



บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการที่ใช้ในการตรวจหารอยปะชอมบนพื้นผิวทางแอสฟัลต์ด้วยวิธีการแยกส่วนโดยใช้ลักษณะพื้นผิว โดยใช้โปรแกรมต้นแบบที่พัฒนาขึ้นจากโปรแกรม Microsoft Visual C++ 6.0 และใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลซึ่งมีหน่วยประมวลผลกลาง Pentium 4 ความเร็ว 1.5 GHz หน่วยความจำ 512 MB ซึ่งในบทนี้จะแสดงถึงผลความถูกต้องในการทดลองตรวจหารอยปะชอมบนพื้นผิวทางแอสฟัลต์ ข้อมูลภาพดิจิทัลที่ใช้ในที่นี้ นำมาจากเพิ่มข้อมูลภาพในรูปแบบไฟล์ข้อมูลวีดิทัศน์ที่ได้จากการสำรวจผิวทางหลวงจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยเป็นภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพสีด้านหน้าของรถสำรวจ 1 กล้อง

4.1 การเก็บข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลองของงานวิจัยนี้ได้จากฐานข้อมูลการสำรวจความเสียหายของกรมทางหลวง [18] โดยนำเอาบางส่วนจากฐานข้อมูลซึ่งเป็นภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์จากจังหวัดต่าง ๆ ทางภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดตาก จังหวัดพิจิตร จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดน่าน และจังหวัดพิษณุโลก โดยข้อมูลที่ได้มาจากระบบสำรวจซึ่งติดตั้งบนรถดังรูปที่ 4.1 ซึ่งมีการติดตั้งคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ช่วยในการเก็บข้อมูล เช่น จีพีเอส (GPS) ไจโรสโคป (Gyroscope) อุปกรณ์วัดความเร่ง (Accelerometer) กล้องที่ติดตั้งด้านหน้ารถสำรวจ กล้องส่องผิวทาง (Pavement View Camera) และเลเซอร์โปรไฟล์มิเตอร์ (Laser Profilometer)

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การตรวจหารอยปะชอม ซึ่งใช้ภาพจากกล้องที่ติดตั้งด้านหน้าของรถสำรวจ ดังรูปที่ 4.1 ซึ่งเป็นกล้องที่ติดตั้งบนหลังคารถที่ใช้ในการสำรวจโดยหันไปทางด้านหน้าของรถสำรวจสามารถถ่ายภาพครอบคลุมบริเวณหน้ารถไปจนถึงสายตาหรือระยะอนันต์ ภาพที่เก็บมาเป็นภาพที่มีความละเอียด 1280 x 960 จุดภาพ เป็นภาพสีที่ถ่ายต่อเนื่องในทุกระยะคงที่ค่าหนึ่ง

ด้วยเหตุนี้ในแต่ละภาพจึงมีการเหลื่อมกันของภาพค่อนข้างมากหากมีการถ่ายภาพที่ถี่มากดังนั้นจำเป็นต้องมีการดึงภาพเป็นช่วง ๆ เช่น 5 ภาพ จึงจะดึงมา 1 ภาพ ขึ้นอยู่กับว่าขณะที่เก็บภาพกำหนดให้กล้องด้านหน้าถ่ายภาพทุก ๆ ระยะทางเท่าใด โดยในการทดลองนี้ได้เก็บ

ข้อมูลภาพแบบ 5 ภาพดึงมา 1 ภาพ ในแต่ละภาพเมื่อผ่านกระบวนการเตรียมภาพจะมีความยาวประมาณ 9.91 เมตรดังรูปที่ 4.2 แต่ในการสำรวจภาพที่เก็บเป็นการเก็บทุก ๆ ระยะทาง 1 เมตร ดังนั้นภาพที่ได้จะมีการเหลื่อมล้ำกันดังรูปที่ 4.3



(ก) รถสำรวจด้านข้าง

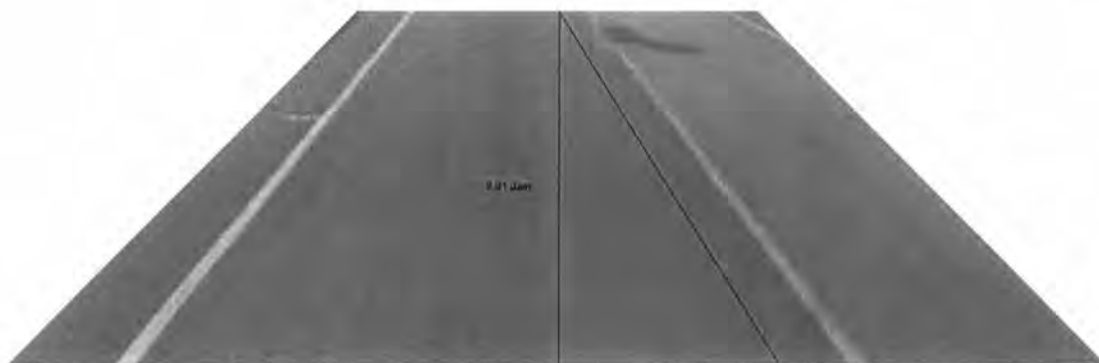


(ข) รถสำรวจด้านหน้า

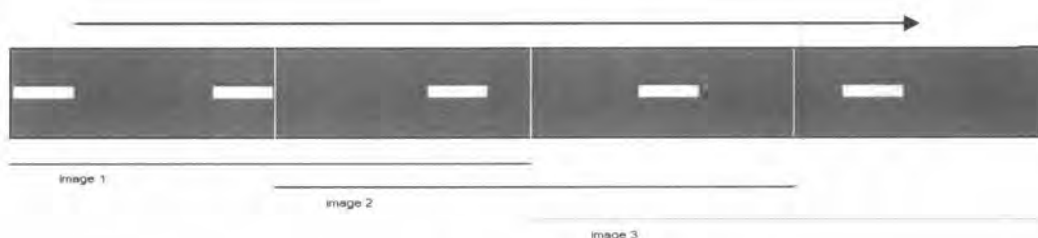


(ค) การติดตั้งกล้องและการเก็บภาพของรถสำรวจ

รูปที่ 4.1 รถสำรวจที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 4.2 ความยาวในภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 4.3 การเหลื่อมล้ำกันของภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์

