บทที่ 3

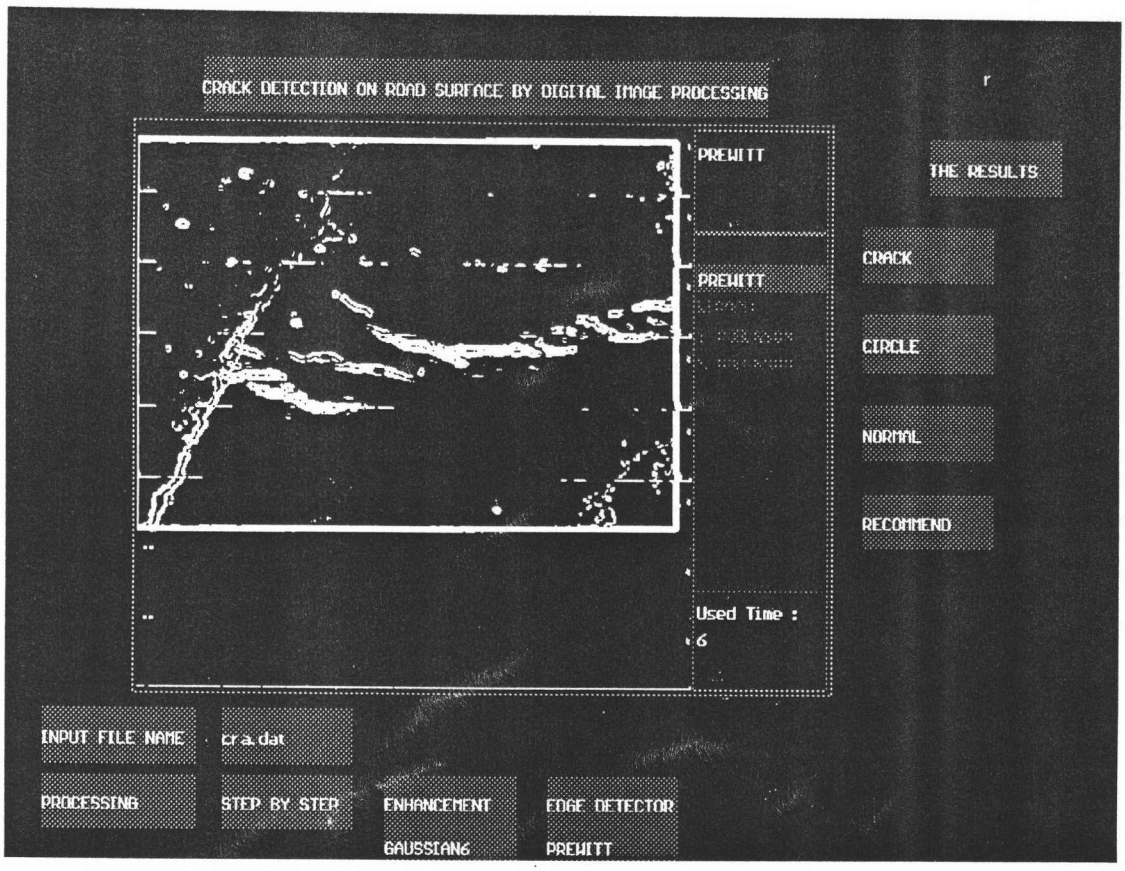
ผลการทดสอบ

3.1 การจัดเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการตรวจสอบ เป็นข้อมูลภาพของพื้นผิวถนนที่มีร่องรอยต่างๆที่ถูกสแกนมาเก็บไว้ในไฟล์ข้อมูลที่เก็บไว้แยก 1 ภาพต่อ 1 ไฟล์ โดยภาพที่ใช้จะถูกเก็บไว้ในรูปแบบของ TIFF ภาพทั้งหมดจะมีทั้งร่องรอยของพื้นผิวถนนเช่นรอยแตก , รอยร้าว และกลุ่มของหินลอยตัว ในการที่จะสร้างฐานข้อมูลสำหรับใช้เป็นตัวอ้างอิงในการตัดสินใจ จะใช้ภาพที่มีรอยร้าวและกลุ่มของหินลอยตัวที่สามารถจำแนกได้โดยผู้ชำนาญการตรวจสอบพื้นผิวถนนว่าใช้งานได้หรือใช้งานไม่ได้มาทำการวิเคราะห์หาข้อมูลเพื่อที่จะเก็บค่าตัวแปรต่างๆไว้ในแฟ้มฐานข้อมูล (REF.DBS) และจะถูกนำมาใช้ในส่วนสำหรับการตัดสินใจ ข้อมูลภาพทั้งหมดจะถูกแปลงเป็นแฟ้มข้อมูลภาพด้วยการใช้สแกนเนอร์ และนำไปปรับแต่งขนาดให้เหมาะสมสำหรับการทดสอบ (ขนาดของภาพ 512 x 512) ที่ความละเอียด 600 X 600 จุดต่อนิ้ว ก่อนการนำไปใช้งานจะต้องเปลี่ยนโครงสร้างของแฟ้มข้อมูลภาพแบบ TIFF ให้เป็นแฟ้มข้อมูลภาพแบบ DAT ก่อนและมีขนาดเท่าเดิมคือ 512 x 512 จุดภาพด้วยโปรแกรม TIF_DAT.EXE