

บทที่ 4

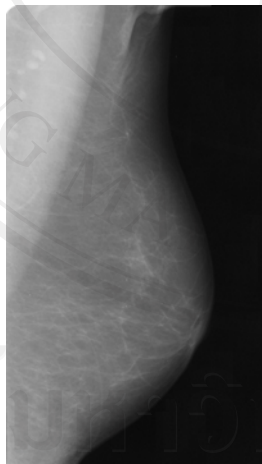
ผลการวิจัย

4.1 ผลการประมวลผลภาพเบื้องต้น

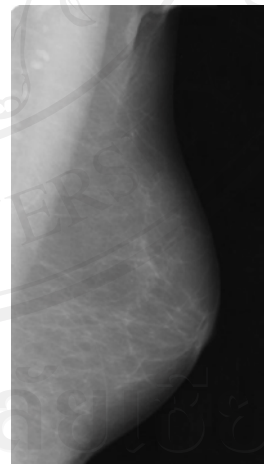
ผลที่ได้จากขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้น จะได้ภาพถ่ายรังสีเต้านมที่แสดงเฉพาะส่วนที่ต้องการจะนำไปศึกษา ซึ่งได้แก่ ภาพที่แสดงเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อภายในเต้านม ที่ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์และเนื้อเยื่อไขมัน โดยผลที่ได้ในแต่ละขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้น แสดงได้ดังนี้

4.1.1 ผลการกรองสิ่งรบกวนออกจากภาพถ่ายรังสีเต้านม

จากภาพถ่ายรังสีเต้านมที่ได้จากฐานข้อมูล DDSM แสดงดังภาพที่ 13(ก) เมื่อนำภาพมาทำการกรองโดยใช้ median filter แล้ว ภาพที่ได้จะมีลักษณะที่เรียบเนียน (smooth) ขึ้น โดยจะทำให้สิ่งรบกวนที่จะส่งผลกระทบต่อพื้นผิวของภาพขนาดเล็กให้มีจำนวนลดน้อยลง [42] ในขณะที่ยังคงรักษาโครงสร้างขนาดเล็กของภาพไว้ได้ ดังแสดงในภาพที่ 13(ข)



(ก)



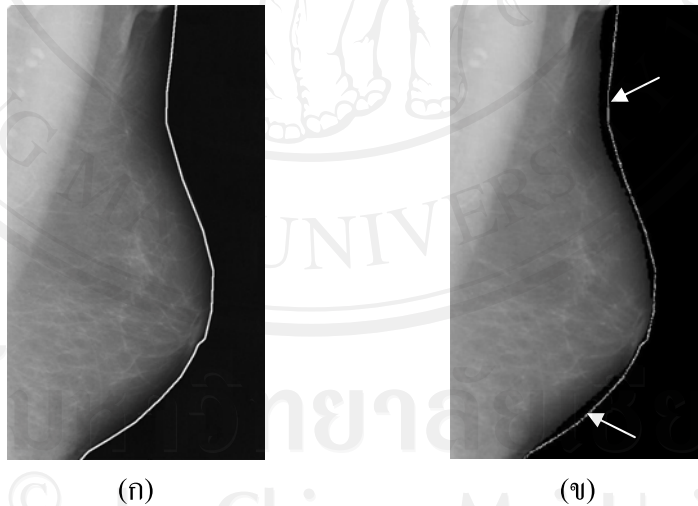
(ข)

ภาพที่ 13 แสดง (ก) ภาพถ่ายรังสีเต้านมจากฐานข้อมูล DDSM และ (ข) ภาพที่ได้จากการกรองภาพโดยใช้ median filter

4.1.2 ผลการแยกส่วนพื้นภาพและส่วนกล้ามเนื้อทรวงอกออกจากภาพถ่ายรังสีเต้านม

ภาพถ่ายรังสีเต้านมจะมีขอบเขตของเต้านม (skin line) ซึ่งแสดงด้วยเส้นสีขาว ดังแสดงในภาพที่ 14(ก) แต่เมื่อนำภาพมาผ่านกระบวนการแยกส่วนพื้นภาพโดยใช้ชุดคำสั่งในภาคผนวก ก

แล้ว จะเห็นได้ว่าในส่วนพื้นภาพทั้งหมดของภาพจะมีค่าของจุดภาพเป็น 0 และพบว่ามิจุดภาพ บางส่วนของส่วนเนื้อเยื่อเต้านมปะปนไปกับส่วนพื้นภาพ โดยเฉพาะในบริเวณที่อยู่ชิดกับแนว ขอบเขตของเต้านม แสดงดังภาพที่ 14(ข) ซึ่งจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อเต้านมที่สูญเสียไปนี้จะมีผลต่อ จำนวนจุดภาพที่นำไปใช้ในการคำนวณหาค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านม ดังนั้น การศึกษา นี้ จึงได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของวิธีการแยกส่วนพื้นภาพ โดยได้หาออกมาเป็นค่าร้อยละ จำนวนจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อเต้านมที่สูญเสียไปกับการแยกส่วนพื้นภาพ ซึ่งจะต้องมีค่าเฉลี่ย โดยรวมแล้วต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 5 จึงจะยอมรับวิธีการดังกล่าวได้ [43] โดยรายละเอียดวิธีการหา ค่าร้อยละจำนวนจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อเต้านมที่สูญเสียไปกับการแยกส่วนพื้นภาพ ได้แสดง ขึ้นตอนไว้ในภาคผนวก ค ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ พบว่า การใช้ชุดคำสั่งนี้ทำให้ในแต่ละภาพมีจำนวน จุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อภายในเต้านมบางส่วนสูญเสียไปกับการแยกส่วนพื้นภาพ มีค่าตั้งแต่ร้อยละ 0.12-10.92 เมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ยโดยรวมแล้วมีค่าเท่ากับร้อยละ 4.94 โดยเต้านมที่มีความหนาแน่นอยู่ใน กลุ่ม BI-RADS I เป็นกลุ่มที่มีการสูญเสียจำนวนจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อภายในเต้านมแล้ว มีค่า โดยเฉลี่ยมากที่สุด คือ ร้อยละ 5.53 รองลงมา คือ กลุ่ม BI-RADS II, BI-RADS III และ BI-RADS IV มีค่าร้อยละ 5.05, 4.84 และ 4.39 ตามลำดับ



ภาพที่ 14 แสดง (ก) ขอบเขตของเต้านมก่อนทำการแยกส่วนพื้นภาพ (เส้นสีขาว) และ (ข) ภาพที่ ได้หลังจากกระบวนการแยกส่วนพื้นภาพ ซึ่งจะมีจุดภาพบางส่วนของเนื้อเยื่อเต้านมที่ ปะปนไปกับส่วนพื้นภาพ (ลูกศรชี้)

นำภาพที่ได้มาทำการแยกส่วนกล้ามเนื้อทรวงอกออกจากภาพ โดยให้รังสีแพทย์ที่มี ประสบการณ์ในการรายงานผลการตรวจเอกซเรย์เต้านมเป็นผู้ระบุขอบเขตของส่วนกล้ามเนื้อทรวง

อก ทำการแยกส่วนที่เป็นกล้ามเนื้อทรวงอกออก โดยใช้โปรแกรม ImageJ ภาพที่ได้จะแสดงเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อภายในเต้านมเท่านั้น ส่วนอื่นๆนอกเหนือจากนี้จะมีค่าของจุดภาพเป็น 0 แสดงดังภาพที่ 15 ซึ่งเป็นภาพที่สามารถนำไปใช้ในการศึกษาเพื่อแยกส่วนเนื้อเยื่อภายในเต้านมต่อไปได้



บริเวณที่มีค่าของจุดภาพเป็น 0

ภาพที่ 15 แสดงภาพที่ได้จากขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้น โดยแสดงเฉพาะส่วนเนื้อเยื่อภายในเต้านมเท่านั้น

