บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ

เนื้อหาของบทนี้ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญที่สุดสองส่วนคือ ผลสรุปของการทำวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่สนใจทำวิจัยในเรื่องนี้และเรื่องที่เกี่ยวข้อง

5.1 สรุปผลการวิจัย

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาระบบติดตามเส้นขอบภาพอัลตราซาวนด์ โดยเลือกใช้ภาพอัลตราซาวนด์ของต่อมไทรอยด์เป็นพื้นฐานในการศึกษา ระบบติดตามเส้นขอบที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากที่สุดวิธีหนึ่ง ได้แก่ เทคนิค pre-emptive ซึ่งให้ผู้ใช้ทำงาน พร้อมกับคอมพิวเตอร์ที่ช่วยคำนวณเส้นขอบให้เป็นระยะๆ อย่างไรก็ดีการคำนวณเส้นขอบในเทคนิคดังกล่าวประกอบด้วยสองขั้นตอน ที่สามารถพัฒนาให้การติดตามเส้นขอบภาพมีประสิทธิภาพดีขึ้นได้ คือการลดทอนสัญญาณรบกวนที่ใช้วงจรกรองมัธยฐาน และการตรวจจับเส้นขอบที่ใช้วงจรตรวจจับเส้นขอบของแคนนี แม้ว่าเส้นขอบที่คำนวณได้มีความต่อเนื่องและชัดเจน แต่ใช้เวลาในการคำนวณนานมาก ซึ่งทำให้การคำนวณเส้นขอบล่วงหน้าทำได้ในระยะสั้นๆ เท่านั้น นอกจากนี้ ถ้าต้องการให้เส้นขอบเรียบขึ้น ตามลักษณะของต่อมไทรอยด์จริง ต้องใช้ขนาดหน้าต่างใหญ่ขึ้นเพื่อลดทอนสัญญาณรบกวน เวลาในการคำนวณก็จะยิ่งมากขึ้นเป็นอันดับ $MNlog_2MN$ สำหรับวงจรกรองขนาด $(2M+1)(2N+1)$ พิกเซล

ในงานวิจัยนี้พบว่าการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการคำนวณ ทำได้โดยเลือกใช้วงจรกรองอื่นที่ให้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน คือวงจรกรองซาวิสกี-โกเลย์สองมิติซึ่งดัดแปลงมาจากวงจรกรองหนึ่งมิติของซาวิสกี-โกเลย์ อันเป็นวงจรกรองที่ได้รับการยอมรับด้านการคงสภาพขอบ และการลดทอนสัญญาณรบกวนวิธีหนึ่งการลดทอนสัญญาณรบกวนของ

วงจรกรองที่เสนอใหม่นี้ใช้หลักการของการแทนที่ระนาบพหุนามให้แก่ความเข้ม ให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการแทนที่กำลังสองน้อยที่สุด สัมประสิทธิ์ของพหุนามสามารถคำนวณไว้ได้ล่วงหน้า ทำให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อย การเพิ่มขนาดหน้าต่าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการลดทอนสัญญาณรบกวน เป็นเพียงการเพิ่มพจน์บวกเท่านั้นดังนั้นเวลาที่ใช้เมื่อเปรียบเทียบกับวงจรกรองมัธยฐานจึงต่ำมาก ในขณะที่ประสิทธิภาพการลดทอนสัญญาณการคงสภาพขอบและเส้นขอบที่ได้เมื่อใช้ร่วมกับวงจรตรวจจับเส้นขอบแคนนี ไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้แม้ว่าจะใช้ขนาดหน้าต่างเพิ่มขึ้น วงจรกรองยังคงรักษาเส้นขอบส่วนใหญ่ไว้ได้ แม้จะมัวไปบ้าง ซึ่งทำให้ช่วงขนาดหน้าต่างของวงจรกรองที่สามารถใช้งานได้ค่อนข้างกว้าง ผิดกับวงจรกรองมัธยฐานที่มีช่วงขนาดหน้าต่างไม่กว้างนัก