จุดประสงค์ของการเปลี่ยนโครงสร้างของแฟ้มข้อมูลภาพคือ เพื่อที่จะนำไปทดสอบกับโปรแกรม IP.EXE ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในการประมวลผลภาพดิจิทัลโดยห้องปฏิบัติการวิจัยกรรมวิธีสัญญาณดิจิทัล ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และได้ถูกนำมาพัฒนาต่อสำหรับการประยุกต์กับการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.1 (สำหรับโปรแกรม IP.EXE จะสนับสนุนโครงสร้างของแฟ้มข้อมูลภาพแบบ DAT เพียงแบบเดียวเท่านั้น)

3.2 การสร้างฐานข้อมูลสำหรับใช้เป็นแบบอ้างอิงในการตัดสินใจ

ในการสร้างฐานข้อมูลนั้นจะใช้ภาพที่ได้รับความอนุเคราะห์มาจากกรมทางหลวงทั้งหมด 55 ภาพ โดยจะแบ่งเป็นภาพสำหรับทำการทดสอบและนำมาทำเป็นแบบอ้างอิงที่ใช้ในการตัดสินใจ โดยภาพเหล่านี้ได้รับการจำแนกในแบบ Visual Interpretation จากผู้เชี่ยวชาญการตรวจสอบพื้นผิวถนนของกรมทางหลวง ฯ ว่าใช้งานได้หรือใช้งานไม่ได้ ทั้งนี้ มีการจัดแบ่งภาพทั้งหมดที่มีลักษณะต่าง ๆ กันได้เป็น 3 ลักษณะคือ



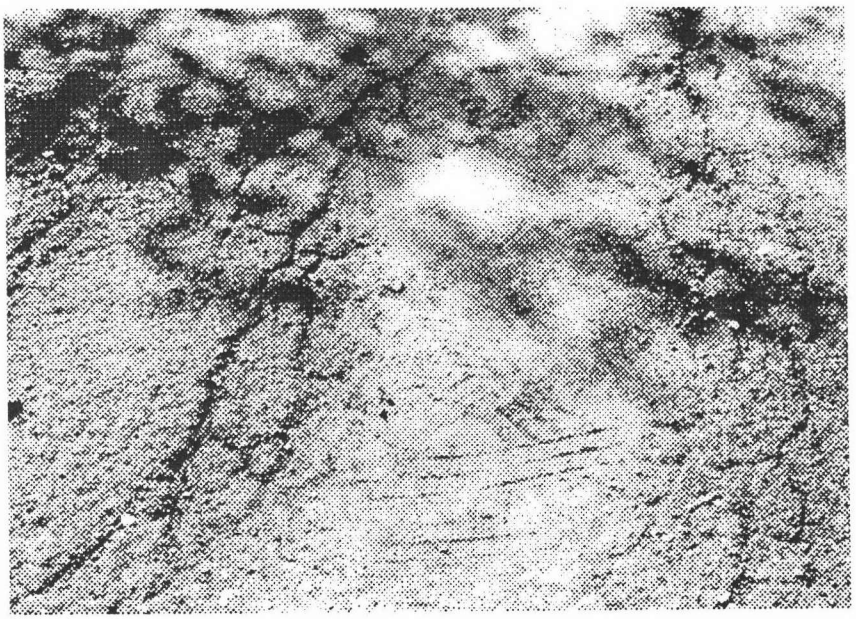
รูปที่ 3.1 ภาพของส่วนแสดงผลของโปรแกรม IP.EXE ที่ใช้ในการวิจัยนี้