4.2 ผลการคัดเลือกพื้นผิวเชิงสถิติของภาพ

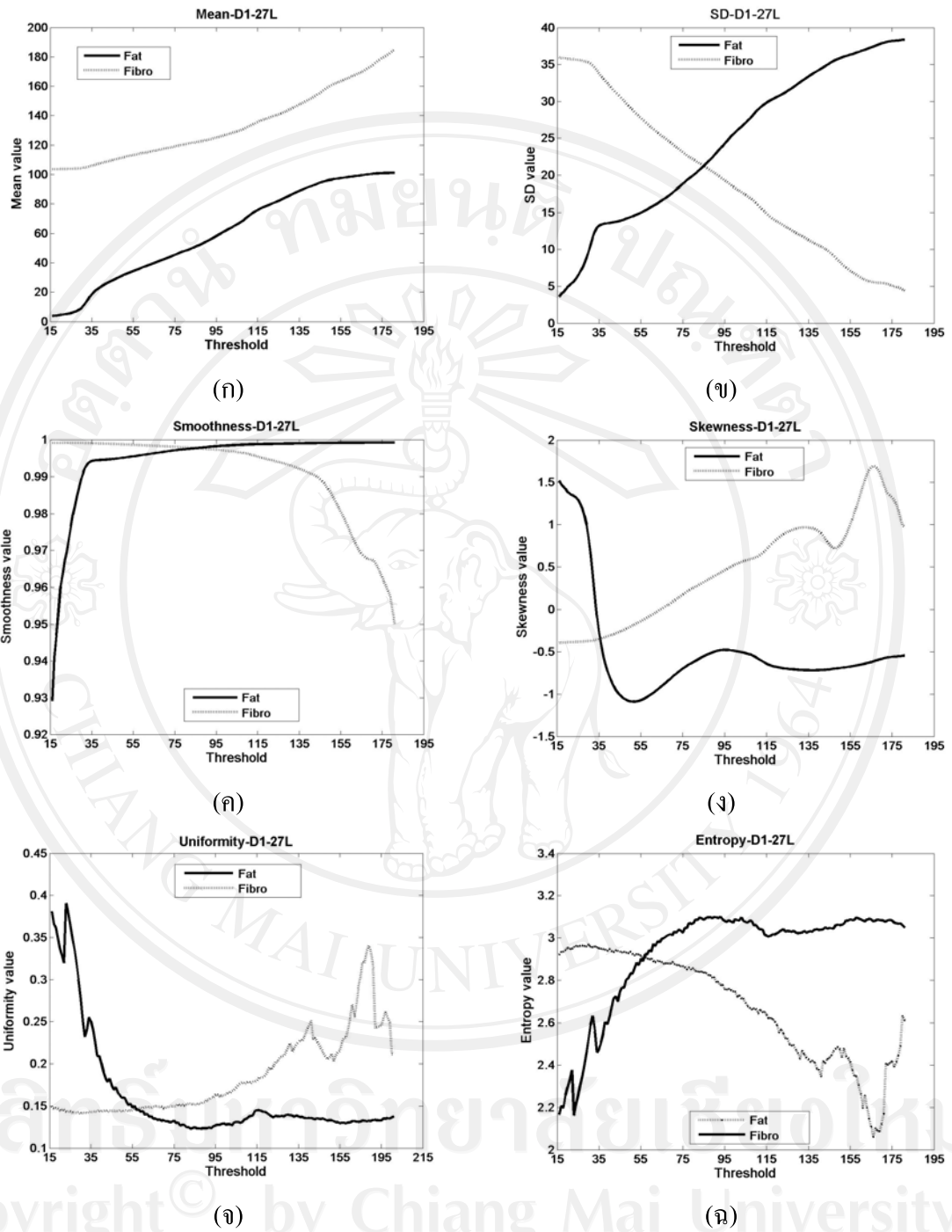
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพื้นผิวเชิงสถิติของภาพ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเรียบ ค่าความเบ้ ค่าความสมมาตรและค่าเอนโทรปี กับค่าขีดแบ่งจุดภาพ แสดงดังภาพที่ 16(ก) - 16(จ) ตามลำดับ โดยเส้นกราฟที่บแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพื้นผิวเชิงสถิติของส่วนเนื้อเยื่อไขมันกับค่าขีดแบ่งจุดภาพและเส้นปะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพื้นผิวเชิงสถิติของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอดนดูลาร์กับค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยการศึกษาได้ใช้ภาพถ่ายรังสีเต้านมจำนวนทั้งหมด 400 ภาพ ดังนั้น จะได้กราฟของพื้นผิวเชิงสถิติของภาพในแต่ละชนิด ชนิดละ 400 กราฟ

จากการพิจารณากราฟทั้งหมดที่ได้ พบว่า มีพื้นผิวเชิงสถิติของภาพ จำนวน 2 ชนิด คือ ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ลักษณะของค่าพื้นผิวเชิงสถิติมีการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยเส้นกราฟมีทิศทางและรูปแบบที่ชัดเจนทั้งในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอดนดูลาร์และส่วนของเนื้อเยื่อไขมัน อีกทั้งค่าพื้นผิวเชิงสถิติของภาพในส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอดนดูลาร์ยังมีความแตกต่างกับค่าพื้นผิวเชิงสถิติของส่วนเนื้อเยื่อไขมันอย่างเห็นได้ชัด แสดงดังภาพที่ 17-18 ซึ่งเป็นภาพตัวอย่างกราฟของค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตามลำดับ โดยเส้นกราฟที่บแสดงค่าพื้นผิวเชิงสถิติของภาพของส่วนเนื้อเยื่อ

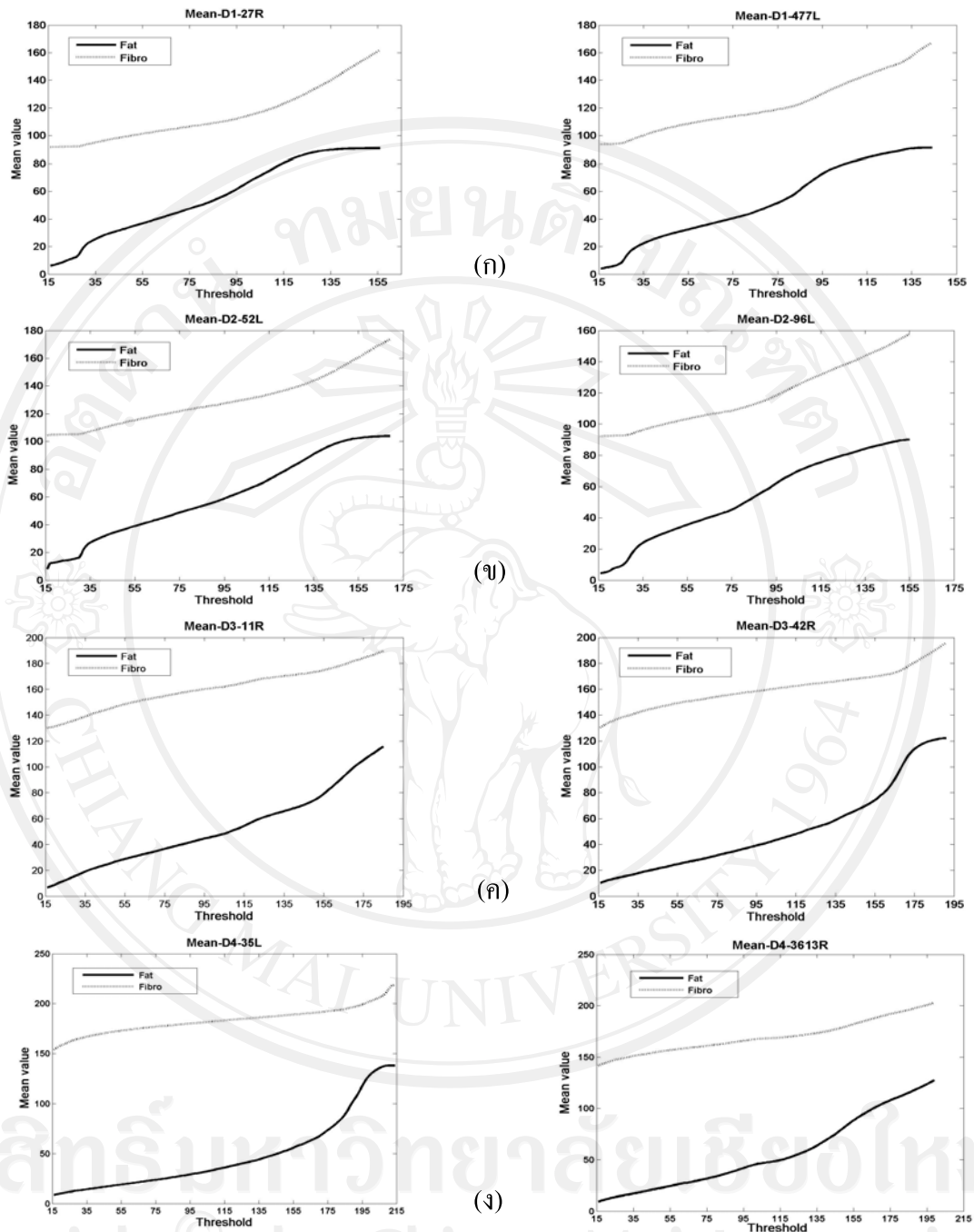
ไขมันและเส้นปะแสดงค่าพื้นผิวเชิงสถิติของภาพของส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพต่างๆ ตั้งแต่ $t = 15$ จนถึง $t =$ ค่าของจุดภาพที่มีค่าสูงสุดในภาพ

เมื่อพิจารณารูปของค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพทั้งหมด 400 ภาพ พบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพมีการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยค่าเฉลี่ยความเข้มของจุดภาพจะแปรผันตามค่าขีดแบ่งจุดภาพ นั่นคือ เมื่อค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าสูงขึ้นค่าเฉลี่ยความเข้มของจุดภาพทั้งในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์และในส่วนของเนื้อเยื่อไขมันก็จะมีค่าสูงขึ้นด้วย โดยในส่วนของเนื้อเยื่อไขมันจะมีค่าเฉลี่ยความเข้มของจุดภาพที่ต่ำกว่าส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ในทุกๆ ค่าขีดแบ่งจุดภาพ แสดงดังภาพที่ 17 โดยเส้นกราฟจะมีลักษณะเช่นนี้ในทุกๆ รูป ดังนั้น จึงถือได้ว่าเส้นกราฟของค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพนี้มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนและเมื่อพิจารณาแยกตามกลุ่มความหนาแน่นของเต้านมแล้ว พบว่า ในกลุ่มของภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีความหนาแน่นอยู่ในกลุ่ม BI-RADS I และ BI-RADS II ที่ค่าขีดแบ่งเริ่มต้น ที่ $t = 15$ ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์โดยส่วนใหญ่แล้ว จะมีค่าอยู่ในช่วง 80-120 ในขณะที่กลุ่มของภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีความหนาแน่นอยู่ในกลุ่ม BI-RADS III และ BI-RADS IV โดยส่วนใหญ่จะมีค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ เริ่มต้นอยู่ในช่วง 120-160 โดยเป็นค่าที่มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพในส่วนของเนื้อเยื่อไขมัน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-20 ในทุกกลุ่มความหนาแน่นของเต้านม และเมื่อค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าสูงขึ้นค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพทั้งของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์และในส่วนของเนื้อเยื่อไขมันก็จะมีค่าสูงขึ้น โดยเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในทุกๆ ค่าขีดแบ่งจุดภาพ