เหตุผลที่ตัดภาพให้มีการเหลื่อมล้ำดังรูปที่ 4.3 เพราะมีรอยปะซ่อมเป็นจำนวนไม่น้อยที่มีความยาวเกินกว่า 5 เมตร การเผื่อระยะไว้จะช่วยให้การตรวจหารอยปะซ่อมมีความครอบคลุมจาก 2 ภาพที่ต่อเนื่องกันและยังรวมไปถึงกรณีที่ยอยปะซ่อมอยู่บริเวณขอบของภาพการเผื่อระยะจะช่วยได้เช่นกัน แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือการระบุรอยปะซ่อมซ้ำซ้อนซึ่งแก้ไขได้ด้วยฟังก์ชันของจีพีเอส (GPS) ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตของงานวิจัย

ภาพทั้งหมดที่นำมาทดสอบมีจำนวน 2265 ภาพจะสามารถแบ่งประเภทภาพออกเป็น 2 ประเภทคือภาพที่มีรอยปะซ่อม 465 ภาพ และภาพที่ไม่มีรอยปะซ่อม 1800 ภาพ

4.2 การทดลองหารอยปะซ่อมโดยการแยกส่วนภาพโดยใช้ลักษณะพื้นผิว

4.2.1 การทดลอง

การหารอยปะซ่อมโดยใช้ลักษณะพื้นผิวเป็นขั้นตอนวิธีที่ประยุกต์ใช้การแยกส่วนภาพโดยใช้ลักษณะพื้นผิวโดยอาศัยสมบัติความเข้มของรอยปะซ่อมที่มีความแตกต่างจากพื้นผิวทางแอสฟัลต์ปกติ โดยอาศัยการคำนวณค่าลักษณะพื้นผิวในกริดเซลล์ขนาด 16×16 จุดภาพเพราะจากการทดลองขนาดกริดเซลล์ขนาดต่าง ๆ กัน เช่น 5×5 , 7×7 , 9×9 , 16×16 และ 25×25

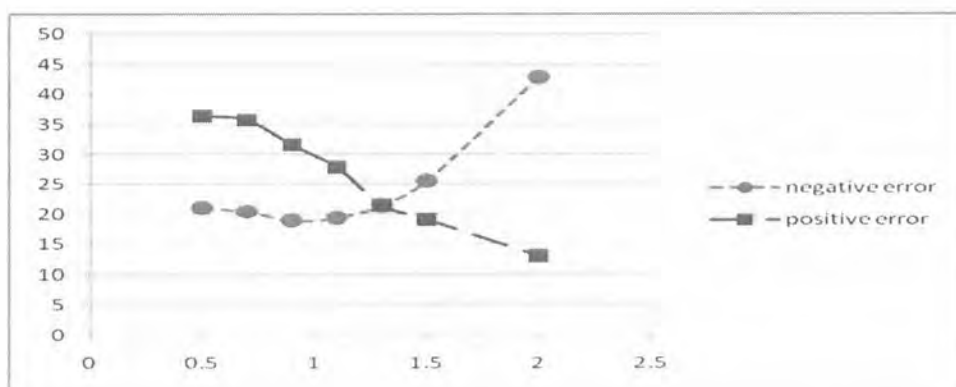
พบว่าขนาดกริดเซลล์ที่มีขนาดเล็กี่ร้อยต่าง ๆ บนพื้นผิวทางจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้มาก แต่ในขณะที่ถ้าขนาดกริดเซลล์ใหญ่จะส่งผลต่อการพิจารณาขนาดในขั้นตอนการระบรอยปะชอมผิดพลาด ขั้นตอนต่อมาจึงนำเอาค่าลักษณะพื้นผิวที่ได้จากการคำนวณมาเปรียบเทียบในเชิงลำดับภาพ หมายถึงเปรียบเทียบบริเวณเดียวกันของภาพพื้นผิวถนนในภาพชุดหนึ่ง ๆ ซึ่งทำให้สามารถลดผลของแสงอาทิตย์ที่ไม่สม่ำเสมอออกไป

การพิจารณาว่าบริเวณใดจะเป็นรอยปะชอมหรือไม่เป็นเมื่อได้ลักษณะพื้นผิวบริเวณเดียวกันของทุกภาพในภาพชุดนั้น ๆ หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะพื้นผิวและกำหนดให้ภาพที่สนใจซึ่งเป็นภาพที่อยู่ตรงกลางของชุดภาพนั้น ๆ บริเวณในภาพที่ให้ความสนใจนั้นจะเป็นรอยปะชอมจะต้องมีค่าความเข้มมากกว่าค่าเฉลี่ยบวกด้วยจำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของภาพชุดนั้น ๆ ในที่นี้ใช้การพิจารณาภาพชุดละ 9 ภาพ (ก่อน 4 ภาพและหลัง 4 ภาพ) เนื่องจากจากการทดลองใช้จำนวนภาพชุดละ 3 5 7 9 และ 11 ภาพ พบว่าในกรณีที่จำนวนภาพในแต่ละชุดเท่ากับ 3 และ 5 จะมีการแปรปรวนของค่าความเข้มแสงสูง ส่วนในกรณีที่จำนวนภาพในแต่ละชุดเท่ากับ 7 และ 9 ภาพให้ผลลัพธ์ความถูกต้องใกล้เคียงกันแต่ 9 ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า สุดท้ายในกรณีจำนวนภาพในแต่ละชุดเท่ากับ 11 จะมีระยะห่างที่มากไปทำให้แสงสว่างในความเป็นจริงมีโอกาสเปลี่ยนแปลงหรือต่างกันได้มาก ดังรูปที่ 4.5 ซึ่งในเบื้องต้นนี้ใช้จำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับหนึ่งเพื่อให้ค่าความผิดพลาดเชิงลบมีค่าต่ำสุด(โดยในหัวข้อที่ 4.5 จะกล่าวถึงเทคนิคในการลดค่าความผิดพลาดเชิงบวกต่อไป) โดยเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.4 ซึ่งแสดงผลการทดลองเมื่อทำการเปลี่ยนค่าจำนวนเท่าของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไปเรื่อย ๆ จะเห็นได้ว่าเมื่อจำนวนเท่ามีค่ามากจะทำให้ค่าความผิดพลาดเชิงบวกลดลงแต่ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเชิงลบสูงขึ้นแต่ในทางกลับกันหากจำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยจะทำให้ค่าความผิดพลาดเชิงลบมีค่าน้อยแต่ค่าความผิดพลาดเชิงบวกมีค่ามาก