ก. ภาพพื้นผิวถนนที่มีรอยร้าวและใช้งานไม่ได้จำนวน 18 ภาพ

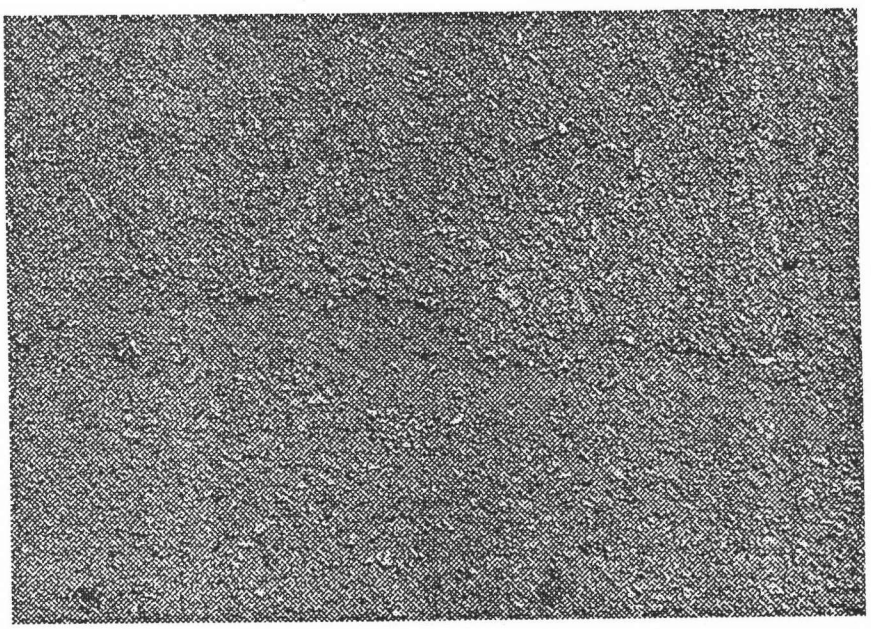
ข. ภาพพื้นผิวถนนที่มีกลุ่มของหินลอยตัว โดยไม่ระบุว่าใช้งานได้หรือไม่จำนวน 30 ภาพ