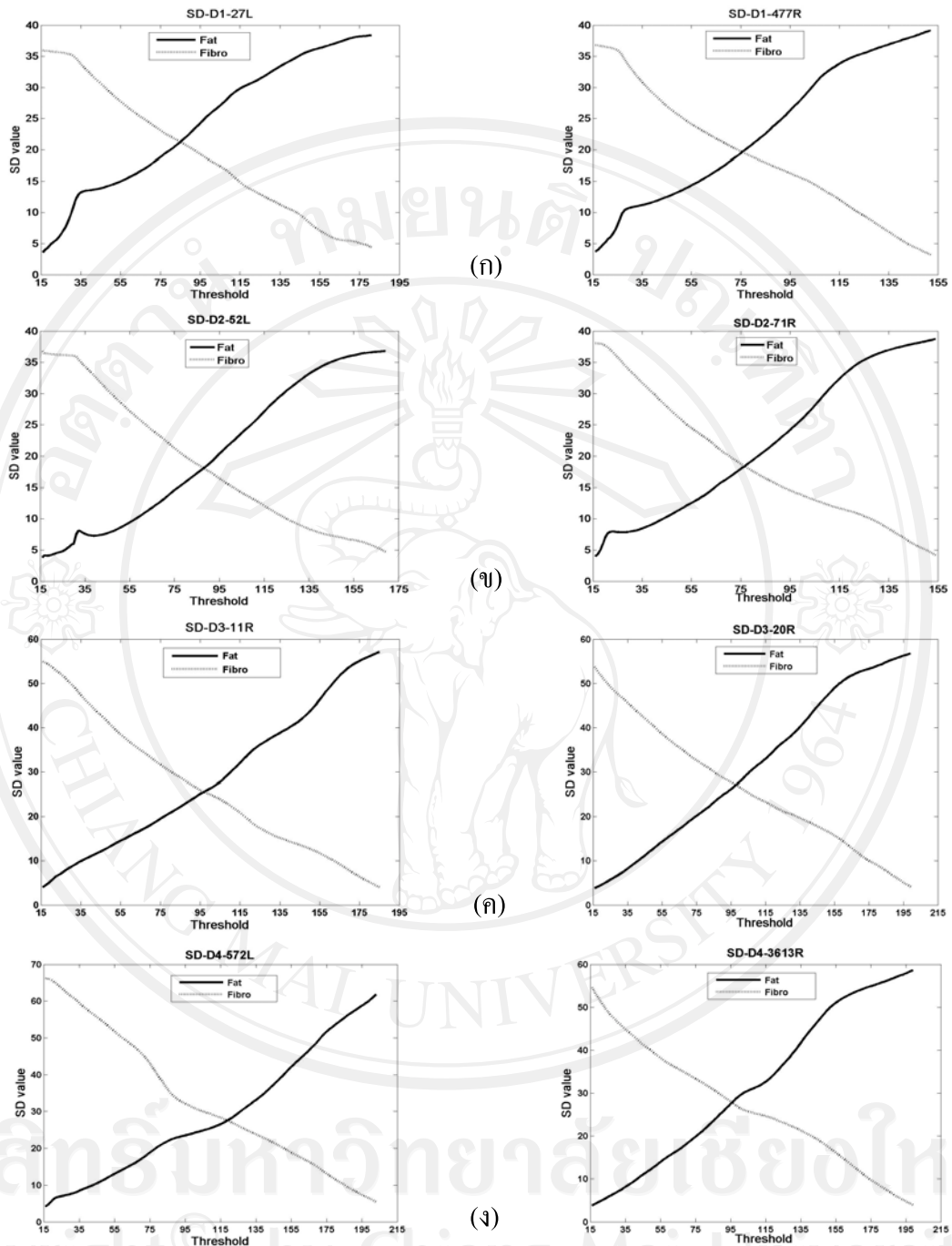
จากกราฟค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพถ่ายรังสีเต้านมทั้งหมด 400 ภาพ พบว่า ลักษณะของกราฟมีการเปลี่ยนแปลงของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สัมพันธ์กับค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยมีรูปแบบที่ชัดเจน แสดงดังภาพที่ 18 โดยในทุกๆ รูปกราฟจะแสดงลักษณะที่เหมือนกัน คือ ในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะแปรผกผันกับค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่าลดลงเมื่อค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าสูงขึ้น ในขณะที่ส่วนของเนื้อเยื่อไขมันนั้น ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะแปรผันตามค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยเมื่อค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าสูงขึ้นค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่าสูงขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่า ที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าต่ำในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ค่าของจุดภาพจะมีค่าที่แตกต่างกันมากกว่าในส่วนของเนื้อเยื่อไขมัน แต่เมื่อค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าสูงขึ้นความแตกต่างของค่าของจุดภาพในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์จะมีค่าลดลงในขณะที่ส่วนของเนื้อเยื่อไขมันนั้นจะมีความแตกต่างของค่าของจุดภาพที่สูงขึ้นในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ ลักษณะเช่นนี้จะเกิดในทุกๆ รูปกราฟของค่าพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพถ่ายรังสีเต้านม



ภาพที่ 16 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพื้นผิวเชิงสถิติของภาพของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน (เส้นทึบ) และส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ (เส้นปะ) กับค่าขีดแบ่งจุดภาพต่างๆ ตั้งแต่ $t = 15$ จนถึง $t =$ ค่าของจุดภาพที่มีค่าสูงสุดในภาพ โดย (ก)-(ฉ) เป็นกราฟของพื้นผิวเชิงสถิติในแต่ละชนิด ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเรียบ ค่าความเบ้ ค่าความสม่ำเสมอและค่าเอนโทรปี ตามลำดับ



ภาพที่ 17 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน (เส้นทึบ) และของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนคูลาร์ (เส้นปะ) ที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพต่างๆ ตั้งแต่ $t = 15$ จนถึง $t =$ ค่าของจุดภาพที่มีค่าสูงสุดในภาพ โดย (ก)-(ง) เป็นตัวอย่างกราฟของพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพที่ได้จากภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมที่ระบุในฐานข้อมูลอยู่ในกลุ่ม BI-RADS I, II, III และ IV ตามลำดับ



