บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการตรวจหารอยปะซ่อมบนภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ที่ได้จากกล้องถ่ายสภาพผิวทางของรถสำรวจซึ่งเป็นภาพถ่ายในสภาพแวดล้อมจริงโดยใช้ภาพทุกระยะ 5 เมตรโดยใช้การแยกส่วนลักษณะพื้นผิวและทำการทดสอบกับภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ซึ่งมีรูปแบบสี RGB ขนาด 1280 x 960 จุดภาพจำนวน 2265 ภาพ โดยใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุคซึ่งมีหน่อยประมวลผลกลาง Pentium4 ความเร็ว 1.5 GHz หน่วยความจำ 512 MB ในการประมวลผล ซึ่งใช้เวลาเฉลี่ย 20 วินาทีต่อภาพ โดยขั้นตอนของงานวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนการเก็บข้อมูลเริ่มจากการนำข้อมูลภาพดิจิทัลที่อยู่ในรูปแบบไฟล์วีดิทัศน์มาแปลงเป็นภาพนิ่งในรูปแบบสี RGB ขนาด 1280 x 960 จุดภาพ

2. ขั้นตอนการประมวลผลภาพเบื้องต้นเป็นขั้นตอนที่ปรับปรุงภาพให้เหมาะสมกับงานวิจัยมากขึ้นโดยประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพดิจิทัลเข้ามาปรับปรุงภาพได้แก่ การลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองเกาส์เซียน การหาบริเวณที่สนใจโดยใช้กระบวนการทางตรรกะเพื่อตัดภาพให้เหลือเฉพาะบริเวณที่สนใจ และการแปลงรูปแบบสีจากรูปแบบสี RGB เป็นรูปแบบสี HSI โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์

3. ขั้นตอนการแยกส่วนภาพเป็นการแยกส่วนภาพที่น่าจะเป็นรอยปะซ่อมออกจากผิวถนนแอสฟัลต์โดยใช้ลักษณะพื้นผิวประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ 2 ขั้นตอนหลัก ๆ คือการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวในส่วนภาพย่อย ๆ และการจัดกลุ่มส่วนที่มีลักษณะพื้นผิวที่คล้ายกัน ซึ่งคุณสมบัติที่ใช้ในการบ่งบอกลักษณะพื้นผิวคือความเข้มแสงของบริเวณนั้น ๆ และพิจารณาภาพเป็นชุดชุดละ 9 ภาพ (ภาพที่สนใจ ภาพก่อนหน้า 4 ภาพ และภาพภายหลัง 4 ภาพ) เปรียบเทียบพื้นผิวในบริเวณเดียวกันในภาพทั้ง 9 ภาพบริเวณที่น่าจะเป็นรอยปะซ่อมคือบริเวณที่มีความเข้มแสงมากกว่าความเข้มแสงเฉลี่ยบวกกับความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มแสงในบริเวณนั้นสำหรับชุดภาพนั้น ๆ ส่วนการจัดกลุ่มจะทำในภาพหนึ่ง ๆ ซึ่งรวมกลุ่มบริเวณพื้นผิวที่คาดว่าจะเป็นรอยปะซ่อมที่ติดกันไว้เป็นกลุ่มเดียวกัน

4. ขั้นตอนการระบุรอยปะซ่อมเป็นขั้นตอนที่คัดกรองโดยใช้เงื่อนไขของขนาดเพื่อระบุตำแหน่งของรอยปะซ่อมในภาพหนึ่ง ๆ และหาขนาดโดยประมาณของรอยปะซ่อมนั้น โดยอาศัยการเทียบขนาดกับเส้นแบ่งการจราจรหรือเส้นถนนซึ่งมีขนาดที่คงที่ อย่างไรก็ตามในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องมีความรู้ของเจ้าหน้าที่ที่เชี่ยวชาญในการระบุรอยปะซ่อมเพื่อบ่งบอกว่าบริเวณใดที่เป็นรอยปะซ่อมและบริเวณใดที่ไม่ใช่รอยปะซ่อม

ความแม่นยำของอัลกอริทึมที่นำเสนอคำนวณโดยแยกประเภทของภาพออกเป็น 2 ลักษณะคือภาพผิวถนนแอสฟัลต์ที่มีรอยปะซ่อมและภาพผิวถนนแอสฟัลต์ที่ไม่มีรอยปะซ่อมซึ่งตรงตามขอบเขตของงานวิจัย ซึ่งผลการทดลองพบว่ามีความผิดพลาดเชิงบวกเฉลี่ยร้อยละ 20.47 และความผิดพลาดเชิงลบเฉลี่ยร้อยละ 15.91 โดยความผิดพลาดเชิงบวกมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากเงาต้นไม้ข้างทางนอกจากนี้ยังเกิดจากรถยนต์ในช่องทางจราจรข้างเคียงและรอยดำบนพื้นผิวทางแอสฟัลต์ ส่วนความผิดพลาดเชิงลบมีสาเหตุหลัก ๆ คือรอยปะซ่อมมีขนาดเล็กเนื่องจากอยู่ในระยะไกลและรอยปะซ่อมมีความกลมกลืนไปกับพื้นผิวถนนแล้ว

งานวิจัยนี้ยังหากพิจารณาเฉพาะบริเวณที่อยู่ในระยะเพียง 5 เมตร จากขอบล่างของเทมเพลต จะส่งผลให้ค่าความแม่นยำมีค่าสูงขึ้นเป็นร้อยละ 86.98 ในภาพที่มีรอยปะซ่อมและร้อยละ 84.61 ในภาพที่ไม่มีรอยปะซ่อม