ค. ภาพพื้นผิวถนนที่สามารถใช้งานได้จำนวน 22 ภาพ

ตัวอย่างของภาพลักษณะต่าง ๆ กันแสดงอยู่ในรูปที่ 3.2 ถึง 3.5

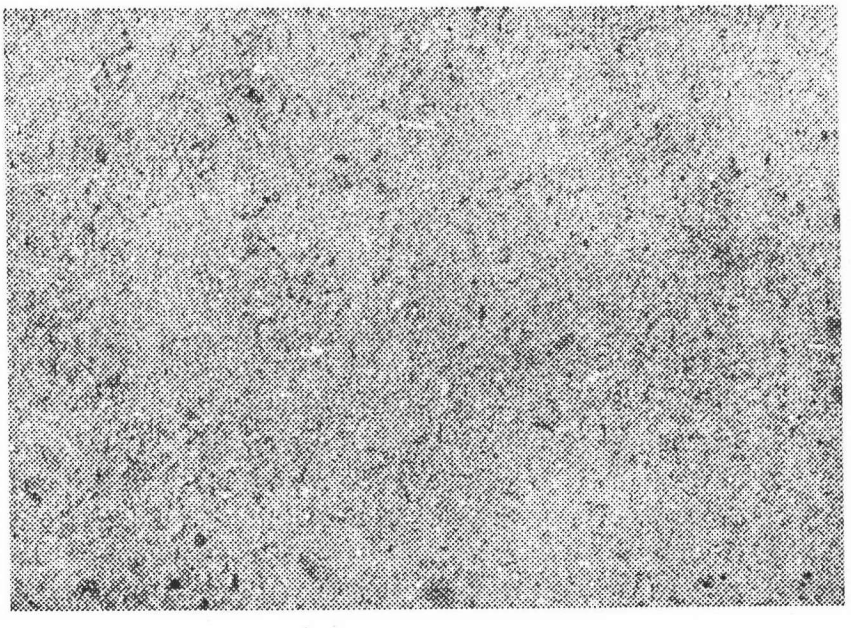


รูปที่ 3.2 ภาพตัวอย่างสำหรับทำฐานข้อมูลในกรณีมีรอยร้าว



รูปที่ 3.3 ภาพตัวอย่างสำหรับทำฐานข้อมูลในกรณีมีร่องรอย
แต่สามารถใช้งานได้

รูปที่ 3.4 ภาพตัวอย่างสำหรับทำฐานข้อมูลในกรณีมีหินลอยตัวมาก
และไม่สามารถใช้งานได้



รูปที่ 3.5 ภาพตัวอย่างสำหรับทำฐานข้อมูลสำหรับผิวถนนที่ดี

จากจำนวนภาพทั้งหมด 55 ภาพได้ทำการจัดแบ่งภาพออกเป็น 2 กลุ่ม

1. กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มสำหรับทำแบบอ้างอิงในการตัดสินใจจำนวน 20 ภาพ โดยแบ่งเป็น 4 ประเภทใหญ่ได้ดังนี้

ก. ภาพที่มีรอยร้าวจำนวน 5 ภาพ
ข. ภาพที่มีหินลอยตัวจำนวน 5 ภาพ
ค. ภาพที่มีรอยร้าวแต่สามารถใช้งานได้จำนวน 5 ภาพ
ง. ภาพที่ไม่มีร่องรอยและสามารถใช้งานได้จำนวน 5 ภาพ

โดยภาพทั้งหมดจะถูกนำไปใช้ทำเป็นแบบอ้างอิง แบบอ้างอิงในที่นี้หมายถึงข้อมูลของภาพในลักษณะต่าง ๆ ที่ถูกเก็บไว้ในรูปต้นไม้ของเวกเตอร์ , จำนวนเวกเตอร์วงกลม , จำนวนจุดแยกหรือจำนวนรอยร้าว และความยาวของข้อมูลเพื่อที่จะใช้เป็นเงื่อนไขในการตัดสินใจ กลุ่มภาพเหล่านี้ได้ถูกผู้เชี่ยวชาญจำแนกไว้แล้วเป็น 4 กลุ่มข้างต้นโดยใช้ตาเปล่า

2. กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มภาพที่ใช้สำหรับทำการทดสอบจริงจำนวน 50 ภาพ แบ่งเป็นลักษณะต่าง ๆ กันได้ดังนี้

ก. ภาพที่มีรอยร้าวจำนวน 13 ภาพ
ข. ภาพที่มีหินลอยตัวจำนวน 25 ภาพ
ค. ภาพที่เป็นพื้นผิวถนนที่ดี 12 ภาพ

3.3 วิธีการทดสอบ

3.3.1 ขั้นตอนการสร้างเงื่อนไขในการตัดสินใจ

3.3.1.1 เตรียมภาพต้นแบบจำนวน 20 ภาพแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีรอยร้าว , กลุ่มที่มีหินลอยตัวมาก , กลุ่มที่มีสภาพพอใช้งานได้และกลุ่มที่มีสภาพดี ตามการจำแนกโดยผู้เชี่ยวชาญการตรวจสอบพื้นผิวถนนของกรมทางหลวง