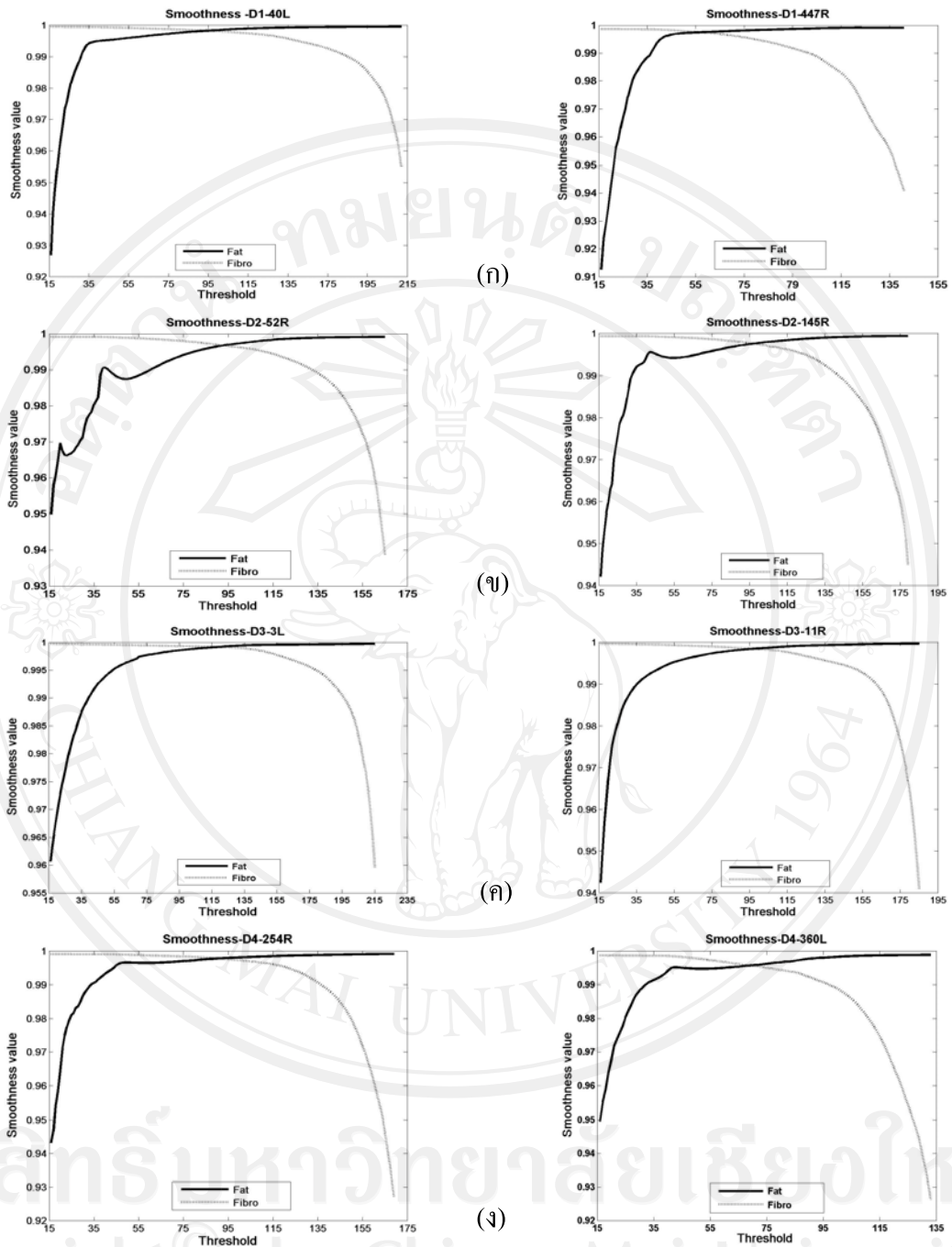
ภาพที่ 18 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน (เส้นทึบ) และของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนคูลาร์ (เส้นปะ) ที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพต่างๆ ตั้งแต่ $t = 15$ จนถึง $t =$ ค่าของจุดภาพที่มีค่าสูงสุดในภาพ โดย (ก)-(ง) เป็นตัวอย่างกราฟของพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้จากภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมที่ระบุในฐานข้อมูลอยู่ในกลุ่ม BI-RADS I, II, III และ IV ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากกราฟค่าความเรียบของภาพถ่ายรังสีเต้านมทั้งหมด 400 ภาพแล้ว พบว่า ลักษณะของกราฟมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเรียบที่สัมพันธ์กับค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยมีรูปแบบที่ชัดเจน แสดงดังภาพที่ 19 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในทุกกราฟจะมีลักษณะที่เหมือนกัน คือ ที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าต่ำค่าความเรียบของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์จะมีค่าสูงกว่าส่วนเนื้อเยื่อไขมันมาก ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากว่าที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าต่ำ จุดภาพในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าความเรียบนั้นจะประกอบไปด้วยจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ที่ปะปนกับจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน ทำให้ในส่วนดังกล่าวมีความแตกต่างของค่าของจุดภาพที่มากกว่าส่วนเนื้อเยื่อไขมันซึ่งประกอบไปด้วยจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไขมันเพียงอย่างเดียว และเมื่อค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าสูงขึ้น ค่าความเรียบของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์จะมีค่าลดลงอย่างช้าๆ จนถึงค่าขีดแบ่งหนึ่งซึ่งจุดภาพที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าความเรียบจะเป็นจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์เพียงอย่างเดียว ค่าความเรียบก็จะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ในส่วนเนื้อเยื่อไขมันนั้น เมื่อค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าสูงขึ้นจนถึงค่าหนึ่งจะมีจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ปะปนเข้ามา ซึ่งจะผลทำให้ค่าความเรียบมีค่าที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นในทุกกราฟของพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าความเรียบ แต่ถึงแม้ว่าพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าความเรียบนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าพื้นผิวเชิงสถิติที่สัมพันธ์กับค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยมีรูปแบบที่ชัดเจนก็ตาม แต่เมื่อมาพิจารณาถึงความแตกต่างของค่าที่ได้จากเนื้อเยื่อทั้ง 2 ส่วนที่แต่ละค่าขีดแบ่งจุดภาพแล้ว พบว่า ค่าความเรียบของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์และส่วนเนื้อเยื่อไขมัน มีความแตกต่างกันน้อยมาก คือ มีค่าน้อยกว่า 0.1 ที่ทุกๆค่าขีดแบ่งจุดภาพ แสดงให้เห็นว่าค่าความเรียบของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์และเนื้อเยื่อไขมันที่ทุกๆค่าขีดแบ่งจุดภาพนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก จึงไม่สามารถนำค่าดังกล่าวมาใช้ในการแยกความแตกต่างระหว่างเนื้อเยื่อทั้ง 2 ชนิดได้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงไม่ได้คัดเลือกค่าความเรียบของภาพมาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพในการศึกษา

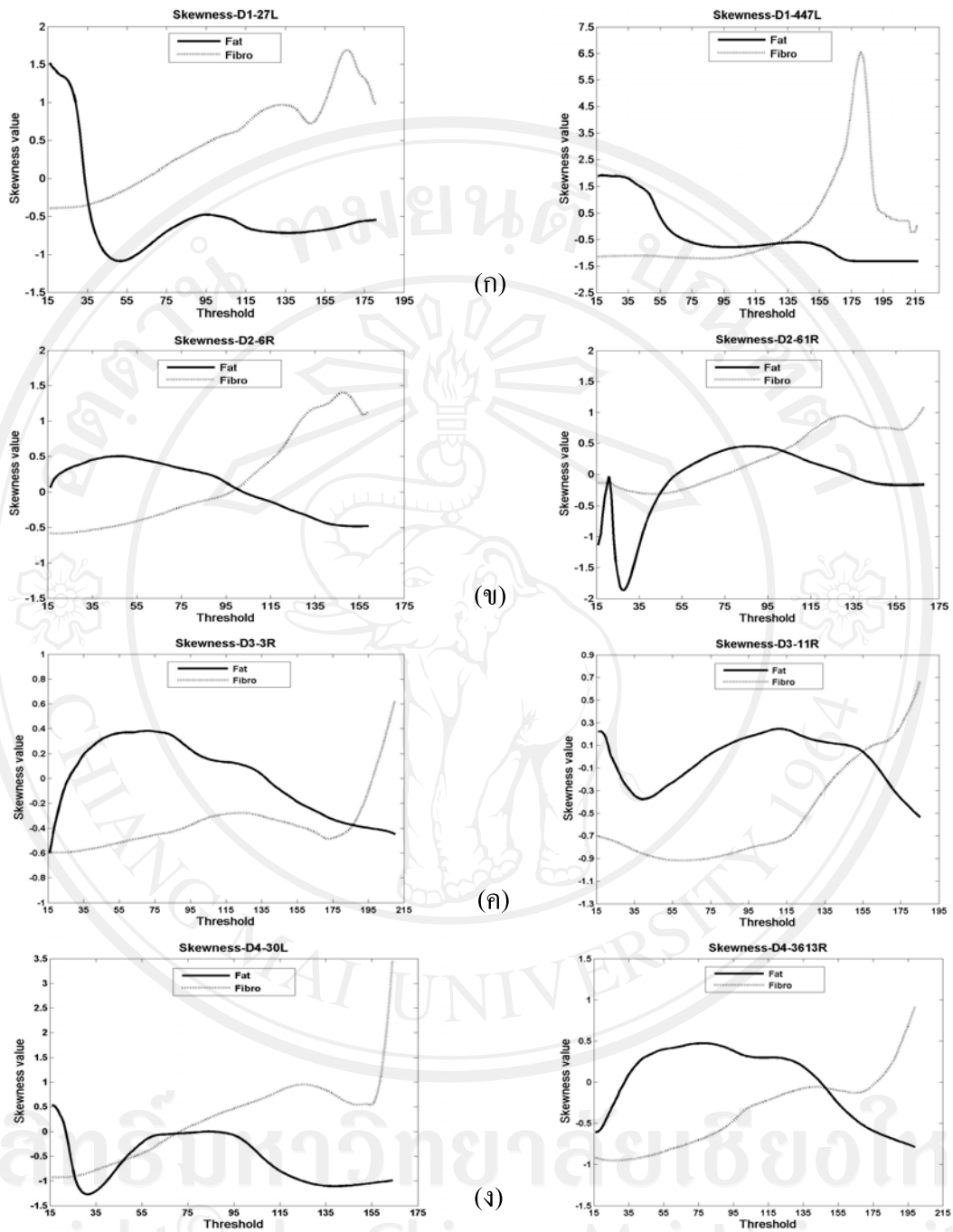
จากกราฟพื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าความเบ้และค่าความสม่ำเสมอ แสดงตัวอย่างได้ดังภาพที่ 20-21 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากกราฟพื้นผิวเชิงสถิติทั้ง 2 ชนิดของภาพถ่ายรังสีเต้านมทั้งหมด 400 ภาพแล้ว พบว่า ลักษณะของกราฟมีการเปลี่ยนแปลงค่าพื้นผิวเชิงสถิติของภาพที่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยกราฟที่ได้นั้นมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่หลากหลาย ไม่สามารถนำมาใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าขีดแบ่งจุดภาพกับค่าพื้นผิวเชิงสถิติของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์และส่วนเนื้อเยื่อไขมันได้ ดังนั้น การศึกษานี้จึงไม่ได้คัดเลือกพื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าความเบ้และค่าความสม่ำเสมอมาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ

กราฟพื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าเอนโทรปี แสดงดังภาพที่ 22 จะเห็นได้ว่าที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าต่ำในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์จะมีค่าเอนโทรปีสูง และเมื่อค่าขีดแบ่งมีค่าสูงขึ้นค่าเอนโทรปีก็จะมีค่าลดลง แสดงให้เห็นว่าที่ค่าขีดแบ่งต่ำจุดภาพในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์จะมีความเป็นอิสระสูง แต่เมื่อค่าขีดแบ่งมีค่าสูงขึ้นจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์จะมีความเป็นอิสระลดลงจึงทำให้ค่าเอนโทรปีมีค่าลดลงตามไปด้วย โดยในส่วนของเนื้อเยื่อไขมันนั้นลักษณะของกราฟมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงค่าเอนโทรปีที่ไม่ชัดเจนเท่ากับส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ โดยค่าเอนโทรปีในส่วนของเนื้อเยื่อไขมันจะมีการเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าต่ำและจะค่อยๆเพิ่มขึ้นเมื่อค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าสูงขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเห็นได้ชัดในภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีความหนาแน่นในกลุ่ม BI-RADS III และ BI-RADS IV ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าเอนโทรปีจะมีความสัมพันธ์เนื้อเยื่อภายในเต้านมที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพต่างๆได้ไม่ชัดเจนเท่าค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่การศึกษานี้ได้คัดเลือกค่าเอนโทรปีมาใช้เป็นพื้นผิวเชิงสถิติอีกชนิดหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ เนื่องจากการศึกษานี้ได้นำวิธีการจากการศึกษาของ Levine และ Nazif [41] มาใช้เป็นแนวทางเพื่อนำพื้นผิวเชิงสถิติของภาพจำนวน 2 ชนิด ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมาใช้ร่วมกันในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยจะใช้พื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเอนโทรปีเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในการเลือกค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้แยกส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ออกจากส่วนเนื้อเยื่อไขมัน

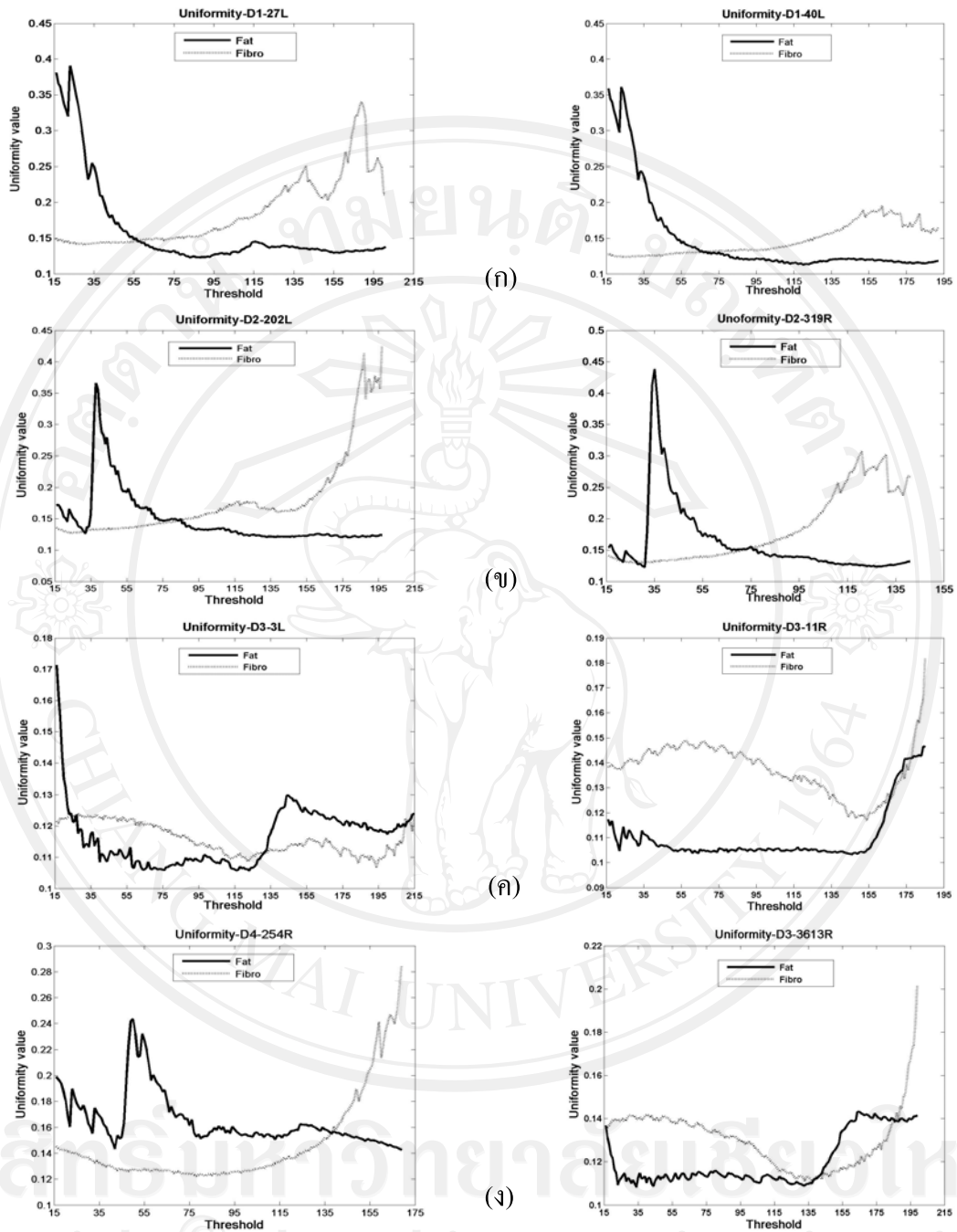
ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้เลือกพื้นผิวเชิงสถิติจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าเอนโทรปี ซึ่งเป็นชนิดมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าที่มีความจำเพาะต่อเนื้อเยื่อภายในเต้านมมากที่สุด โดยจะนำพื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดที่คัดเลือกได้นี้มาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพในแต่ละชนิดและการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ 2 ชนิดร่วมกัน ซึ่งได้แก่ การใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพร่วมกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้พื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเอนโทรปีเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในการเลือกค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม เพื่อนำค่าขีดแบ่งจุดภาพในแต่ละวิธี ไปใช้ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ออกจากส่วนเนื้อเยื่อไขมัน



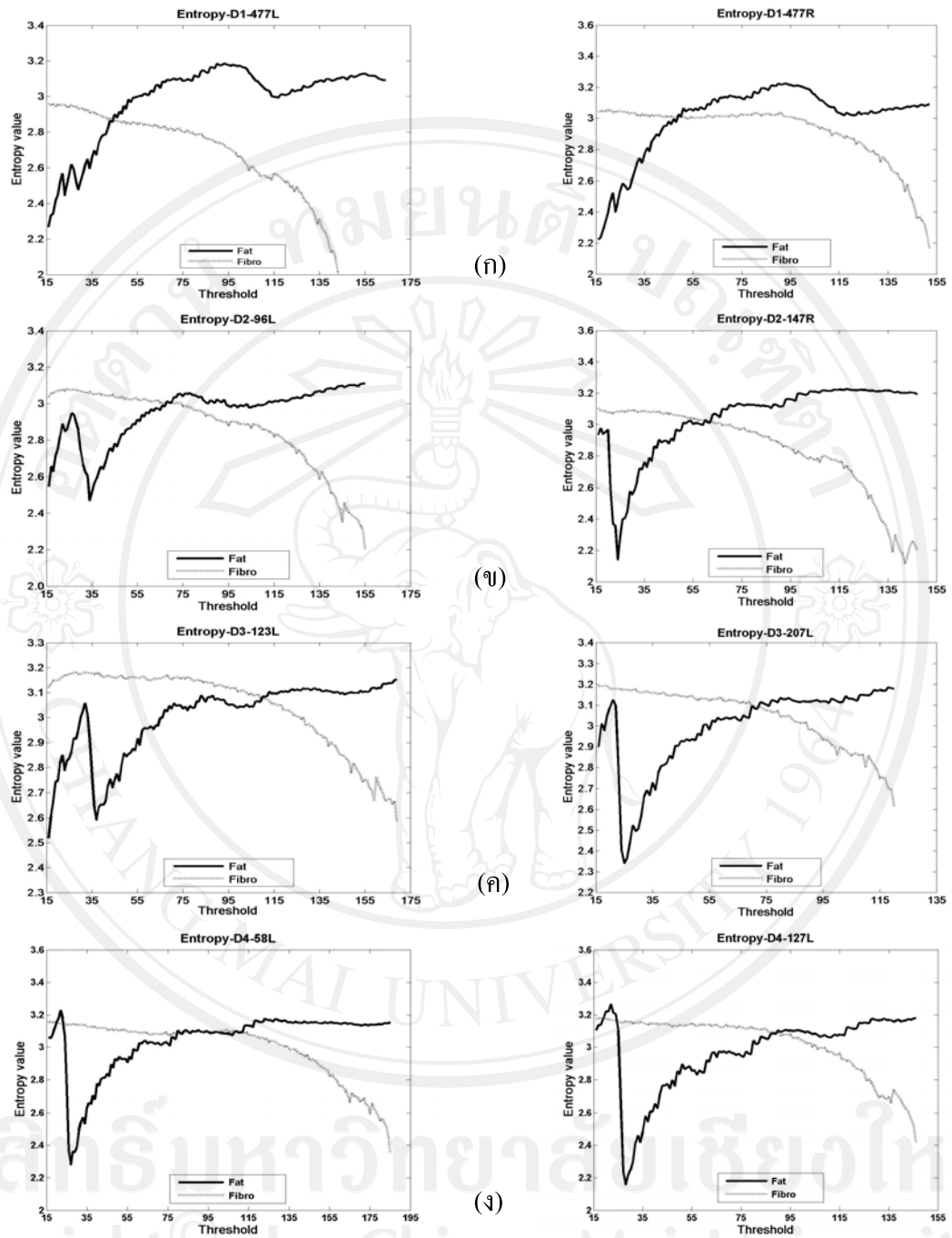
ภาพที่ 19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าความเรียบของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน (เส้นทึบ) และของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนคูลาร์ (เส้นปะ) ที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพต่างๆ ตั้งแต่ $t = 15$ จนถึง $t =$ ค่าของจุดภาพที่มีค่าสูงสุดในภาพ โดย (ก)-(ง) เป็นตัวอย่างกราฟของพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าความเรียบที่ได้จากภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมที่ระบุในฐานข้อมูลอยู่ในกลุ่ม BI-RADS I, II, III และ IV ตามลำดับ