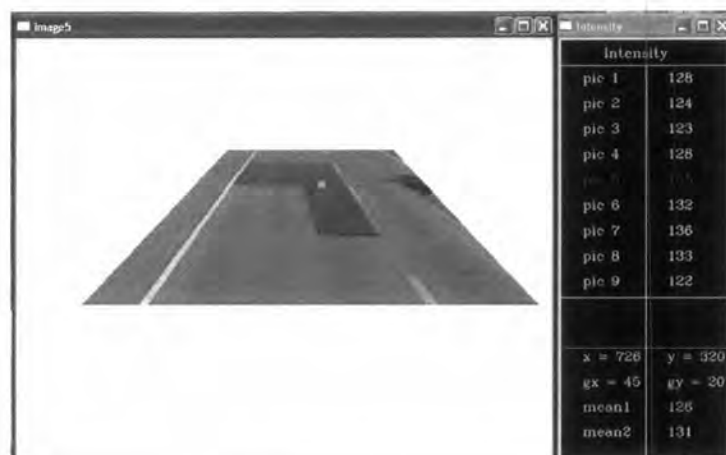
ตารางที่ 4.1 ผลของจำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่อค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเชิงลบและค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเชิงบวก

จำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเชิงลบ	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเชิงบวก
0.5	21.03	36.39

0.7	20.39	35.72
0.9	18.88	31.56
1.1	19.31	27.78
1.3	21.46	21.50
1.5	25.54	19.06
2.0	42.92	13.00



รูปที่ 4.4 ค่าความผิดพลาดแบบต่าง ๆ เมื่อเปลี่ยนจำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 4.5 การหารอยปะชอมโดยการเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวในภาพชุดหนึ่ง

4.2.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์การตรวจหารอยปะซ่อมโดยพิจารณาตามภาพ

	จำนวนภาพ	ผลการทดลอง	
		ถูกต้อง	ผิดพลาด
ภาพพื้นผิวทาง แอสฟัลต์ที่มีรอยปะ ซ่อม	465	391	74
		84.09%	15.91 %
ภาพพื้นผิวทาง แอสฟัลต์ที่ไม่มีรอยปะ ซ่อม	1800	1364	436
		75.78 %	24.22 %

หมายเหตุ : ในกรณีที่ภาพที่มีรอยปะซ่อมอาจมีการระบายสีสิ่งที่ไม่ใช่รอยปะซ่อมเช่น เงาของสิ่งต่าง ๆ ข้างทาง รอยดำบนพื้นผิวถนน ขึ้นมาด้วย ซึ่งในการทดลองนี้มีจำนวนเท่ากับ 47 ภาพ

ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์การตรวจหารอยปะซ่อมโดยพิจารณาตามจำนวนรอยปะซ่อมซึ่งตรวจทานโดยมนุษย์

จำนวนรอยปะซ่อมทั้งหมด	จำนวนรอยปะซ่อมที่ตรวจหาพบ	จำนวนรอยปะซ่อมที่ตรวจหาไม่พบ
309	272	37
	88.03 %	11.97 %

หมายเหตุ : จำนวนรอยปะซ่อมในตารางที่ 4.3 มีจำนวนน้อยกว่าจำนวนภาพที่มีรอยปะซ่อมในตารางที่ 4.2 เนื่องจากรอยปะซ่อมเดียวกันสามารถอยู่ในภาพได้มากกว่าหนึ่งภาพได้

4.2.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาค่าความผิดพลาดทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการทดลองจะสามารถแยกได้เป็น ความผิดพลาดเชิงบวก (กรณีภาพที่ไม่มีรอยปะชอมเมื่อผ่านอัลกอริทึมให้ผลการทดลองว่ามีรอยปะชอมอยู่ในภาพ) และความผิดพลาดเชิงลบ (กรณีภาพที่มีรอยปะชอมแต่อัลกอริทึมไม่พบรอยปะชอมในภาพ) ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุดังนี้

1. สาเหตุและแนวทางแก้ปัญหาของความผิดพลาดเชิงบวก (Positive Error)

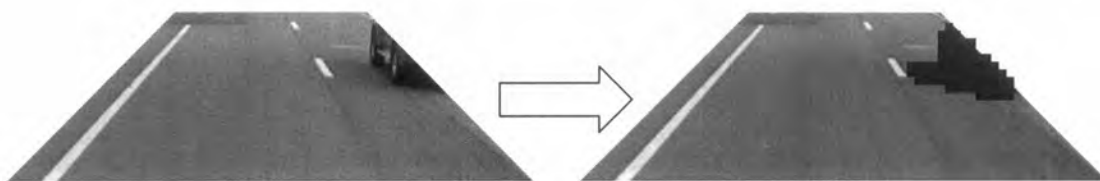
- รถยนต์และรถจักรยานยนต์ในบริเวณที่สนใจ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.6 (ก) ซึ่งสามารถแก้ปัญหาโดยใช้การจำกัดบริเวณที่สนใจให้ใกล้กับรถสำรวจให้มากขึ้น เนื่องจากยิ่งใกล้รถสำรวจโอกาสที่รถยนต์หรือรถจักรยานยนต์คันอื่นจะเข้ามาอยู่ในบริเวณที่สนใจจะยังมีโอกาสน้อยลง
- ทางเท้า เกาะกลางถนนและหญ้าข้างทาง ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.6 (ข) สามารถกำจัดปัญหาเหล่านี้ได้โดยการกำหนดบริเวณที่สนใจเป็นช่องทางจราจรที่สนใจจริง ๆ ไม่มีการเหลื่อมล้ำไปในช่องทางจราจรข้างเคียง
- รอยน้ำบนพื้นผิวทางแอสฟัลต์ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.6 (ค) เป็นปัญหาที่อยู่นอกเหนือขอบเขตงานวิจัย และโดยปกติเวลาทำการสำรวจพื้นผิวทางจะไม่ทำการสำรวจหลังฝนตกเนื่องจากน้ำจะไปบดบังความเสียหายแบบต่าง ๆ บนพื้นผิวทาง
- รอยดำบนพื้นผิวทางแอสฟัลต์ซึ่งเกิดจากคราบต่าง ๆ ดังตัวอย่างในรูป 4.6 (ง) สามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยการดูรูปร่างของรอยดำเนื่องจากรอยปะชอมจะต้องมีรูปร่างที่เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากหรือต้องประกอบด้วยมุมฉากเสมอ (กรณีรอยปะชอมทับรอยปะชอม)
- เงาของต้นไม้ข้างทางและเงาของรถในช่องทางจราจรข้างเคียง ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.6 (จ) เนื่องจากเงาดำหรือเงาของสิ่งต่าง ๆ ข้างทางมีคุณสมบัติคือต้องทอดยาวมาจากข้างทางดังนั้นจึงสามารถกำจัดความ