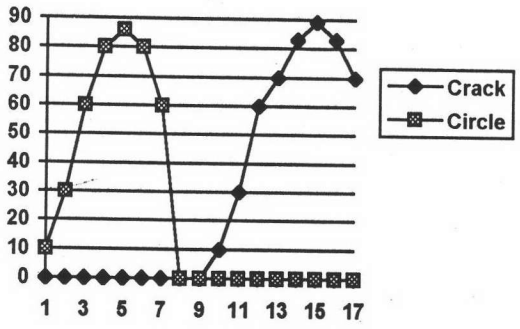
3.3.1.2 สแกนภาพต้นแบบด้วยความละเอียด 600 X 600 จุดต่อนิ้วและแปลงข้อมูลภาพอยู่ในรูปแบบ DAT ที่มีขนาด 512 X 512 จุดภาพ จากนั้นทำการกรองแบบไบโนเมียล ซึ่งพบว่าจะให้ผลดีที่สุด ถ้าใช้ค่า n = 6 [16]

3.3.1.3 กำหนดค่าเทรชโฮลด์ ต่าง ๆ กันในขั้นตอนการหาขอบภาพ เพื่อสร้างเงื่อนไขต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนรอยแยก , จำนวนหินลอยตัวและจำนวนเส้น ของแต่ละค่าเทรชโฮลด์

3.3.1.4 เงื่อนไขที่ได้ในขั้นตอน 3.3.1.3 จะถูกนำไปตรวจสอบกับภาพต้นแบบเพื่อหาค่าที่ให้ความถูกต้องในการจำแนกโดยรวมสูงสุด ดังรูปที่ 3.6 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเทรชโฮลด์และค่าความถูกต้องในการจำแนก จะเห็นว่าค่า

เทรชโฮลด์ที่เหมาะสมมี 2 ค่าคือที่ระดับสีเทาเป็น 15 และ 5

3.3.1.5 จากค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสม จะได้เงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการจำแนก ดังแสดงอยู่ใน ตารางที่ 3.1



แกน X เป็นค่าของเทรชโฮลด์หน่วยเป็นระดับสีเทา

แกน Y เป็นค่าร้อยละของความถูกต้องในการจำแนกหน่วยเป็น %

รูปที่ 3.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเทรชโฮลด์และค่าร้อยละของความถูกต้องในการจำแนก

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงลักษณะของภาพพื้นผิวถนน

ลักษณะผิวถนน	จำนวนรอยแยก ต่อ ภาพขนาด 512 X 512 จุดภาพ	จำนวนหินลอยตัว ต่อ ภาพขนาด 512 X 512 จุดภาพ	จำนวนเส้น ต่อ ภาพขนาด 512 X 512 จุดภาพ
มีรอยร้าว (ภาพที่ 3.1)	มากกว่า 2	ต่ำกว่า 100 จุด	มากกว่า 2 เส้น
หินลอยตัวมาก (ภาพที่ 3.3)	ไม่มีร่องรอย	มากกว่า 200 - 400 จุด	ไม่มี
พอใช้งานได้ (ภาพที่ 3.2)	ไม่มีร่องรอย	ต่ำกว่า 150 จุด	ไม่มี
ผิวถนนที่ดี (ภาพที่ 3.4)	ไม่มีร่องรอย	ต่ำกว่า 150 จุด	ไม่มี

3.3.2 ขั้นตอนการจำแนกลักษณะพื้นผิวถนนของภาพทดสอบ

3.3.2.1 นำภาพกลุ่มที่ 2 มาดำเนินการเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 3.3.1.2

3.3.2.2 ใช้ค่าเทรชโฮลด์ที่ 15 ของระดับสีเทาในการตรวจหาขอบภาพ

3.3.2.3 สังเกตุผล ถ้าภาพทดสอบสามารถถูกตัดสินได้ว่าเป็นรอยร้าว ให้ทำการบันทึกผล

3.3.2.4 ถ้าไม่สามารถตัดสินได้ เปลี่ยนค่าเทรชโฮลด์มาเป็นที่ 5 ของระดับสีเทา

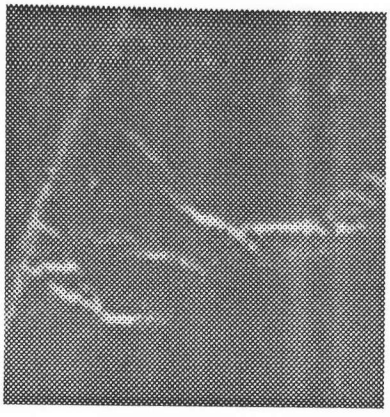
3.3.2.5 สังเกตุผล ถ้าภาพทดสอบสามารถถูกตัดสินได้ว่าเป็นหินลอยตัว ให้ทำการบันทึกผล