ภาพที่ 20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าความเบี่ยงของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน (เส้นทึบ) และของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรแกลนดูลาร์ (เส้นปะ) ที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพต่างๆ ตั้งแต่ $t = 15$ จนถึง $t =$ ค่าของจุดภาพที่มีค่าสูงสุดในภาพ โดย (ก)-(ง) เป็นตัวอย่างกราฟของพื้นผิวเชิงสถิตินิตค่าความเรียบที่ได้จากภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมที่ระบุในฐานข้อมูลอยู่ในกลุ่ม BI-RADS I, II, III และ IV ตามลำดับ



ภาพที่ 21 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าความสม่ำเสมอของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน (เส้นทึบ) และของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลานดูลาร์ (เส้นปะ) ที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพต่างๆ ตั้งแต่ $t = 15$ จนถึง $t =$ ค่าของจุดภาพที่มีค่าสูงสุดในภาพ โดย (ก)-(ง) เป็นตัวอย่างกราฟของพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าความเรียบที่ได้จากภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมที่ระบุในฐานข้อมูลอยู่ในกลุ่ม BI-RADS I, II, III และ IV ตามลำดับ



ภาพที่ 22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าเอนโทรปีของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน (เส้นทึบ) และของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอสคิวลาร์ (เส้นปะ) ที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพต่างๆ ตั้งแต่ $t = 15$ จนถึง $t =$ ค่าของจุดภาพที่มีค่าสูงสุดในภาพ โดย (ก)-(ง) เป็นตัวอย่างกราฟของพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเอนโทรปีที่ได้จากภาพถ่ายรังสีเต้านมที่มีผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมที่ระบุในฐานข้อมูลอยู่ในกลุ่ม BI-RADS I, II, III และ IV ตามลำดับ

4.3 การใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ

การศึกษานี้ได้อาศัยวิธีกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการศึกษาของ Levine และ Nazif [41] มาใช้เป็นแนวทางในการนำพื้นผิวเชิงสถิติของภาพที่คัดเลือกได้มาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยได้นำเสนอออกมาเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพในแต่ละชนิด ได้แก่ ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากค่าเอนโทรปี และในส่วนที่ 2 จะเป็นการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ 2 ชนิด ร่วมกัน ซึ่งได้แก่ การใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพร่วมกับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเอนโทรปีเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในการเลือกค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม ซึ่งมีขั้นตอนในการนำพื้นผิวเชิงสถิติของภาพมาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ ดังนี้

4.3.1 การกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพแต่ละชนิดที่คัดเลือกได้

(1). ค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ

จากภาพถ่ายรังสีเต้านมจะเห็นได้ว่าในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์จะเป็นส่วนที่มีความสว่างมากกว่าส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไขมัน ซึ่งแสดงว่าจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์จะมีค่าของจุดภาพที่สูงกว่าจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพแล้ว ในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์จะเป็นส่วนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพที่สูงกว่าส่วนเนื้อเยื่อไขมัน และจากกราฟพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างเนื้อเยื่อทั้ง 2 ส่วน โดยในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์จะมีค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพที่สูงกว่าส่วนเนื้อเยื่อไขมันอย่างเห็นได้ชัดในทุกๆค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยที่ค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าต่ำในส่วนของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์จะประกอบไปด้วยจุดภาพของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ปะปนกับจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไขมัน ในขณะที่ส่วนเนื้อเยื่อไขมันจะประกอบไปด้วยจุดภาพของเนื้อเยื่อไขมันเพียงอย่างเดียว แต่เมื่อค่าขีดแบ่งจุดภาพมีค่าสูงขึ้นจนถึงค่าหนึ่ง จุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพจะประกอบไปด้วยจุดภาพของเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์เพียงอย่างเดียว แต่ในส่วนเนื้อเยื่อไขมันจะมีจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ปะปนเข้ามา โดยในกลุ่มของจุดภาพที่มีลักษณะที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันนี้ จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพที่ช้ากว่ากลุ่มของจุดภาพที่มีการปะปนกันระหว่างจุดภาพของเนื้อเยื่อทั้ง 2 ชนิด ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้หาอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพที่แต่ละค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยใช้วิธีหาค่าอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (first derivative)

ของค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพและทำการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าขีดแบ่งจุดภาพในตำแหน่งที่มีค่าอนุพันธ์อันดับหนึ่งของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ และของส่วนเนื้อเยื่อไขมันมีค่าน้อยที่สุดมาใช้เป็นค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม นำค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้นี้ไปใช้ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ออกจากส่วนเนื้อเยื่อไขมัน และนำส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ไปคำนวณเป็นค่าร้อยละของความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ จากขั้นตอนทั้งหมดที่กล่าวมาได้นำมาเขียนเป็นชุดคำสั่งในโปรแกรม MATLAB ดังแสดงในภาคผนวก ง โดยเป็นชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพและคำนวณหาค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ

(2). ค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การศึกษานี้ได้กำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) โดยใช้ฟังก์ชันการหาค่าความสม่ำเสมอ ซึ่งใช้ในการศึกษาของ Levine และ Nazif [41] มาใช้ในการศึกษานี้ โดยฟังก์ชันการหาค่าความสม่ำเสมอนี้จะเป็นการนำค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์และส่วนเนื้อเยื่อไขมันที่แต่ละค่าขีดแบ่งจุดภาพมา ยกกำลังสอง จะได้ออกมาเป็นค่าความแปรปรวนของจุดภาพ (σ^2) ของเนื้อเยื่อทั้ง 2 ส่วน นำค่าแปรปรวนของจุดภาพมากำหนดเป็นฟังก์ชันการหาค่าความสม่ำเสมอได้ ตามสมการที่ (10) โดยได้อาศัยความสัมพันธ์ที่ว่า ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการแยกส่วนภาพนั้น จะต้องเป็นค่าที่ทำให้จุดภาพที่มีลักษณะที่เหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันมากที่สุด ซึ่งในกลุ่มดังกล่าวนี้เมื่อนำมาหาค่าความแปรปรวนของจุดภาพแล้วจะมีค่าน้อย เมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีการปะปนกันระหว่างจุดภาพของเนื้อเยื่อทั้ง 2 ชนิด ซึ่งจะเป็นกลุ่มที่มีค่าของจุดภาพที่แตกต่างกันมาก จะเป็นกลุ่มที่มีค่าความแปรปรวนที่สูง [41] ดังนั้น ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อภายในเต้านมจะเป็นค่าที่ทำให้ผลรวมของค่าความแปรปรวนของจุดภาพของเนื้อเยื่อทั้ง 2 ชนิดมีค่าน้อยที่สุด โดยที่ค่าขีดแบ่งนี้จะทำให้มีการปะปนกันระหว่างจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์และจุดภาพของส่วนเนื้อเยื่อไขมันน้อยที่สุดหรือแทบจะไม่มีส่วนที่ปะปนกันเลย ซึ่งก็คือค่าที่ทำให้ฟังก์ชันการหาค่าความสม่ำเสมอมีค่าสูงที่สุด นำค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้ไปใช้ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ออกจากส่วนเนื้อเยื่อไขมัน เพื่อคำนวณเป็นค่าร้อยละของความหนาแน่นของเต้านม ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดที่กล่าวมาได้นำมาเขียนเป็นชุดคำสั่งในโปรแกรม MATLAB ดังแสดงในภาคผนวก ง โดยเป็นชุดคำสั่งที่ใช้เพื่อ

กำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพและคำนวณหาค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

(3). ค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้ค่าเอนโทรปี

การนำพื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าเอนโทรปีมาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพนั้น การศึกษานี้ได้ใช้วิธีการจากการศึกษาของ Sahoo และคณะ [44] ซึ่งวิธีการนี้จะทำการคำนวณหาค่าเอนโทรปีจากฮิสโตแกรมของภาพ โดยจะแบ่งฮิสโตแกรมของภาพออกเป็นสองส่วน ตามค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสม (cumulative distribution function; cdf) ทำการคำนวณหาค่าเอนโทรปีของเนื้อเยื่อทั้ง 2 ส่วน ซึ่งค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ออกจากส่วนเนื้อเยื่อไขมัน จะเลือกใช้ค่าขีดแบ่งจุดภาพในตำแหน่งที่ผลรวมของค่าเอนโทรปีของทั้ง 2 ส่วนมีค่ามากที่สุด วิธีการหาค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้ค่าเอนโทรปีของ Sahoo และคณะ [44] นี้ ได้มีการทำออกมาเป็นโปรแกรมประมวลผลภาพที่สามารถนำมาใช้กำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพเพื่อแยกส่วนภาพได้เลย โดยเป็นเครื่องมือหนึ่งในโปรแกรม ImageJ ดังนั้นการศึกษานี้จึงได้นำโปรแกรมดังกล่าวมาใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าเอนโทรปี เพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ออกจากส่วนเนื้อเยื่อไขมัน โดยขั้นตอนวิธีการใช้โปรแกรม ImageJ ในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าเอนโทรปี รวมถึงวิธีการนำค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้ไปใช้ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อภายในเต้านมและการคำนวณหาค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมซึ่งได้เขียนเป็นคำสั่งเพื่อใช้ในโปรแกรม MATLAB ได้แสดงในภาคผนวก ง

