วยค่า 0, 1, 2 และ 3 ตามลำดับ การแทนค่าทิศทางดังกล่าวแสดงได้ดังรูปที่ 3.2

การพิจารณาจะทำการเลือกค่าทิศทางของเกรเดียนต์ที่จุดตรงกลาง เปรียบกับเทียบทิศทางทั้ง 4 ทิศทาง ถ้าหากเกรเดียนต์ของจุดกลางของหน้าต่างค่ามากกว่าทั้งสองค่าที่อยู่ในทิศทางที่พิจารณาให้คงค่าเดิมไว้ แต่ถ้าน้อยกว่าค่าใดค่าหนึ่งในสองทิศทางที่พิจารณาให้ปรับค่าจุดตรงกลางนี้เป็นค่า 0 วิธีนี้จะทำให้จุดภาพที่เป็นข้อมูลรบกวนหรือจุดที่ไม่ใช่ขอบภาพจะถูกกำจัดออกไป



รูปที่ 3.2 ทิศทางเกรเดียนต์ (ก) เส้นแบ่งทิศทางเกรเดียนต์ (ข) ค่าทิศทางของหน้าต่างเกรเดียนต์

5) การแบ่งภาพโดยค่าขีดแบ่ง

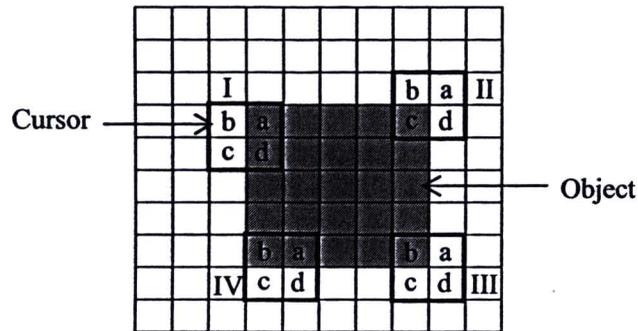
กระบวนการนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะได้ขอบภาพ โดยทำการเลือกค่าขีดแบ่ง 2 ค่า (Double Threshold) ได้แก่ T_1 คือค่าขีดแบ่งค่ามาก และ T_2 คือค่าขีดแบ่งค่าน้อย การพิจารณาจุดภาพที่เป็นขอบภาพเปรียบเทียบโดยค่าจุดภาพ ถ้าหากจุดภาพมีค่ามากกว่า T_1 ให้จุดนั้นเป็นค่า 1 คือเป็นขอบภาพ แต่ถ้าน้อยกว่าค่า T_2 ให้มีค่าเป็น 0 คือไม่ใช่ขอบภาพ นอกจากนั้นที่เหลือค่าจุดภาพจะอยู่ระหว่างค่า T_1 และ T_2 ให้พิจารณาจากจุดข้างเคียงว่ามีค่ามากกว่า T_1 หรือไม่ ถ้ามีก็ถือว่าเป็นขอบภาพเช่นกัน แต่ถ้าไม่มีก็ถือว่าเป็นขอบภาพ

3.1.2 การติดตามขอบภาพ (Image Boundary Following) [43]

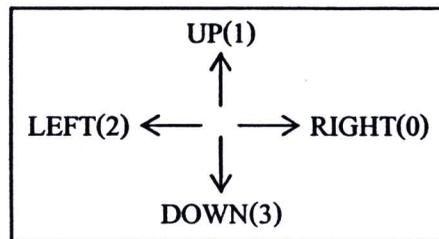
การติดตามขอบภาพจะทำเพื่อเก็บค่าตำแหน่งของขอบภาพ ค่าที่ได้จะเป็นชุดของพิกัดตำแหน่งขอบภาพ เพื่อที่จะนำไปหาคุณลักษณะเด่น ซึ่งภาพที่นำมาทำการติดตามนั้นจะต้องเป็นภาพแบบไบนารี (Binary Image) เท่านั้น โดยมีกระบวนการดังนี้

1) ค่าตำแหน่งการติดตามและรหัสทิศทาง (Cursor and Direction Code)

ตำแหน่งการติดตามจะแทนด้วยหน้าต่างขนาด 2x2 นำไปวางทับกับภาพที่ต้องการติดตามขอบภาพ เพื่อคำนวณหาค่าการติดตามตำแหน่งปัจจุบัน รูปที่ 3.3 แสดงถึงหน้าต่างและค่าทิศทางของหน้าต่าง