5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาสำหรับภาพผิวถนนแอสฟัลต์โดยทั่วไปซึ่งถ่ายจากกล้องด้านหน้าของรถสำรวจในขณะที่ผิวถนนแห้งและมีการปรับพารามิเตอร์กล้องอย่างเหมาะสมอย่างไรก็ตามอาจมีกรณีที่ทำให้ผลลัพธ์ผิดพลาดได้บ้างดังนี้

1. อัลกอริทึมที่เสนอเหมาะกับภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ที่เก็บข้อมูลในช่วงเวลา 9.00 น.ถึง 15.00 น.เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีแสงสว่างเพียงพอ และต้องเป็นช่วงที่สภาพอากาศแจ่มใสไม่มีหมอกหรือฝนตก

2. เนื่องจากรอยน้ำบนพื้นผิวถนนมีลักษณะคล้ายคลึงกับรอยปะซ่อมการใช้งานจึงควรหลีกเลี่ยงสภาพผิวถนนเปียก

3. ในกรณีข้างถนนมีต้นไม้จำนวนมาก จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเชิงบวกและค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเชิงลบสูงขึ้น เนื่องจากเงาต้นไม้

4. อัลกอริทึมที่เสนอไม่เหมาะสมกับพื้นผิวทางที่มีรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์อยู่ในบริเวณหน้ารถสำรวจเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงไม่เหมาะกับการสำรวจความเสียหายในตัวเมืองหรือบริเวณที่มีคนอยู่อาศัยหนาแน่น

5. อัลกอริทึมไม่เหมาะสมกับรอยปะซ่อมที่มีตำแหน่งกริดเซลล์ซ้ำกันตลอดในภาพชุดหนึ่ง เช่นกรณีที่รอยปะซ่อมอยู่ในบริเวณกริดเซลล์ใดกริดเซลล์หนึ่งตลอดทุกภาพ จะทำให้อัลกิริทึมให้ผลลพธ์ว่าเป็นพื้นผิวทางปกติ อย่างไรก็ตามโอกาสที่จะเกิดกรณีนี้มีไม่มาก

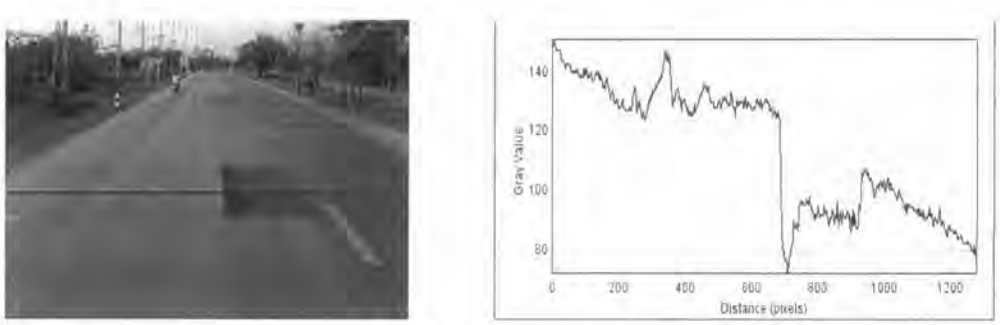
5.3 ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ

เมื่อทำการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมกับข้อมูลภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ในการสำรวจจริง พบว่ามีส่วนที่สามารถปรับปรุงเพื่อให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นไปได้ ดังต่อไปนี้

1. เงาต้นไม้ข้างทางซึ่งส่งผลให้เกิดความผิดพลาดทั้งแบบเชิงบวกและเชิงลบวิธีการแก้ไขจะต้องอาศัยระบบกึ่งอัตโนมัติซึ่งต้องมีผู้ใช้ป้อนข้อมูลว่าบริเวณใดเป็นบริเวณที่มีต้นไม้หนาแน่น เพราะอาจต้องมีการปรับรูรับแสงหรือความเร็วชัตเตอร์ของกล้องถ่ายภาพ

2. ขนาดของกริดเซลล์อาจใช้เป็นแบบที่ไม่คงที่คือยิ่งไกลออกไปยิ่งขนาดลดลงเนื่องจากระยะทางจริงเทียบกับหนึ่งจุดภาพมีค่ามาก จะทำให้สามารถช่วยลดปัญหาความผิดพลาดจากขนาดของรอยปะซ่อมและส่งผลให้ความเร็วในการประมวลผลดีขึ้น

3. กรณีที่รอยปะซ่อมมีลักษณะที่เกิดซ้ำกันบนบริเวณเดียวกันของภาพชุดหนึ่ง ๆ ซึ่งจะทำให้ในขั้นตอนการแบ่งส่วนลักษณะพื้นผิวไม่สามารถแยกรอยปะซ่อมออกจากผิวทางปกติได้ สามารถใช้การพิจารณาเป็นภาพใดภาพหนึ่งช่วยเนื่องจากรอยปะซ่อมจะทำให้ค่าระดับเทามีการกระโดดของค่าขึ้นเป็นลักษณะเนินเขาในกรณีรอยปะซ่อมสีขาวและหุบเขาในกรณีรอยปะซ่อมสีดำ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ค่าระดับเทาเมื่อพิจารณาตามแนวเส้นที่ตัดผ่านรอยปะซ่อม