4.3.2 การกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติ 2 ชนิดร่วมกัน

จากการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพโดยใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพชนิดค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติทั้ง 2 ชนิดนี้ให้ค่าที่ไม่ใช่ค่าเดียวกัน จึงไม่ทราบได้ว่าค่าใดจะเป็นค่าที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อไฟโบรกลอนดูลาร์ออกจากส่วนเนื้อเยื่อไขมัน อ้างอิงจากการศึกษาของ Levine และ Nazif [41] ซึ่งแสดงถึงวิธีการนำพื้นผิวของภาพ 2 ชนิด มาใช้ร่วมกันในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยการนำค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากพื้นผิวของภาพทั้ง 2 ชนิด มาคำนวณหาค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมและใช้ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ให้ค่าเอนโทรปีมีค่าสูงสุดมาใช้เป็น

ตัวกำหนดเงื่อนไขในการเลือกค่าขีดแบ่งคุณภาพ โดยวิธีการของ Levine และ Nazif พบว่า ค่าขีดแบ่งคุณภาพที่ให้ค่าเอนโทรปีมีค่าสูงสุด คือ ค่าขีดแบ่งคุณภาพในตำแหน่งที่มีค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมมีค่าเท่ากับ 0.5 แต่เนื่องจากวิธีการที่ใช้ในการกำหนดค่าขีดแบ่งคุณภาพจากค่าเอนโทรปีการศึกษานี้ได้ใช้วิธีของ Sahoo และคณะ [44] ซึ่งเป็นการกำหนดค่าขีดแบ่งคุณภาพโดยใช้ตำแหน่งที่ค่าผลรวมระหว่างค่าเอนโทรปีของทั้ง 2 ส่วนในฮิสโตแกรมของภาพมีค่าสูงสุด ซึ่งเป็นวิธีที่แตกต่างไปจากวิธีการของ Levine และ Nazif ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้ดัดแปลงวิธีการจากการศึกษาของ Levine และ Nazif [41] โดยจะใช้ค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมของค่าเอนโทรปีที่ได้จากการใช้วิธีการของ Sahoo และคณะ [44] มาใช้เป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในการเลือกค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมแทนการใช้ค่าที่ 0.5 และเนื่องจากค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมนี้ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยที่ค่าขีดแบ่งเริ่มต้นค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมจะมีค่าน้อยที่สุดและค่าจะเพิ่มมากขึ้นแบบสะสมเมื่อค่าขีดแบ่งมีค่าสูงขึ้น และจะเห็นว่าได้ค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสมจะมีค่าสูงขึ้นตามลำดับของค่าขีดแบ่งคุณภาพ จากความสัมพันธ์นี้ทำให้สามารถนำค่าขีดแบ่งคุณภาพมาเข้าเงื่อนไขเพื่อเลือกค่าขีดแบ่งคุณภาพที่เหมาะสมได้โดยไม่ต้องหาออกมาเป็นค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบสะสม โดยการนำค่าขีดแบ่งคุณภาพที่ได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ (T_M) และค่าขีดแบ่งคุณภาพจากการใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (T_S) มาใช้ร่วมกับค่าขีดแบ่งคุณภาพที่ได้จากการใช้ค่าเอนโทรปี (T_E) นำค่าขีดแบ่งคุณภาพทั้ง 3 ค่านี้ มาเข้าเงื่อนไขเพื่อเลือกค่าขีดแบ่งคุณภาพที่เหมาะสมจากการใช้พื้นที่ผิวเชิงสถิติของภาพ 2 ชนิดร่วมกัน (T_C) โดยแบ่งเป็น 4 กรณี ดังนี้

$$T_C = \begin{cases} \max(T_M, T_S), & \text{ถ้า } T_M, T_S < T_E \\ \min(T_S, T_M), & \text{ถ้า } T_M, T_S > T_E \\ T_E, & \text{ถ้า } T_M < T_E, T_S > T_E \\ T_E, & \text{ถ้า } T_S < T_E, T_M > T_E \end{cases}$$

นั่นคือ

กรณีที่ 1 ถ้าค่าขีดแบ่งคุณภาพที่ได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ (T_M) และค่าขีดแบ่งคุณภาพจากการใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (T_S) มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งคุณภาพที่ได้จากการใช้ค่าเอนโทรปี (T_E) แล้ว ค่าขีดแบ่งคุณภาพที่เหมาะสม (T_C) จะเท่ากับค่าขีดแบ่งคุณภาพ T_M หรือ T_S ที่มีค่ามากที่สุด

กรณีที่ 2 ถ้าค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ (T_M) และค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (T_S) มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเอนโทรปี (T_E) แล้ว ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม (T_C) จะเท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพ T_M หรือ T_S ที่มีค่าน้อยที่สุด

กรณีที่ 3 ถ้าค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ (T_M) มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเอนโทรปี (T_E) และค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (T_S) ค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเอนโทรปี (T_E) แล้ว ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม (T_C) จะเท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเอนโทรปี (T_E)

และกรณีที่ 4 ถ้าค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ (T_M) มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเอนโทรปี (T_E) และค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (T_S) มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเอนโทรปี (T_E) แล้ว ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม (T_C) จะเท่ากับค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเอนโทรปี (T_E)

นำค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้ค่าเอนโทรปีและค่าขีดแบ่งจุดภาพที่ได้จากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ 2 ชนิดร่วมกัน มาใช้ในการแยกส่วนเนื้อเยื่อไขมันจากส่วนเนื้อเยื่อไขมัน เพื่อคำนวณเป็นค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านม นำค่าที่ได้ไปจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS ฉบับแก้ไขที่ 4 นำผลการจำแนกที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการจำแนกที่ระบุในฐานข้อมูล DDSM แสดงดังภาพที่ 23

4.4 ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ BI-RADS ฉบับแก้ไขที่ 4

ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมในการศึกษานี้ได้แบ่งออกเป็น 4 ส่วนตามชนิดและการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ ได้แก่ ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมที่ได้จากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเอนโทรปีและผลการจำแนกจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ 2 ชนิดร่วมกัน แสดงผลการเปรียบเทียบโดยใช้ตารางคอนฟิวชันเมตริกซ์ ดังแสดงในตารางที่ 1-4 ตามลำดับ

จากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพให้ผลของค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมอยู่ระหว่าง 0.02-86.12 เมื่อนำมาจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามเกณฑ์ของ BI-RADS ฉบับแก้ไขที่ 4 และ

ภาพแสดง ส่วนเนื้อเยื่อ เต้านม	ภาพแยกส่วนเนื้อเยื่อเต้านม จากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติ ของภาพโดยวิธีกำหนดค่า ขีดแบ่งจุดภาพ	ค่าร้อยละความ หนาแน่นของ เต้านม	ผลการ จำแนกตาม เกณฑ์ BI-RADS	ผลการจำแนก ที่ระบุใน ฐานข้อมูล DDSM
		1.92	1	1
		40.11	2	2
		29.81	2	3
		76.74	4	4
(ก)	(ข)	(ค)	(ง)	(จ)

ภาพที่ 23 แสดง (ก) ตัวอย่างภาพถ่ายรังสีเต้านมที่ได้จากขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้น (ข) ภาพที่ได้จากการแยกส่วนเนื้อเยื่อเต้านม โดยวิธีกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ (ค) ค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านม (ง) ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS และ (จ) ผลการจำแนกที่ระบุในฐานข้อมูล DDSM

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการจำแนกที่ระบุในฐานข้อมูล DDSM แล้ว แสดงผลได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่า การใช้พื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพให้ผลการจำแนกที่มีความถูกต้องตรงกับผลที่ระบุในฐานข้อมูล จำนวน 240 ภาพ จากทั้งหมด 400 ภาพ มีความถูกต้องในการจำแนก

ประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS ร้อยละ 60 โดยมีจำนวน 160 ภาพที่จำแนกผิดพลาดไปจากผลที่ระบุในฐานข้อมูล ในจำนวนนี้มี 113 ภาพ ที่มีการจำแนกผิดพลาดไปในทางที่ต่ำกว่าผลที่ระบุในฐานข้อมูล (underestimation) และอีก 47 ภาพ ที่มีการจำแนกผิดพลาดไปในทางที่สูงกว่าผลที่ระบุในฐานข้อมูล (overestimation) โดยในกลุ่ม BI-RADS II เป็นกลุ่มที่มีผลการจำแนกที่ตรงกับผลที่ระบุในฐานข้อมูลมากที่สุด คือ มีผลการจำแนกที่ถูกต้องจำนวน 76 ภาพ จาก 100 ภาพ คิดเป็นค่าร้อยละความถูกต้องในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมมีค่าเท่ากับร้อยละ 76 รองลงมา ได้แก่ กลุ่ม BI-RADS I, กลุ่ม BI-RADS III และกลุ่ม BI-RADS IV โดยมีความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 66, 59 และ 39 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า และทดสอบด้วยไคสแควร์ พบว่า การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมโดยใช้พื้นที่ผิวเชิงสถิติชนิดค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพเมื่อเปรียบเทียบกับผลการจำแนกโดยรังสีแพทย์แล้ว มีผลการจำแนกที่มีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง (ค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า = 0.46) โดยทั้ง 2 วิธีนี้ มีความสามารถในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.061$)