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3.3 ค่าตำแหน่งการติดตามและรหัสทิศทาง (ก) ตัวอย่างหน้าต่างตำแหน่งปัจจุบัน
(ข) ค่าและทิศทางในการเลื่อนตำแหน่ง (ค) หน้าต่างแทนตำแหน่งขนาด 2x2

จากรูปที่ 3.3 (ค) สามารถแทนค่าน้ำหนักของแต่ละช่องในหน้าต่าง ได้คือ a, b, c และ d เท่ากับค่า 1, 2, 4 และ 8 ตามลำดับ สำหรับการหาค่าตำแหน่งเรียกแทนด้วยรหัสเงื่อนไข (C_c) แสดงได้ในสมการที่ (3.8)

$$C_c = 1P_c + 2P_r + 4P_l + 8P_b \quad (3.8)$$

ดังนั้นการรหัสเงื่อนไขของตัวอย่างหน้าต่างที่อยู่ในรูปที่ 3.3 (ก) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$C_c(I) = (1 \times 1) + (8 \times 1) = 9$$

$$C_c(II) = (4 \times 1) = 4$$

$$C_c(III) = (2 \times 1) = 2$$

$$C_c(IV) = (1 \times 1) + (2 \times 1) = 3$$

2) กระบวนการติดตามขอบภาพ (Boundary Following Procedure) [43]

สำหรับขั้นตอนนี้จะเป็นการติดตามขอบ การเริ่มต้นขั้นตอนนี้จะต้องทำการหาค่าตำแหน่งเริ่มต้นของขอบภาพให้ได้ก่อน ซึ่งการติดตามขอบภาพที่สมบูรณ์นั้นขอบภาพจะต้องเป็นลักษณะ

แบบปิด (Closed) เมื่อได้ตำแหน่งเริ่มต้นแล้วให้คำนวณหาค่าตำแหน่งปัจจุบัน จากนั้นให้เลื่อนหน้าต่างไปตามทิศทางดังตารางในรูปที่ 3.4

Canonical From	Containment Code C_c	Direction Code C_d	Canonical From	Containment Code C_c	Direction Code C_d
	0	-		9	1
	1	1		5	4
	2	2		10	4
	4	3		7	3
	8	0		14	0
	3	2		13	1
	6	3		11	2
	12	0		15	0

รูปที่ 3.4 ค่าเงื่อนไขและค่าทิศทางของหน้าต่าง

จากตัวอย่างตำแหน่งที่ปรากฏในรูปที่ 3.3 (ก) สามารถหาทิศทางที่จะเลื่อนในตำแหน่งถัดไปได้ดังนี้

Cc(I)	= 9, ค่า Cd(I)	= 1, ทิศทาง UP
Cc(II)	= 4, ค่า Cd(I)	= 3, ทิศทาง DOWN
Cc(III)	= 2, ค่า Cd(I)	= 2, ทิศทาง LEFT
Cc(IV)	= 3, ค่า Cd(I)	= 2, ทิศทาง LEFT

การสิ้นสุดของการติดตามขอบภาพจะจบลงเมื่อหน้าตาปัจจุบันได้เลื่อนกลับมาที่ตำแหน่งเริ่มต้นอีกครั้ง สำหรับค่าตำแหน่งปัจจุบันค่า 5 และค่า 10 นั้นจะไม่ใช่ ซึ่งจะถือว่าเป็นขอบภาพที่แยกกันของ 2 วัตถุในภาพ โดยจะไม่เกิดขึ้นถ้าหากขอบภาพที่นำมาติดตามขอบนั้นเป็นลักษณะการเชื่อมต่อแบบ 4 (4 Connected)

3.2 การแยกคุณลักษณะเด่น (Feature Extraction)

เพื่อที่จะทำการคัดแยกลักษณะของก้อนหินปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม ให้มีความถูกต้องและให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด การแยกคุณลักษณะเด่นจากภาพรังสีเต้านมจึงมีความสำคัญ โดยการพิจารณาจากลักษณะรูปร่าง และความคมชัดของก้อนหินปูน ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกการแยกคุณลักษณะเด่นจำนวน 4 ลักษณะดังนี้

3.2.1 ค่าอธิบายรูปร่างแบบบี (B-descriptor) [44, 45]