ผิดพลาดรูปแบบนี้โดยพิจารณาว่าวัตถุใดบนภาพผิวทางแอสฟัลต์อยู่ติดกับขอบทางซ้ายของภาพให้กำจัดทิ้ง

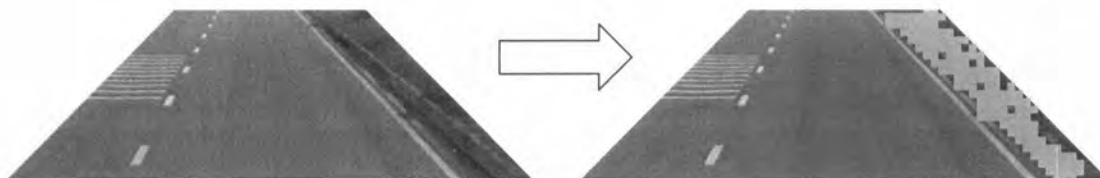
2. สาเหตุของความผิดพลาดเชิงลบ (Negative Error)

- รอยปะซ่อมที่มีความเข้มกลมกลืนไปกับพื้นผิวทางแอสฟัลต์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.7 (ก) สามารถหารอยปะซ่อมเหล่านี้ได้โดยการลดจำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลงจากเดิมที่ใช้อยู่ที่เท่ากับ 1 อาจจะใช้เป็น 0.8 แทน
- รอยปะซ่อมอยู่ในเงาต้นไม้ ดังตัวอย่างในรูป 4.7 (ข) การตรวจหารอยปะซ่อมที่ซ่อนอยู่ในเงาต้นไม้ต้องอาศัยการเก็บข้อมูลที่เป็นระบบ กึ่งอัตโนมัติคือกล้องที่ใช้เก็บข้อมูลต้องมีการปรับความเร็วชัตเตอร์หรือรับแสงอาทิตย์ให้เร็วขึ้นหรือมากขึ้นในกรณีที่พบเงาต้นไม้หนาแน่น ซึ่งต้องอาศัยมนุษย์เป็นผู้พิจารณาว่าบริเวณใดมีเงาต้นไม้อยู่หนาแน่นนั่นเอง
- รอยปะซ่อมอยู่ในเล็กมากเพราะอยู่ในระยะเกินกว่า 5 เมตรจากตัวรถสำรวจ ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.7 (ค) สามารถลดความผิดพลาดส่วนนี้ลงได้โดยการพิจารณาบริเวณที่สนใจให้อยู่ใกล้รถสำรวจมากขึ้น
- รอยปะซ่อมสีขาวหรือมีความเข้มน้อยกว่าพื้นผิวทางแอสฟัลต์ดังตัวอย่างในรูปที่ 4.7 (ง) พิจารณาด้วยอัลกอริทึมเดิมแต่เปลี่ยนขั้นตอนการพิจารณาบริเวณที่น่าจะเป็นรอยปะซ่อมใหม่ โดยใช้ค่าขีดแบ่งจากเดิมเป็นค่าเฉลี่ยความเข้มแสงบวกด้วยจำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก็กลายเป็นค่าเฉลี่ยความเข้มแสงลบด้วยจำนวนเท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

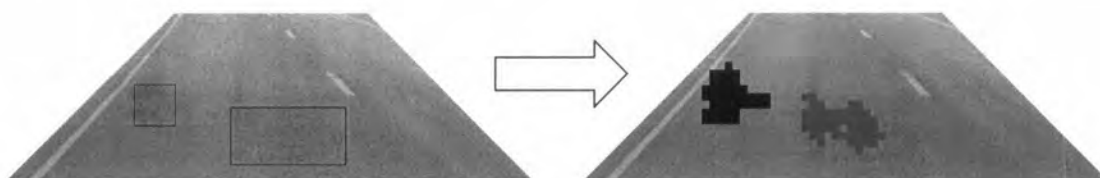
โดยในแต่ละสาเหตุของความผิดพลาดเชิงลบและเชิงบวกแบบต่าง ๆ จะมีปริมาณที่แตกต่างกัน ตามตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 และแสดงเป็นแผนภูมิวงกลมดังรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 ตัวอย่างของภาพพื้นผิวถนนที่เป็นความผิดพลาดแบบต่าง ๆ