ตารางที่ 1 แสดงผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพในการกำหนดค่าจัดแบ่งจุดภาพโดยเปรียบเทียบกับผลการจำแนกที่ระบุในฐานข้อมูล DDSM

		ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพในการกำหนดค่าจัดแบ่งจุดภาพ			
		BI-RADS I	BI-RADS II	BI-RADS III	BI-RADS IV
ผลที่ระบุ ในฐาน ข้อมูล DDSM	BI-RADS I (<25%)	66	16	12	6
	BI-RADS II (25 - 49%)	17	76	4	3
	BI-RADS III (50 - 75%)	14	21	59	6
	BI-RADS IV (>75%)	8	27	26	39

การใช้พื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพให้ผลของค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมอยู่ระหว่าง 17.83-94.90 เมื่อนำมาจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามเกณฑ์ของ BI-RADS ฉบับแก้ไขที่ 4 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการจำแนกที่ระบุในฐานข้อมูล DDSM แล้ว แสดงผลได้ดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า การใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานให้ผลการจำแนกที่มีความถูกต้องตรงกับผลที่ระบุในฐานข้อมูล จำนวน 150 ภาพ จากทั้งหมด 400 ภาพ มีความถูกต้องในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS อยู่ร้อยละ 37.50 โดยพบว่าวิธีการนี้มีผลการจำแนกที่ผิดพลาดไปจากผลที่ระบุในฐานข้อมูลมากถึง 250 ภาพ โดยในจำนวนนี้มี 67 ภาพ ที่จำแนกผิดพลาดไปในทางที่ต่ำกว่าผลที่ระบุในฐานข้อมูล และอีก 183 ภาพ ที่จำแนกผิดพลาดไปในทางที่สูงกว่าผลที่ระบุในฐานข้อมูล โดยในกลุ่ม BI-RADS III เป็นกลุ่มที่มีผลการจำแนกที่ตรงกับผลที่ระบุในฐานข้อมูลมากที่สุด คือ มีผลการจำแนกที่ถูกต้องจำนวน 77 ภาพจาก 100 ภาพ คิดเป็นค่าร้อยละความถูกต้องในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมมีค่าเท่ากับร้อยละ 77 รองลงมาได้แก่ กลุ่ม BI-RADS IV และกลุ่ม BI-RADS II มีความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 45 และ 28 ตามลำดับ โดยในกลุ่ม BI-RADS I เป็นกลุ่มที่พบว่าให้ผลการจำแนกที่ไม่ตรงกับผลที่ระบุในฐาน

ตารางที่ 2 แสดงผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยเปรียบเทียบกับผลการจำแนกที่ระบุในฐานข้อมูล DDSM

		ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ			
		BI-RADS I	BI-RADS II	BI-RADS III	BI-RADS IV
ผลที่ระบุ ในฐาน ข้อมูล DDSM	BI-RADS I (<25%)	0	0	23	77
	BI-RADS II (25 - 49%)	0	28	38	34
	BI-RADS III (50 - 75%)	1	11	77	11
	BI-RADS IV (>75%)	2	10	43	45

ข้อมูลเลย เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แคปป่าและทดสอบด้วยไคสแควร์ พบว่า การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมโดยใช้พื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อเปรียบเทียบกับ การจำแนกโดยรังสีแพทย์แล้ว มีผลการจำแนกที่มีความสอดคล้องกันในระดับต่ำ (ค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า = 0.17) โดยเป็นวิธีที่มีความสามารถในการจำแนกที่แตกต่างกับการจำแนกโดยรังสีแพทย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.000$)

การใช้พื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเอนโทรปีในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ ให้ผลของค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมอยู่ระหว่าง 0.07-83.74 เมื่อนำมาจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามเกณฑ์ของ BI-RADS ฉบับแก้ไขที่ 4 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการจำแนกที่ระบุในฐานข้อมูล DDSM แล้ว แสดงผลได้ดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า การใช้พื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเอนโทรปี ให้ผลการจำแนกที่มีความถูกต้องตรงกับผลที่ระบุในฐานข้อมูล จำนวน 261 ภาพ จากทั้งหมด 400 ภาพ มีความถูกต้องในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS อยู่ร้อยละ 65.25 โดยมีผลการจำแนกที่ผิดพลาดไปจากผลที่ระบุในฐานข้อมูล จำนวน 139 ภาพ โดยในจำนวนนี้มี 121 ภาพ ที่จำแนกผิดพลาดไปในทางที่ต่ำกว่าผลที่ระบุในฐานข้อมูล และอีก 18 ภาพ ที่จำแนกผิดพลาดไปในทางที่สูงกว่าผลที่ระบุในฐานข้อมูล โดยกลุ่ม BI-RADS I เป็นกลุ่มที่มีผลการจำแนกที่ตรงกับผลที่ระบุในฐานข้อมูลมากที่สุด คือ มีผลการจำแนก

ตารางที่ 3 แสดงผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้ค่าเอนโทรปีในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ โดยเปรียบเทียบกับผลการจำแนกที่ระบุในฐานข้อมูล DDSM

		ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้ค่าเอนโทรปีในการกำหนดค่าขีดแบ่งจุดภาพ			
		BI-RADS I	BI-RADS II	BI-RADS III	BI-RADS IV
ผลที่ระบุในฐานข้อมูล DDSM	BI-RADS I (<25%)	83	15	2	0
	BI-RADS II (25 - 49%)	34	65	1	0
	BI-RADS III (50 - 75%)	16	24	60	0
	BI-RADS IV (>75%)	3	10	34	53

ที่ถูกต้องจำนวน 83 ภาพ จาก 100 ภาพ คิดเป็นค่าร้อยละความถูกต้องในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมมีค่าเท่ากับร้อยละ 83 รองลงมาได้แก่ กลุ่ม BI-RADS II, กลุ่ม BI-RADS III และ กลุ่ม BI-RADS IV โดยมีความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 65, 60 และ 53 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แคปป่าและทดสอบด้วยไคสแควร์ พบว่า การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเอนโทรปี เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจำแนกโดยรังสีแพทย์แล้ว มีผลการจำแนกที่มีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง (ค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า = 0.54) โดยทั้ง 2 วิธีนี้ มีความสามารถในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.054$)

การใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ 2 ชนิดร่วมกัน ได้แก่ การใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของภาพ ร่วมกับการใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีพื้นผิวเชิงสถิติชนิดค่าเอนโทรปีเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในการเลือกค่าขีดแบ่งจุดภาพที่เหมาะสม พบว่า ให้ผลของค่าร้อยละความหนาแน่นของเต้านมอยู่ระหว่าง 0.16-85.19 เมื่อนำมาจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านม โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามเกณฑ์ของ BI-RADS ฉบับแก้ไขที่ 4 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลการจำแนกที่ระบุในฐานข้อมูล DDSM แล้ว แสดงผลได้ดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่า การใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ 2 ชนิดร่วมกัน ให้ผลการจำแนกมีความถูกต้องตรงกับผลที่ระบุในฐานข้อมูลมากถึง 274 ภาพ จากทั้งหมด 400 ภาพ มีความถูกต้องในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมตามเกณฑ์ของ BI-RADS อยู่ร้อยละ 68.50 โดยพบว่ามีจำนวน 126 ภาพ ที่จำแนกผิดพลาดไปจากผลที่ระบุในฐานข้อมูล ในจำนวนนี้มี 81 ภาพ ที่จำแนกผิดพลาดไปในทางที่ต่ำกว่าผลที่ระบุในฐานข้อมูลและอีก 45 ภาพ ที่จำแนกผิดพลาดไปในทางที่สูงกว่าผลที่ระบุในฐานข้อมูล โดยในกลุ่ม BI-RADS II เป็นกลุ่มที่มีผลการจำแนกที่ตรงกับผลที่ระบุในฐานข้อมูลมากที่สุด คือ มีผลการจำแนกที่ถูกต้องจำนวน 85 ภาพ จาก 100 ภาพ คิดเป็นค่าร้อยละความถูกต้องในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมมีค่าเท่ากับร้อยละ 85 รองลงมาได้แก่ กลุ่ม BI-RADS III, BI-RADS I และกลุ่ม BI-RADS IV โดยมีความถูกต้องในการจำแนกร้อยละ 77, 64 และ 48 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แคปป่าและทดสอบด้วยไคสแควร์ พบว่า การจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมโดยใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ 2 ชนิดร่วมกันเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจำแนกโดยรังสีแพทย์แล้ว มีผลการจำแนกที่มีความสอดคล้องกันในระดับปานกลาง (ค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า = 0.58) โดยทั้ง 2 วิธีนี้ มีความสามารถในการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.051$)

ตารางที่ 4 แสดงผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ 2 ชนิดร่วมกันในการกำหนดค่าจัดแบ่งจุดภาพโดยเปรียบเทียบกับผลการจำแนกที่ระบุในฐานข้อมูล DDSM

		ผลการจำแนกประเภทความหนาแน่นของเต้านมจากการใช้พื้นผิวเชิงสถิติของภาพ 2 ชนิดร่วมกันในการกำหนดค่าจัดแบ่งจุดภาพ			
		BI-RADS I	BI-RADS II	BI-RADS III	BI-RADS IV
ผลที่ระบุ ในฐาน ข้อมูล DDSM	BI-RADS I (<25%)	64	19	11	6
	BI-RADS II (25 - 49%)	8	85	4	3
	BI-RADS III (50 - 75%)	6	15	77	2
	BI-RADS IV (>75%)	1	16	35	48