ชุดข้อมูลตัวเลขที่อยู่ในลักษณะของเวกเตอร์ สามารถอธิบายหรือแยกแยะความแตกต่างของแต่ละชุดข้อมูลได้ เรียกว่าตัวอธิบายรูปร่างแบบฟูริเยร์ (Fourier Descriptor) งานวิจัยนี้จึงนำชุดข้อมูลที่ได้จากกระบวนการในหัวข้อที่ 3.1.2 ซึ่งเป็นข้อมูลเวกเตอร์ของคู่ลำดับค่าตำแหน่งแกน x และค่าตำแหน่งแกน y การหาตัวอธิบายรูปร่างแบบฟูริเยร์เริ่มจากนำคู่ลำดับของจุดตำแหน่งเขียนได้เป็นสมการดังนี้

$$u(n) = (x(n), y(n)) \quad (3.9)$$

สำหรับ $n = 0, 1, \dots, k-1$ โดยค่า k นั้นคือจำนวนของตำแหน่งจุดภาพ ซึ่งจะทำให้การลดจำนวนลงให้มีค่าไม่เกิน 64 ตำแหน่ง จากนั้นนำมาเขียนให้อยู่ในรูปสมการจำนวนเชิงซ้อน

$$u(n) = x(n) + jy(n) \quad (3.10)$$

ทำการแปลงให้อยู่ในโดเมนความถี่ (Frequency Domain) ซึ่งจะเป็นการแปลงฟูรีเยร์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Fourier Transformation: DFT) ดังแสดงในสมการที่ (3.11)

$$a_n = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \exp\left(\frac{-j2\pi nt}{T}\right) dt \quad (3.11)$$

หลังจากการแปลงให้อยู่ในรูปโดเมนความถี่แล้วยังสามารถแปลงกลับให้อยู่ในรูปของโดเมนเวลา (Spatial Domain) หรือเรียกว่าการแปลงย้อนกลับฟูรีเยร์ (Invert Discrete Fourier Transformation: IDFT) ในสมการที่ (3.12) แสดงการแปลงกลับฟูรีเยร์รูปแบบไม่ต่อเนื่อง

$$u_n = \frac{1}{T} \int_0^T a(t) \exp\left(\frac{j2\pi nt}{T}\right) dt \quad (3.12)$$

ผลลัพธ์ที่ได้จากสมการ (3.11) เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์ a_n เป็นค่าที่สามารถนำมาอธิบายรูปร่างของชุดข้อมูล การที่จะสร้างตัวอธิบายรูปร่างจากค่าสัมประสิทธิ์จากการแปลงฟูรีเยร์จะต้องนำมาทำให้เป็นค่ามาตรฐาน (Normalize) ดังสมการที่ (3.13)

$$b_n = \frac{a_{1+n} - a_{1-n}}{a_1^2} \quad (3.13)$$

ค่าที่ได้จากสมการ (3.13) เรียกว่าค่า B-Descriptor ซึ่งจะมีคุณสมบัติคือ ไม่ขึ้นอยู่กับขนาดมุม ตำแหน่ง และจุดตำแหน่งเริ่มต้นของชุดข้อมูล

3.2.2 ค่าอธิบายรูปร่างแบบดี (D-descriptor) [44, 45]

สามารถหาได้โดยการแปลงฟูรีเยร์แบบไม่ต่อเนื่องในสมการที่ (3.11) หลังจากนั้นนำมาทำให้เป็นค่ามาตรฐานในสมการที่ (3.14)

$$d_n = \frac{a_{1+n} \cdot |a_1|^n}{a_1^{n+1}} \quad (3.14)$$

ค่าที่ได้จากสมการ (3.14) เรียกว่าค่า D-Descriptor ซึ่งจะมีคุณสมบัติคือ ไม่ขึ้นอยู่กับการย้ายตำแหน่ง และการเปลี่ยนแปลงขนาดของชุดข้อมูล

3.2.3 ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในวัตถุ

สำหรับขอบภาพรูปปิดใดๆ สามารถแยกแยะระหว่างจุดภาพที่อยู่ภายในวัตถุ (Object) และจุดภาพที่อยู่ภายนอก (Background) วัตถุได้ วิธีการที่ใช้สำหรับแยกวัตถุในงานวิจัยนี้คือ การคิดป้าย

ส่วนประกอบแบบ 4 การเชื่อมต่อ (Label 4 Connected Component) [46] เมื่อได้จำนวนจุดภาพภายในวัตถุแล้ว ให้นำค่าระดับสีเทามาหาค่าเฉลี่ยดังแสดงในสมการดังนี้

$$AVG_{inside} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g(i) \quad (3.15)$$