(ก) รถยนต์ในบริเวณที่สนใจ



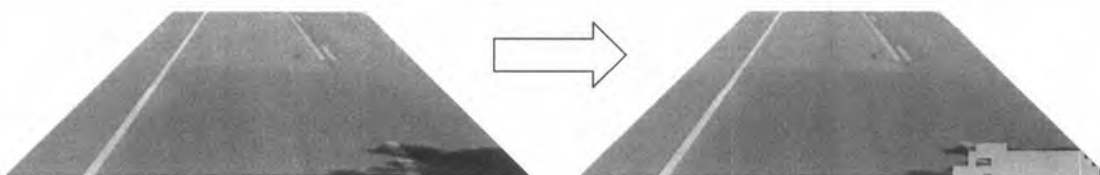
(ข) เกาะกลางถนน



(ค) รอยน้ำบนพื้นผิวถนน



(ง) รอยดำบนพื้นผิวถนน



(จ) เงาต้นไม้ข้างทาง

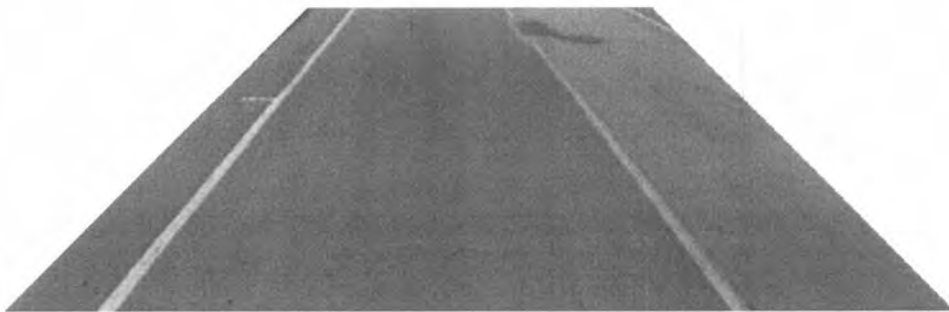
รูปที่ 4.6 ตัวอย่างความผิดพลาดเชิงบวกแบบต่าง ๆ ของการหารอยปะชอมบนพื้นผิวถนน



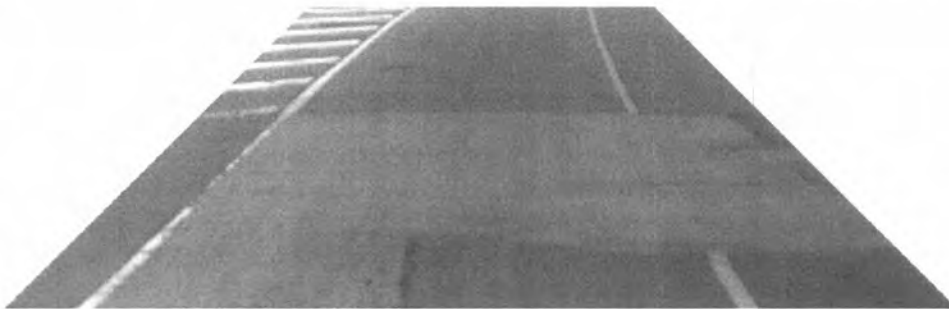
(ก) รอยปะชอมที่กลมกลืนไปกับพื้นผิวทางแอสฟัลต์ปกติ