นอกจากวิธีการลดทอนสัญญาณรบกวนที่เสนอแล้ว ในวิทยานิพนธ์ยังได้เสนอวงจรตรวจจับเส้นขอบอีก 3 แบบ ซึ่งได้จากสัมประสิทธิ์ของระนาบพหุนามของวงจรกรองวงจรตรวจจับเส้นขอบที่เสนอนี้ให้เส้นขอบที่ต่อเนื่องกว่า เมื่อใช้วงจรกรองซาวิสกี-โกเลย์ร่วมกับวงจรตรวจจับเส้นขอบแคนนี แบบแรกเป็นการใช้ค่าเกรเดียนต์ร่วมกับการทำทินนิงซึ่งให้เส้นขอบที่ต่อเนื่อง เรียบ และชัดเจน อย่างไรก็ดีวิธีนี้ยังไม่เหมาะต่อการใช้กับระบบติดตามเส้นขอบ เพราะจะทำทินนิงได้ต้องรอให้คำนวณเส้นขอบครบทั้งหน้าต่างเสียก่อน ทำให้เสียเวลานาน แบบที่สองใช้ค่าเกรเดียนต์ร่วมกับค่าอนุพันธ์อันดับที่สองในทิศทางตั้งฉากกับเส้นขอบ เส้นขอบที่ได้ใกล้เคียงกับแบบแรก การทำเส้นขอบให้หนาหรือบาง ขึ้นกับการกำหนดค่าระดับของค่าอนุพันธ์ ซึ่งคำนวณไปพร้อมๆ กันได้ ไม่ต้องรอให้เสร็จทั้งหน้าต่างเหมือนแบบแรก แบบที่สาม ได้จากการประมาณค่าอนุพันธ์อันดับที่สอง ในทิศทางตั้งฉากกับเส้นขอบด้วยค่าลาปลาเซียน ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันในวงจรตรวจจับเส้นขอบอื่นๆ โดยค่าลาปลาเซียนได้จากสัมประสิทธิ์ของระนาบพหุนาม เช่นเดียวกับแบบที่หนึ่งและสอง อย่างไรก็ดี เมื่อทดลองใช้แบบที่สาม ผลออกมาไม่น่าเป็นที่พอใจนัก เพราะแม้เส้นขอบจะต่อเนื่องแต่ก็ไม่เรียบ เวลาที่ใช้น้อยกว่าแบบที่สองเพียงเล็กน้อย วงจรตรวจจับเส้นขอบแบบที่หนึ่งและสองจึงน่าสนใจมากกว่า โดยการเลือกใช้ทั้งสองวงจรขึ้นกับลักษณะงาน

เมื่อทดลองนำระบบติดตามเส้นขอบที่พัฒนาแล้วมาใช้กับภาพอัลตราซาวนด์ของต่อมไทรอยด์ พบว่าประสิทธิภาพใกล้เคียงกับแบบเดิมที่ใช้วงจรกรองมัธยฐานและวงจรตรวจจับเส้นขอบแคนนี แต่เวลาที่ใช้น้อยกว่ามาก จึงเหมาะแก่การใช้งานแบบที่ผู้ใช้ร่วมทำงานไปด้วยได้มากกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการทำวิจัยมีบางปัญหาที่น่าสนใจ และสามารถใช้เป็นหัวข้อในการทำวิจัยต่อไปได้ ดังนี้

1. ในระบบติดตามเส้นขอบ เมื่อผู้ใช้กำหนดจุดขอบใหม่ บางครั้งอาจต้องกำหนดค่าระดับของวงจรตรวจจับเส้นขอบเสียใหม่ ซึ่งในการทดลอง ยังคงกำหนดค่าดังกล่าวโดยผู้ใช้ อาจมีการทำวิจัยเพิ่มเติม เพื่อให้วงจรตรวจจับเส้นขอบสามารถเลือกใช้ค่าระดับแบบอัตโนมัติ

2. เราสามารถปรับปรุงเส้นขอบที่ได้ให้เรียบขึ้น โดยใช้วงจรกรองซาวิสกี-โกเลย์หนึ่งมิติได้ ดังเช่นรูปที่ 4.6 โดยขนาดของวงจรกรองที่เหมาะสมสำหรับใช้งานในลักษณะดังกล่าวเป็นหัวข้อที่น่าสนใจสำหรับการทำวิจัยต่อไป

3. ในการทดลองใช้ระบบติดตามเส้นขอบแบบไม่จำกัดขนาดหน้าต่าง แสดงให้เห็นแนวโน้มความเป็นไปได้ที่จะสร้างระบบติดตามเส้นขอบ ที่อาศัยข้อมูลช่วยเหลือจากผู้ใช้น้อยที่สุด ในการทดลองดังกล่าวยังไม่ได้มีการพัฒนาในจุดนี้ และมีแนวทางที่จะทำให้แนวคิดนี้เป็นจริงได้ เช่น การเพิ่มความรู้ให้กับขั้นตอนการเชื่อมต่อเส้นขอบ เพื่อให้เลือกเส้นทางที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดเมื่อถึงทางแยก

4. ระบบติดตามเส้นขอบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้เป็นพื้นฐานที่ดี ในการสร้างระบบวินิจฉัยทางการแพทย์ เช่น การคำนวณพื้นที่ของอวัยวะที่สนใจ หรือ การนำไปช่วยในการลากเส้นขอบ เพื่อสร้างภาพสามมิติจากภาพอัลตราซาวนด์ได้ โดยการประยุกต์ใช้งานเหล่านี้ยังต้องการการวิจัยในแนวลึก เพื่อการใช้งานจริงต่อไป