บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปงานวิจัย ปัญหาที่พบ และข้อเสนอแนะอันจะเป็นแนวทางพัฒนาวิธีการฝังลายน้ำอเนกประสงค์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป

5.1 บทสรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการฝังลายน้ำอเนกประสงค์บนรูปภาพดิจิตอล เพื่อตรวจสอบรับรองความเป็นต้นฉบับและพิสูจน์ความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์ โดยกระทำในโดเมนเอสวีดี จากการทดลองพบว่าค่า *PSNR* ของเทคนิคการฝังลายน้ำอเนกประสงค์ที่นำเสนอนี้มีค่าไม่ต่ำกว่า 41.034 dB ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ค่า *NC* ของลายน้ำแบบคงทนและลายน้ำแบบเปราะบางที่ถอดได้มีค่ามากที่สุด 1.000

จากผลการทดลองในบทที่ 4 พบว่าหลังจากนำภาพผลลัพธ์มาทำการแก้ไขปลอมแปลงรูปภาพโดยเจตนา ด้วยการเพิ่มหรือลบรายละเอียดข้อมูล โดยขยายสัดส่วนการแก้ไขข้อมูลขึ้นเรื่อยๆ คุณภาพของลายน้ำแบบเปราะบางที่ถอดได้สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ลายน้ำแบบเปราะบางยังสามารถระบุตำแหน่งที่มีการแก้ไขบริเวณรูปภาพแม้เพียงเล็กน้อยได้ ส่วนคุณภาพของลายน้ำแบบคงทนที่ถอดได้นั้นมีความชัดเจนในทุกบริเวณที่มีการแก้ไขเกิดขึ้น

การทดสอบตัดภาพออกเป็นบางส่วน รายละเอียดของลายน้ำแบบคงทนและแบบเปราะบางที่ถอดออกมาได้ จะมีความชัดเจนมากน้อยขึ้นอยู่กับพื้นที่ของภาพที่ถูกตัดออกไป ถ้ามีการตัดภาพมากความชัดเจนก็ลดลง ถ้ามีการตัดภาพน้อยความชัดเจนก็มีมาก ซึ่งลายน้ำแบบคงทนสามารถถอดได้ตั้งแต่ 10 % ไปจนถึง 50 % ของพื้นที่เดิม ส่วนลายน้ำแบบเปราะบางสามารถถอดได้ 10 % ไปจนถึง 90 % ของพื้นที่เดิม และยังสามารถระบุบริเวณที่มีการตัดภาพได้ทุกตำแหน่ง

การทดสอบโดยวิธีการบีบอัดรูปภาพแบบ JPEG หลังจากภาพผลลัพธ์ผ่านการบีบอัดภาพแบบ JPEG ที่ระดับคุณภาพต่างกันแล้ว พบว่าการเพิ่มระดับการบีบอัดภาพมากขึ้นมีผลให้ค่า *NC* ของลายน้ำลดลง ทำให้ลายน้ำที่ได้ขาดรายละเอียดและเพี้ยนไปจากลายน้ำต้นฉบับมากขึ้น ลายน้ำแบ่บคงทนที่ถอดได้สามารถอ่านได้ตั้งแต่ 20 ไปจนถึง 100 ส่วนลายน้ำแบบเปราะบางที่ถอดได้สามารถอ่านได้ตั้งแต่ 90 ไปจนถึง 100

นำภาพผลลัพธ์มาทำการทดสอบแทรกสัญญาณรบกวนแบบ Salt & Pepper ลายน้ำแบบคงทนและแบบเปราะบางที่ถอดออกมาได้นั้นมีความชัดเจนมากน้อย ขึ้นอยู่กับค่า Noise Density ซึ่งลายน้ำแบบคงทนที่ถอดได้จะอยู่ที่ค่า Noise ตั้งแต่ 0 ไปจนถึง 0.01 และลายน้ำแบบเปราะบางที่ถอดได้แล้วสามารถอ่านได้ตั้งแต่ 0 ไปจนถึง 0.01 เช่นกัน

การทดสอบภาพผลลัพธ์โดยการปรับปรุงคุณภาพด้วยฟิลเตอร์ที่มีขนาดต่างกัน เมื่อฟิลเตอร์มีขนาดใหญ่ขึ้นมีผลให้ค่า NC ของลายน้ำลดลง ลายน้ำแบบคงทนที่ถอดได้ตั้งแต่ฟิลเตอร์ที่มีขนาด 3×3, 5×5 และ 7×7 ลายน้ำแบบเปราะบางที่ถอดได้ทุกภาพไม่สามารถอ่านได้