(ข) รอยปะชอมที่อยู่ในเงาต้นไม้ข้างทาง



(ค) รอยปะชอมที่มีขนาดเล็กเนื่องจากอยู่ระยะห่างจากขอบล่างของภาพมากกว่า 5 เมตร

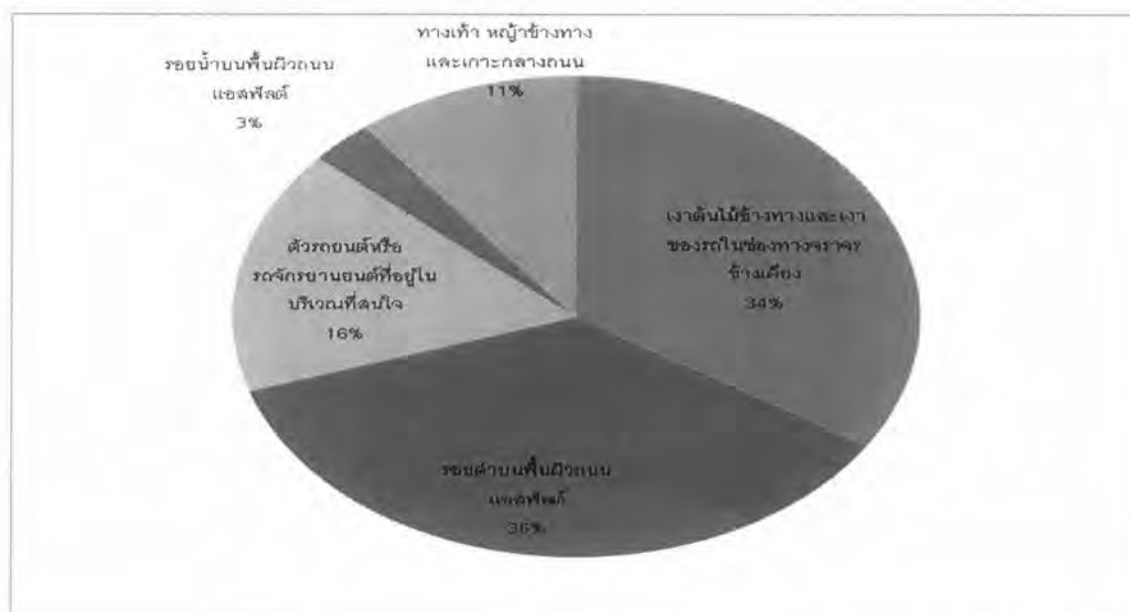


(ง) รอยปะชอมที่มีสีอ่อนกว่าพื้นผิวทางแอสฟัลต์ปกติ

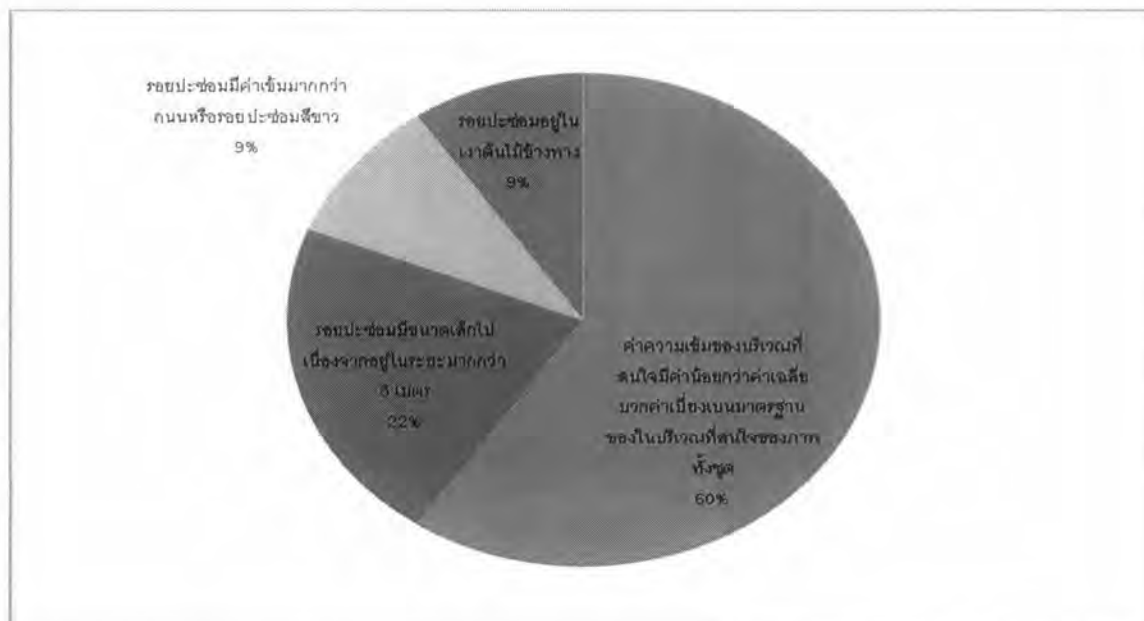
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างความผิดพลาดเชิงลบแบบต่าง ๆ ในการตรวจหารอยปะชอมบนพื้นผิวถนน

ตารางที่ 4.4 สาเหตุของความผิดพลาดเชิงบวกในการตรวจหารอยปะชอมบนภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ในการสำรวจจริงโดยการแยกส่วนภาพโดยใช้ลักษณะพื้นผิว

สาเหตุของความผิดพลาดเชิงบวก	จำนวนภาพ
เงาดันไม้ข้างทางและรถในช่องทางจราจรข้าง ๆ	148
รอยดำบนพื้นผิวทางแอสฟัลต์	157
ตัวรถยนต์หรือตัวรถจักรยานยนต์ที่เข้ามาในบริเวณที่สนใจ	72
รอยน้ำบนพื้นผิวทางแอสฟัลต์	13
ทางเท้า หญ้าข้างทาง และเกาะกลางถนน	46
รวม	436



รูปที่ 4.8 ความผิดพลาดเชิงบวกลักษณะต่าง ๆ ในการตรวจหารอยปะชอมแยกส่วนภาพโดยใช้การแยกส่วนภาพโดยใช้ลักษณะพื้นผิวสำหรับข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 4.9 ความผิดพลาดเชิงลบลักษณะต่าง ๆ ในการตรวจหารอยปะชอมแยกส่วนภาพโดยใช้การแยกส่วนภาพโดยใช้ลักษณะพื้นผิวสำหรับข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 4.5 สาเหตุของความผิดพลาดเชิงลบในการตรวจหารอยปะชอมบนภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ในการสำรวจจริงโดยการแยกส่วนภาพโดยใช้ลักษณะพื้นผิว

สาเหตุของความผิดพลาดเชิงลบ	จำนวนภาพ
ค่าความเข้มของบริเวณที่สนใจมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยบวกค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของในบริเวณที่สนใจของภาพทั้งหมด	44
รอยปะชอมมีขนาดเล็กไปเนื่องจากอยู่ในระยะมากกว่า 5 เมตร	16
รอยปะชอมมีค่าเข้มน้อยกว่าถนนหรือรอยปะชอมสีขาว	7
รอยปะชอมอยู่ในเงาดันไม้ข้างทาง	7
รวม	74

4.3 การทดลองหารอยปะซ่อมโดยการแยกส่วนโดยใช้ลักษณะพื้นผิวในขอบเขตงานวิจัย

4.3.1 การทดลอง

จากขอบเขตงานวิจัยที่นำเสนอที่สนใจเฉพาะภาพพื้นผิวถนนในช่องทางจราจรที่รถสำรวจวิ่งอยู่เท่านั้นและเป็นพื้นผิวทางแอสฟัลต์ที่แห้งและไม่มีวัตถุอื่นบนพื้นผิวดนดังกล่าว ข้อมูลภาพจากการสำรวจในสภาวะแวดล้อมเปิดที่ตรงกับเงื่อนไขจำนวน 2180 ภาพ โดยแบ่งเป็นภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ที่มีรอยปะซ่อมจำนวน 465 ภาพและภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ที่ไม่มีรอยปะซ่อมจำนวน 1715 ภาพ ซึ่งจะได้ความแม่นยำของการตรวจหารอยปะซ่อมเปลี่ยนแปลงไป

4.3.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์การตรวจหารอยปะซ่อมบนภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์โดยพิจารณาตามภาพในขอบเขตงานวิจัย

	จำนวนภาพ	ผลการทดลอง	
		ถูกต้อง	ผิดพลาด
ภาพพื้นผิวทาง แอสฟัลต์ที่มีรอยปะ ซ่อม	465	391	74
		84.09 %	15.91 %
ภาพพื้นผิวทาง แอสฟัลต์ที่ไม่มีรอยปะ ซ่อม	1715	1364	351
		79.53 %	20.47 %

ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์การตรวจหารอยปะช้อมบนพื้นผิวทางแอสฟัลต์โดยพิจารณาตามจำนวนรอยปะช้อมซึ่งตรวจทานโดยมนุษย์ในขอบเขตงานวิจัย

จำนวนรอยปะช้อมทั้งหมด	จำนวนรอยปะช้อมที่ตรวจหาพบ	จำนวนรอยปะช้อมที่ตรวจหาไม่พบ
309	272	37
	88.03 %	11.97 %