AVG_{inside} คือ ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในวัตถุ

$g(i)$ คือ ค่าระดับสีเทาที่ตำแหน่ง i

n คือ จำนวนจุดภาพที่อยู่ภายในวัตถุ

3.2.4 ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุ

จากการแยกจำนวนจุดภาพที่อยู่ในภายในและภายนอกวัตถุ ที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.2 สามารถนำมาหาค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุได้ดังนี้

$$DIFF = AVG_{inside} - AVG_{outside} \quad (3.16)$$

$DIFF$ คือ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในและภายนอกวัตถุ

AVG_{inside} คือ ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายในวัตถุ

$AVG_{outside}$ คือ ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาภายนอกวัตถุ

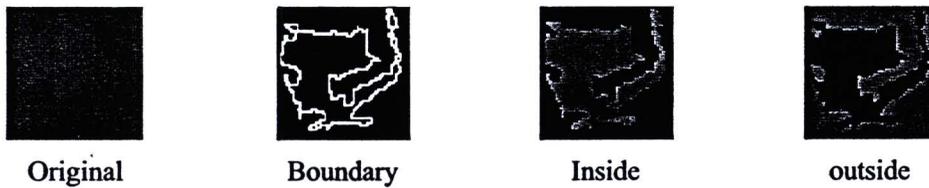
ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการในหัวข้อที่ 3.1 และ 3.2 โดยเลือกภาพรังสีเต้านมขนาดเล็กลงมา 2 ลักษณะ รูปที่ 3.5 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการเตรียมภาพ และตารางที่ 3.1 แสดงถึงค่าทั้ง 4 ของการแยกคุณลักษณะเด่น

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างค่าที่ได้จากกระบวนการแยกคุณลักษณะเด่น

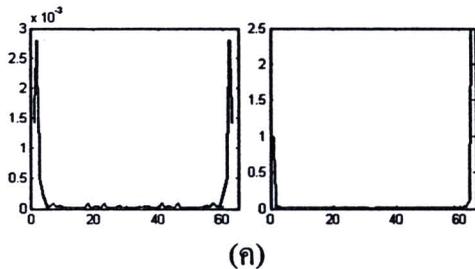
ภาพรังสีเต้านม	b_n	d_n	AVG_{inside}	$DIFF$
	0.015938989689	0.049839306381	198.07	66.87
	0.045324084018	0.112485326364	107.65	5.49



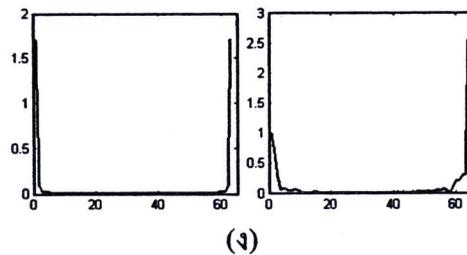
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างภาพ (ก) ภาพที่มีลักษณะเป็นก้อนหินปูน (ข) ภาพที่มีลักษณะไม่เป็นก้อนหินปูน
 (ค) ค่า B-Descriptor และ D-Descriptor ที่ได้จาก Boundary ในภาพ (ก) ตามลำดับ
 (ง) ค่า B-Descriptor และ D-Descriptor ที่ได้จาก Boundary ในภาพ (ข) ตามลำดับ

3.3 การสร้างฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function Generation)

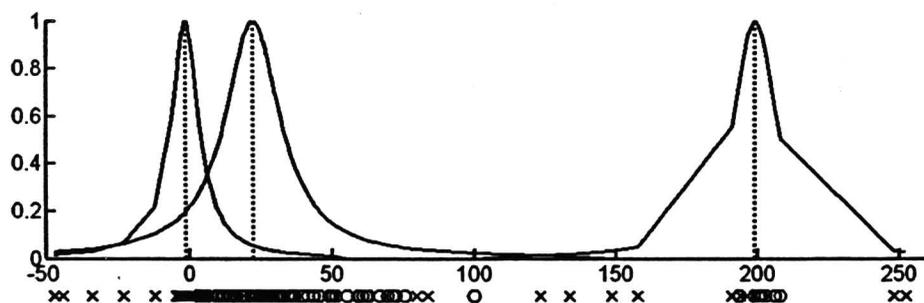
การสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ฟูในงานวิจัยนี้ สร้างจากค่าความเป็นสมาชิกที่ได้จากการจัดกลุ่มข้อมูลด้วยฟอสซิเบิลสติกซีมีนส์ ซึ่งจะทำการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของแต่ละคุณลักษณะเด่น โดยกำหนดจำนวนกลุ่มของแต่ละคุณลักษณะเด่น จากนั้นค่าตำแหน่งกลางของแต่ละกลุ่มข้อมูลให้เป็นจุดยอดของฟังก์ชัน หรือตำแหน่งที่มีค่าความเป็นสมาชิกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1 (สำหรับฟังก์ชันสมาชิกแบบสามเหลี่ยม: Triangular) จำนวนกลุ่มที่กำหนดจะแทนเป็นฟังก์ชันตัวแปรทางภาษา (Linguistic Variables) ของแต่ละฟังก์ชันสมาชิกเช่น “Low”, “Medium” และ “High” ตามลำดับ

ฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ฟูประกอบด้วย 2 ฟังก์ชัน และมีกระบวนการสร้างดังนี้

3.3.1 ฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน (Upper Membership Function: UMF)

หลังจากทำการจัดกลุ่มข้อมูลของแต่ละคุณลักษณะเด่น ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มข้อมูลด้วยค่าความเป็นสมาชิกของกลุ่มที่มีค่ามากที่สุด ในรูปที่ 3.6 แสดง

ตัวอย่างการสร้างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบนของคุณลักษณะเด่น *DIFF* โดยกำหนดจำนวนกลุ่มคือ 3 กลุ่ม พล็อตแสดงค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละข้อมูลในแต่ละกลุ่มข้อมูล

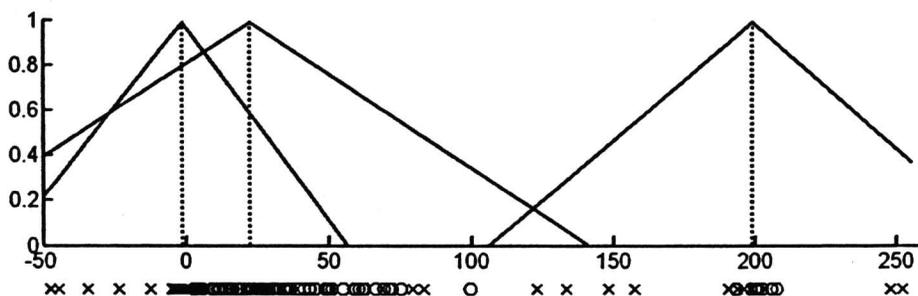


รูปที่ 3.6 ค่าความเป็นสมาชิกแต่ละกลุ่มข้อมูล หลังจากการจัดกลุ่มด้วยพอสซิเบิลติกชันนิ่งส์

สำหรับฟังก์ชันสมาชิกทางด้านซ้ายสุดของขอบเขตบน จะมีขอบเขตทางด้านซ้ายเป็นค่าตำแหน่งข้อมูลที่ไกลที่สุดจากตำแหน่งกลางของกลุ่มข้อมูล ค่าความเป็นสมาชิกของฟังก์ชันก็คือค่าความเป็นสมาชิกของแต่ละกลุ่มนั้น และฟังก์ชันสมาชิกทางด้านขวาสุดของขอบเขตบนก็พิจารณาแบบเดียวกันกับฟังก์ชันทางด้านซ้ายสุด

1) การพิจารณาขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวา

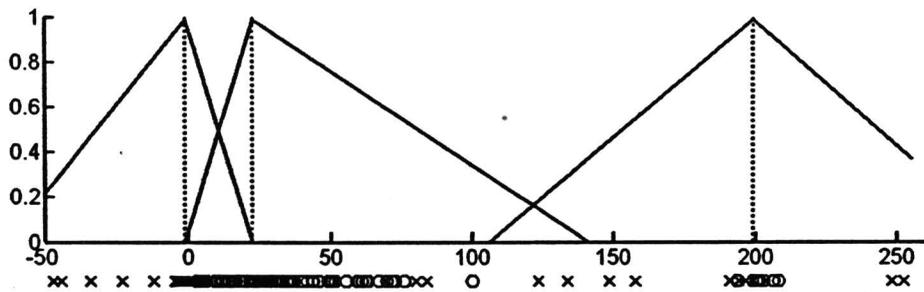
ขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน จะมีค่าเท่ากับตำแหน่งของข้อมูลทางด้านซ้ายและขวาของตำแหน่งกลางที่มีค่าความเป็นสมาชิกเท่ากับค่าขีดแบ่ง ซึ่งได้กำหนดเป็นค่าที่ใช้สำหรับพิจารณาค่าความเป็นสมาชิกของทุกๆ กลุ่ม ถ้าหากค่าขีดแบ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 2 ตำแหน่งข้อมูล ขอบเขตของฟังก์ชันสมาชิกคือตำแหน่งที่ได้จากการสอดแทรก (Interpolation) จาก 2 ตำแหน่งข้อมูลนั้น ตัวอย่างแสดงได้ในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การพิจารณาขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิก

2) การปรับขอบเขตทางด้านซ้ายและขอบเขตทางด้านขวา

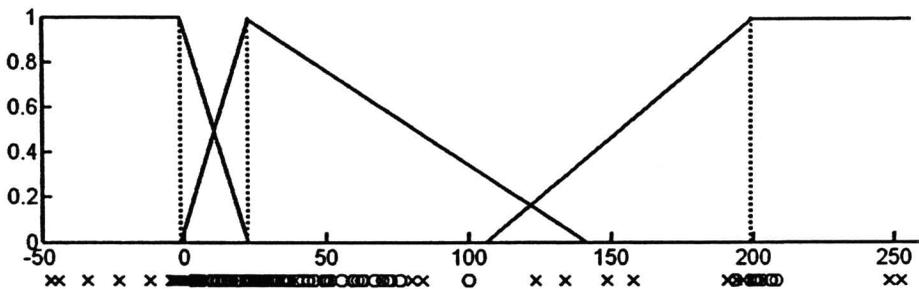
ให้ทำการพิจารณาแต่ละฟังก์ชันสมาชิก โดยพิจารณาจากตำแหน่งกลางของกลุ่มที่อยู่ใกล้ที่สุด ถ้าหากขอบเขตซ้ายหรือขอบเขตด้านขวามีค่าเกินกว่าตำแหน่งกลางกลุ่มข้อมูลใกล้เคียงให้ขอบเขตด้านนั้นมีค่าเท่ากับตำแหน่งกลางกลุ่มข้อมูลที่ใกล้เคียง ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การปรับขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาของแต่ละฟังก์ชันสมาชิก

3) การปรับขอบเขตด้านซ้ายของฟังก์ชันสมาชิกด้านซ้ายสุดและปรับขอบเขตด้านขวาของฟังก์ชันสมาชิกด้านขวาสุด

สำหรับขั้นตอนนี้จะเป็นการปรับให้มีความเป็นสมาชิกเท่ากับ 1 (ฟังก์ชันแบบสี่เหลี่ยมคางหมู: Trapezoid) เนื่องจากขอบเขตทั้ง 2 ด้านดังกล่าวไม่มีตำแหน่งกลางของกลุ่มข้อมูลใกล้เคียง จึงให้ตำแหน่งข้อมูลที่อยู่ระหว่างตำแหน่งกลางถึงขอบเขตทั้ง 2 ด้านดังกล่าวมีความเป็นสมาชิกเท่ากับตำแหน่งกลางกลุ่มข้อมูล แสดงตัวอย่างได้ในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การปรับขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาให้มีค่าเท่ากับ 1

3.3.2 ฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง (Lower Membership Function: LMF)

วิธีการสร้างฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่างจะทำการสร้างได้มาจากการวิจัย [36] ลำดับแรกให้หาผลรวมระยะทางของแต่ละกลุ่มข้อมูล แสดงได้ดังสมการที่ 3.17

$$d_j = \sum_{i=1}^n |x_i - v_j| \quad (3.17)$$

โดยที่ x_{ij} คือ ค่าตำแหน่งข้อมูล i ในกลุ่มข้อมูล j
 n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดในกลุ่มข้อมูล j
 v_j คือ ตำแหน่งกลางข้อมูลของกลุ่ม j

จากนั้นทำการหาผลรวมระยะทางข้อมูลทั้งหมด และให้มีค่าเท่ากับ 1 แล้วทำให้ค่าผลรวมระยะทางแต่ละกลุ่มข้อมูลเป็นค่ามาตรฐาน (Normalize)

$$d_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^c d_j} \quad (3.18)$$

ความสูงของตำแหน่งกลางในฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่างคำนวณได้จากสมการ (3.19)

$$H_j = 1 - d_j' \quad (3.19)$$

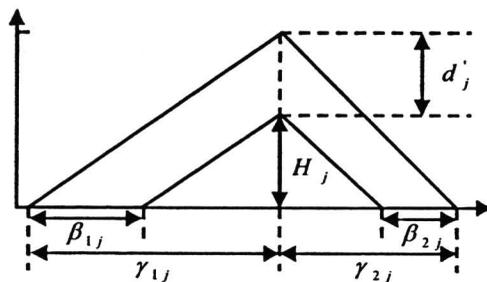
ขอบเขตด้านซ้ายและขอบเขตด้านขวาของฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่างแทนด้วย β_{1j} และ β_{2j} ดังแสดงได้ในสมการที่ (3.20) และสมการ (3.21)

$$\beta_{1j} = d_j' \times \gamma_{1j} \quad (3.20)$$

$$\beta_{2j} = d_j' \times \gamma_{2j} \quad (3.21)$$

โดยที่ γ_{1j} คือ ค่าตำแหน่งกลางข้อมูลถึงตำแหน่งขอบเขตด้านซ้ายของฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน
 γ_{2j} คือ ค่าตำแหน่งกลางข้อมูลถึงตำแหน่งขอบเขตด้านขวาของฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตบน

ตัวอย่างการหาฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่างแสดงได้ในรูปที่ 3.10



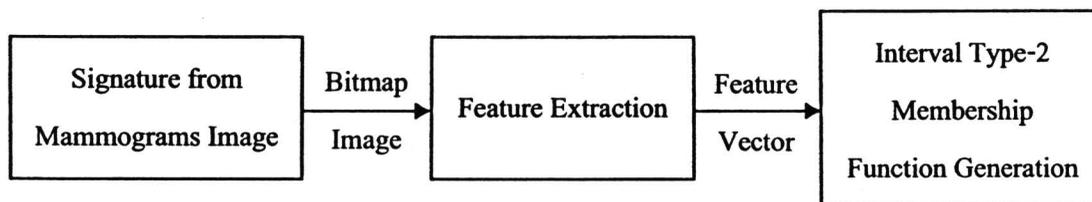
รูปที่ 3.10 ตำแหน่งด้านซ้ายและด้านขวาของฟังก์ชันสมาชิกขอบเขตล่าง

3.4 ขั้นตอนการตรวจจับก่อนหिनปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านม

การตรวจจับก่อนหिनปูนขนาดเล็กในภาพรังสีเต้านมโดยใช้ระบบอินเทอร์วัลไทป์ฟูฟิชซีลอกจิกที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกกระบวนการเรียนรู้ (Training Process) และส่วนที่สองกระบวนการทดสอบ (Testing Process)

3.4.1 กระบวนการเรียนรู้

เริ่มจากการคัดเลือกภาพรังสีเต้านมขนาดเล็กที่คัดมาจากภาพต้นฉบับ โดยทำการแยกออกเป็น 2 กลุ่ม ส่วนแรกเป็นกลุ่มของภาพรังสีขนาดเล็กที่มีลักษณะเป็นก่อนหिनปูนขนาดเล็ก และกลุ่มของภาพรังสีขนาดเล็กที่มีลักษณะไม่เป็นก่อนหिनปูนขนาดเล็ก นำภาพทั้งหมดไปหาคุณลักษณะเด่นทั้ง 4 คุณลักษณะเด่นตามกระบวนการที่กล่าวในหัวข้อที่ 3.1 และ 3.2 ขั้นตอนสุดท้าย นำแต่ละคุณลักษณะเด่นไปทำการสร้างฟังก์ชันสมาชิกของอินเทอร์วัลไทป์ฟูฟิชซีลอกจิกแล้ว จะนำเอาใช้ในระบบอินเทอร์วัลไทป์ฟูฟิชซีลอกจิก กระบวนการเรียนรู้แสดงขั้นตอนได้ในรูปที่ 3.11



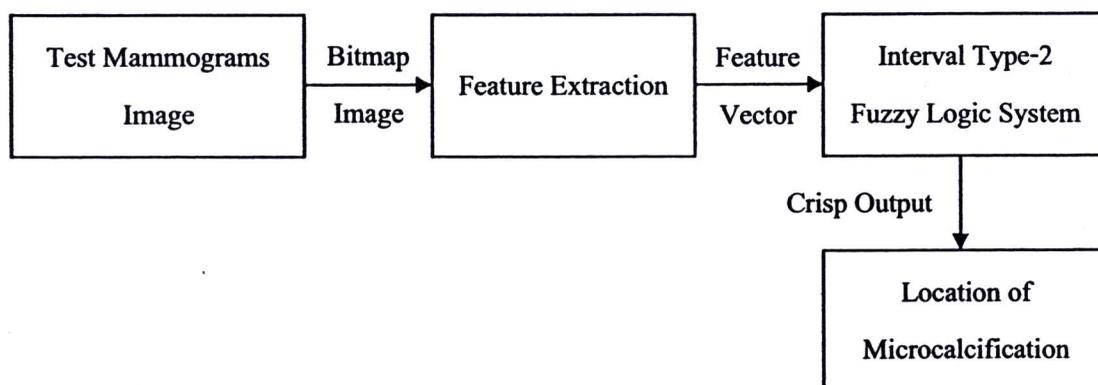
รูปที่ 3.11 แผนภาพขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้