การนำภาพผลลัพธ์มาทำการทดสอบด้วยการปรับขนาดภาพ ลายน้ำแบบคงทนที่ถอดได้จะสามารถอ่านได้ทั้งหมด ยกเว้นแต่การย่อขนาดลงเหลือ 30% ของพื้นที่เดิม ไม่สามารถอ่านได้ ส่วนลายน้ำแบบเปราะบางที่ถอดได้ทุกภาพไม่สามารถอ่านได้

การทดสอบภาพผลลัพธ์โดยการหมุนภาพไปด้วยมุมต่างๆ จากนั้นทำการหมุนกลับแล้วทำการตัดขอบของรูปภาพใหม่ทิ้ง เพื่อให้มีขนาดเท่ารูปภาพเดิม (Cropped) ลายน้ำแบบคงทนและแบบเปราะบางที่ถอดได้และสามารถอ่านได้ตั้งแต่ที่ 25 องศาไปจนถึง 125 องศา

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองพบว่า วิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นมีข้อจำกัดบางประการ และมีจุดควรพัฒนาปรับปรุงให้มีการทำการวิจัยและศึกษาต่อไปเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่

1. เนื่องจากเทคนิคที่นำเสนอได้ทำการฝังลายน้ำอเนกประสงค์บนค่าเอกฐานของเอสวีดีเพียงเท่านั้น อาจมีการพิจารณาที่จะเลือกฝังลายน้ำลงบนค่าเอกฐานเวคเตอร์ซ้ายหรือค่าเอกฐานเวคเตอร์ขวาเพื่อช่วยให้ลายน้ำมีความทนทานต่อการโจมตีต่างมากขึ้น เช่นงานวิจัยของ Chandra และ Srinivas (2008)

2. ข้อจำกัดของเทคนิคควอนไตซ์เซชัน ที่ใช้ในการฝังลายน้ำอเนกประสงค์บนเอสวีดีนี้คือจำเป็นจะต้องมีการผันกลับกระบวนการ ในกรณีที่รูปภาพดังกล่าวถูกเปลี่ยนแปลงแก้ไขมา เพื่อให้ได้รูปภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกับของเดิมให้มากที่สุดก่อนเข้าสู่กระบวนการถอดลายน้ำได้ จึงควรมีการนำเทคนิคอื่นๆเข้ามาประยุกต์ใช้เพิ่มเติม เช่น ในงานวิจัยของ สิริพร ผลสมบูรณ์ (2547) ได้ใช้เทคนิคการแปลงโดเมนที่ไม่แปรผัน (Transform-based scheme) ร่วมกับการใช้ฟังก์ชันเอ็กโพเนนเชียลเชิงซ้อน (Complex exponential function) ซึ่งสามารถทำการตรวจหาลายน้ำดิจิตอลได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องมีการผันกลับกระบวนการใดๆ หากในกรณีที่ต้องการนำเทคนิคนี้ไปประยุกต์ใช้นั้น

จำเป็นที่จะต้องมีการฝังลายน้ำบนฟูเรียร์ (Lin et al., 2001) หรืออาจจะฝังลายน้ำบนฟูเรียร์ร่วมกับโดเมนอื่น เช่น ฝังลายน้ำบนฟูเรียร์ร่วมกับเวฟเล็ตโดเมนในงานวิจัยของ Kang และคณะ (2003) หรือนำเทคนิคการค้นหาคุณลักษณะ (Feature-based scheme) ซึ่งจะทำการตรวจหาคุณลักษณะของภาพที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปก่อน จากนั้นทำการผันกลับกระบวนการให้รูปภาพมีลักษณะใกล้เคียงกับของเดิมให้มากที่สุดก่อนเข้าสู่กระบวนการถอดลายน้ำ โดยเทคนิคนี้จะมีจุดเด่นตรงที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกโดเมนความถี่ เช่น งานวิจัยของ Mikolajczyk และ Schmid (2004) หรือ Tuytelaars และ Gool (2004)

3. ควรมีการพัฒนาขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของรูปภาพ ที่ทำให้ผู้ใช้สามารถตัดสินได้ว่าภาพถูกแก้ไขไปมากน้อยระดับใดได้ง่ายและชัดเจนยิ่งขึ้น อาจมีการกำหนดค่า Threshold เป็นค่ามาตราฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าความเปลี่ยนแปลงของรูปภาพ