4.4 การหาขนาดโดยประมาณของรอยปะช้อมในภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ภาพที่กำลังสนใจ

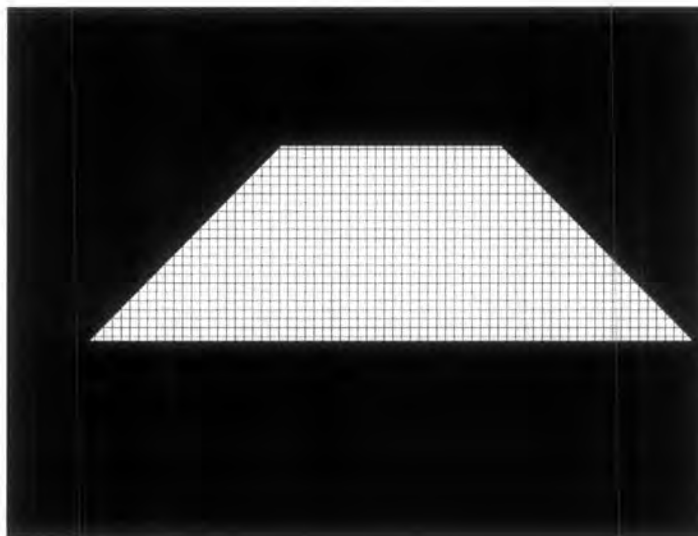
4.4.1 การทดลอง

เนื่องจากภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นภาพจากกล้องสำรวจด้านหน้าซึ่งมีความลึกของภาพ โดยขนาดของสิ่งต่าง ๆ ในภาพจะมีความแปรผันไปตามความลึก เช่น ในบริเวณที่ระยะลึกเข้าไปมาก ๆ วัตถุขนาดใหญ่ ๆ จะมองเห็นเป็นเพียงวัตถุเล็ก ๆ ในภาพ แต่ในขณะที่วัตถุขนาดเล็ก ๆ ถ้าอยู่ในระยะใกล้ ๆ จะเห็นขนาดใหญ่ นั่นแสดงให้เห็นว่าระยะต่าง ๆ ในภาพที่มีความลึกเข้ามาเกี่ยวข้องจะต้องมีการสอบเทียบย้อนกลับกับระยะจริงก่อนจึงจะสามารถนำมาใช้งานได้

สำหรับในการสอบเทียบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะใช้เส้นแบ่งช่องจราจรแบบต่าง ๆ ซึ่งทราบขนาดที่แน่นอนและทฤษฎีปิกาทอรัส เข้ามาหาระยะทางจริง ๆ ทั้งในแนวแกนนอนและแกนตั้งของภาพมาคำนวณเป็นพื้นที่ของส่วนย่อย ๆ ในแต่ละส่วนของภาพเก็บไว้ในตารางขนาด 80 x 60 ช่อง (ขนาดเท่ากับจำนวนกริดเซลล์ของภาพ)

แต่เนื่องจากภาพที่พิจารณาไม่ใช่บริเวณที่สนใจทั้งหมด ดังนั้นการหาขนาดและเก็บข้อมูลจึงทำในเฉพาะบริเวณที่สนใจในเทมเพลตเท่านั้น ดังรูปที่ 4.10 ขั้นตอนต่อมาคือพิจารณาภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหารอยปะช้อมบนภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ว่ามีจำนวนรอยปะช้อมเท่าใด

และใช้ค่าในตารางขนาด 80 x 60 ที่กล่าวข้างต้น เพื่อเทียบขนาดเป็นขนาดที่แท้จริง จะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.10 กริดเซลล์ขนาด 16 x 16 จุดภาพ ในบริเวณที่สนใจ

4.4.2 ผลการทดลอง

```

result1 141_1.txt - แฉงคดบ้นทัก
พิมพ์ แก้ไข รูปแบบ เปรียบอง 151ใช้

Picture 6 has patching 2 patch
patching No.1 has area = 6.641114 square metre
Position : Row_x Pixel 176 - 704 and Row_y Pixel 304 - 608
patching No.2 has area = 6.661670 square metre
Position : Row_x Pixel 816 - 1232 and Row_y Pixel 288 - 608

Picture 7 has patching 1 patch
patching No.1 has area = 4.342547 square metre
Position : Row_x Pixel 832 - 1056 and Row_y Pixel 272 - 432

Picture 8 has patching 2 patch
patching No.1 has area = 4.345677 square metre
Position : Row_x Pixel 368 - 640 and Row_y Pixel 288 - 432
patching No.2 has area = 7.527968 square metre

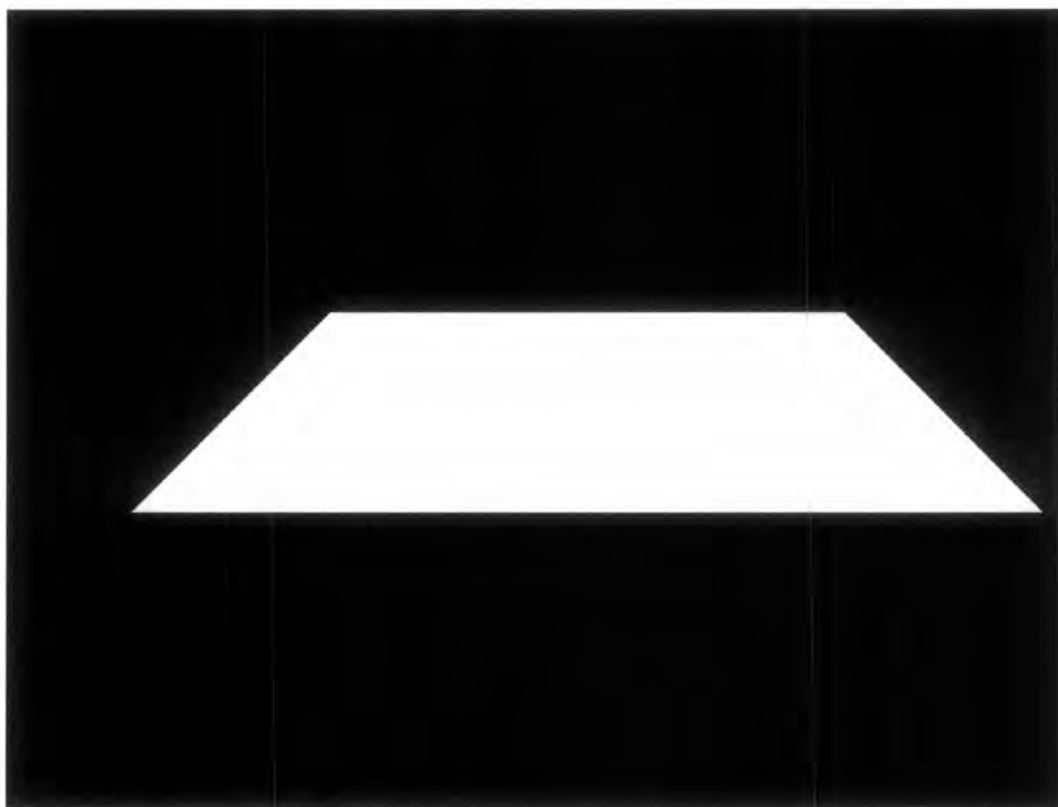
```