3.4.2 กระบวนการทดสอบ

กระบวนการทดสอบนี้จะเริ่มจากนำภาพรังสีเต้านมที่ต้องการ มาทำการแยกเป็นหน้าต่างภาพขนาดเล็กโดยการสแกนจากด้านซ้ายไปด้านขวาและจากด้านบนลงสู่ด้านล่างภาพ ในการสแกนแต่ละครั้งในแต่ละทิศทางจะทำการเลื่อนตำแหน่งหน้าต่างภาพไปตามจำนวนจุดภาพที่กำหนด ซึ่งในแต่ละหน้าต่างจะนำมาหาคุณลักษณะเด่น จากนั้นนำค่าที่ได้เข้าสู่ระบบอินเทอร์วัลไทป์ฟูฟิชซีลอกจิก ผลลัพธ์ที่ได้จะระบุค่าความเป็นก่อนหिनปูนขนาดเล็กของหน้าต่างภาพนั้นซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และสามารถแทนด้วยความสว่างของบริเวณความเป็นก่อนหिनปูนขนาดเล็ก กระบวนการทดสอบแสดงขั้นตอนได้ในรูปที่ 3.12

สำหรับวิธีนับความถูกต้องหรือ ตำแหน่งที่ระบุว่าเป็นก่อนหिनปูนขนาดเล็ก จะพิจารณาจากตำแหน่งของหน้าต่างภาพที่มีค่าความเป็นก่อนหिनปูนขนาดเล็กจากระบบอินเทอร์วัลไทป์ฟูฟิชซีลอกจิก โดยจะนับหน้าต่างภาพที่มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่ง 10 ช่วงคือ 0.0, 0.1, 0.2 ถึง 0.9 โดยทำการ

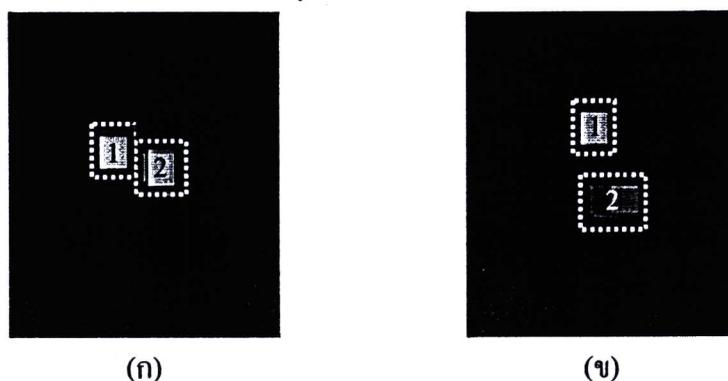
เพิ่มค่าช่วงละ 0.1 ตามลำดับ ตำแหน่งที่ระบุว่าเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กจะแสดงเป็นระดับความสว่างของหน้าต่างภาพ



รูปที่ 3.12 แผนภาพขั้นตอนของกระบวนการทดสอบ

ความผิดพลาดที่ออกจากระบบมี 2 ความผิดพลาดคือ ตำแหน่งที่ระบบระบุเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กแต่ผู้เชี่ยวชาญระบุว่าไม่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก เรียกว่า ความผิดพลาดแบบบวก (False Positive: FP) และตำแหน่งที่ระบบระบุว่าไม่เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กแต่ผู้เชี่ยวชาญระบุว่า เป็นก้อนหินปูนขนาดเล็ก เรียกว่า ความผิดพลาดแบบลบ (False Negative: FN) จากการนับความถูกต้อง ที่เป็นค่าขีดแบ่งสามารถนับมาพล็อตเป็น Receiver Operating Characteristics หรือ ROC Curve เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของฟังก์ชันสมาชิกที่ได้ทำการออกแบบและทดลอง

ปัญหาของการนับจำนวนก้อนหินปูนขนาดเล็กที่ปรากฏ คือเมื่อหน้าต่างเกิดการล้ำเลื่อมกัน (Overlap) สำหรับงานวิจัยนี้ ถ้าหากหน้าต่างภาพที่นับเกิดการล้ำเลื่อมกันให้ถือว่าเป็นก้อนหินปูนขนาดเล็กก้อนเดียวกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ที่ทำการนับผลการทดลองด้วย รูปที่ 3.13 แสดงการนับความถูกต้องจากภาพหน้าต่างขนาดเล็ก



รูปที่ 3.13 การนับความถูกต้อง (ก) และ (ข) ปรากฏก้อนหินปูนขนาดเล็กจำนวน 2 ตำแหน่ง