รูปที่ 4.11 ผลลัพธ์การหาขนาดโดยประมาณของรอยปะซ่อมบนพื้นผิวทางแอสฟัลต์

4.5 การทดลองหารอยปะช้อมบนพื้นผิวทางแอสฟัลต์ในบริเวณใกล้กับรถสำรวจ

4.5.1 การทดลอง

จากตารางที่ 4.2 และ ตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าบริเวณที่ไกลออกไปจากรถสำรวจจะมีความผิดพลาดมากกว่าในบริเวณที่ใกล้กับรถสำรวจ เนื่องจากขนาดของกริดเซลล์ที่พิจารณามีขนาดคงที่ 16×16 จุดภาพ แต่ระยะทางจริงต่อ 1 จุดภาพในบริเวณที่มากกว่า 5 เมตรจากขอบล่างของเทมเพลตมีค่ามากดังนั้นเมื่อพิจารณาขนาดจะทำให้เกิดความผิดพลาดสูงขึ้น ดังนั้นถ้าพิจารณาเพียงระยะ 5 เมตรจากขอบล่างของเทมเพลตโดยเปลี่ยนเทมเพลตเป็นเทมเพลตในรูปที่ 4.12 แทนจะทำให้ค่าความถูกต้องมีค่ามากขึ้นดังตารางที่ 4.8 และ ตารางที่ 4.9



รูปที่ 4.12 เทมเพลตที่ใช้พิจารณาพื้นผิวถนนในระยะใกล้กับรถสำรวจ

4.5.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.8 ผลลัพธ์การตรวจหารอยปะชอมบนภาพพื้นผิวทางแอสฟัลต์ในระยะใกล้รถสำรวจ (จากขอบล่างของเทมเพลตออกไป 5 เมตร)

	จำนวนภาพ	ผลการทดลอง	
		ถูกต้อง	ผิดพลาด
ภาพพื้นผิวทาง แอสฟัลต์ที่มีรอยปะ ชอม	361	314	47
		86.98 %	13.02 %
ภาพพื้นผิวทาง แอสฟัลต์ที่ไม่มีรอยปะ ชอม	1800	1523	277
		84.61 %	15.39 %

หมายเหตุ : จากตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.8 ภาพที่มีรอยปะชอมจะมีจำนวนลดลงเนื่องจากรอยปะชอมที่อยู่ในระยะมากกว่า 5 เมตรถูกตัดออกไป

ตารางที่ 4.9 ผลลัพธ์การตรวจหารอยปะชอมบนพื้นผิวทางแอสฟัลต์ในระยะใกล้รถสำรวจโดยพิจารณาตามจำนวนรอยปะชอมซึ่งตรวจทานโดยมนุษย์

จำนวนรอยปะชอมทั้งหมด ¹	จำนวนรอยปะชอมที่ตรวจหาพบ ²	จำนวนรอยปะชอมที่ตรวจหาไม่พบ
309	278	31
	89.97 %	10.03 %

หมายเหตุ 1. เป็นจำนวนรอยปะซ่อมจริงในช่วงถนนที่พิจารณา นับโดยคน

2. เป็นจำนวนรอยปะซ่อมที่โปรแกรมตรวจพบและคนสรุปรวมกรณีเป็นรอยปะซ่อมขึ้น
เดี่ยวแต่ปรากฏคร่อมในภาพมากกว่า 1 ภาพ ให้ถือว่าเป็นรอยปะซ่อมเดียวกัน

4.5.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.8 ความถูกต้องที่เพิ่มขึ้นมีผลมาจากรายละเอียดที่มากกว่าในระยะใกล้เมื่อเทียบกับระยะไกล หากใช้เทมเพลตที่มีระยะจริงลึกประมาณ 9.91 เมตร วัตถุที่อยู่ในระยะมากกว่า 5 เมตรจากขอบล่างของเทมเพลต ขนาดของกริดเซลล์จะมีผลมาก เนื่องจากกริดเซลล์ในระยะไกลจะแต่ละจุดภาพครอบคลุมพื้นที่มากกว่าจุดภาพในระยะใกล้ ทำให้เมื่อแปลงกลับเป็นขนาดที่แท้จริงของรอยปะซ่อมมีความผิดพลาดสูง ส่งผลต่อการระบุรอยปะซ่อมที่กำหนดให้รอยปะซ่อมมีขนาดมากกว่า 60 x 60 ตารางเซนติเมตร

ขนาดของกริดเซลล์ที่มีขนาดเล็กจะช่วยให้ได้ขนาดที่แท้จริงของรอยปะซ่อมหรือวัตถุต่าง ๆ บนพื้นผิวถนนได้ แต่จะส่งผลให้ความเร็วในการประมวลผลช้าลง และผลของรั้วรอยบนพื้นผิวถนนจะมีผลมากขึ้น แต่ในขณะที่กริดเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยและทนทานต่อรั้วรอยของพื้นผิวถนนแต่ขนาดจะมีความผิดพลาดมาก