3.3.2.7 เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากภาพทดสอบกับเงื่อนไขในตารางที่ 3.1 และทำการตัดสินใจจากการเปรียบเทียบดังแสดงผล ในตารางที่ 3.2

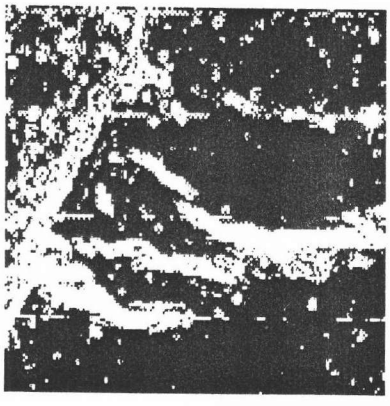
ตารางที่ 3.2 แสดงผลการตัดสินใจในการจำแนกลักษณะของพื้นผิวถนนของภาพกลุ่มต่าง ๆ

ประเภทของภาพ	ภาพกลุ่มที่ 1			ภาพกลุ่มที่ 2			รวมผลที่ได้	
	ตัดสินถูก	ตัดสินผิด	ไม่ตัดสิน	ตัดสินถูก	ตัดสินผิด	ไม่ตัดสิน	ตัดสินถูก	ตัดสินผิด
ภาพพื้นผิวถนนกับรอยร้าว (เทรชโฮลด์ = 15)	5	-	-	10	3	-	86.96 %	13.04%
ภาพพื้นผิวถนนกับหินลอยตัว (เทรชโฮลด์ = 5)	5	-	-	5	3	-	83.33%	16.67%
ภาพพื้นผิวถนนที่ใช้งานได้	10	-	-	12	2	-	85.71%	14.29%
รวม	20	-	-	27	8	-	85.33 %	14.67%

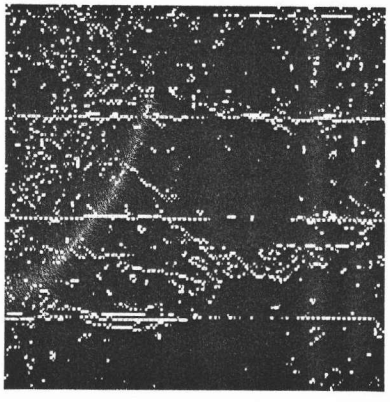
รูปที่ 3.7 a ภาพก่อนการประมวลผล



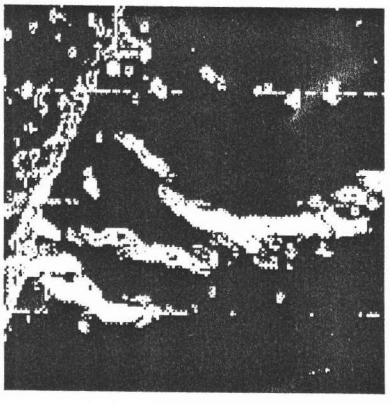
รูปที่ 3.7 b. ภาพหลังผ่านตัวกรองแบบไบโนเมียลที่ n = 6



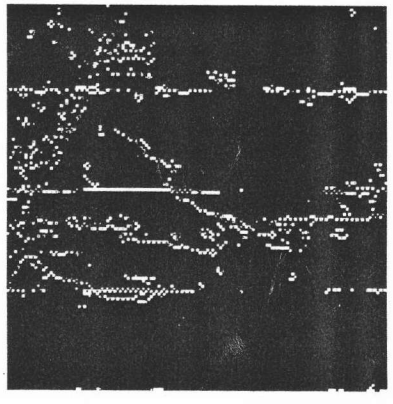
รูปที่ 3.7 c. ภาพหลังผ่านการหาขอบภาพ
ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 3



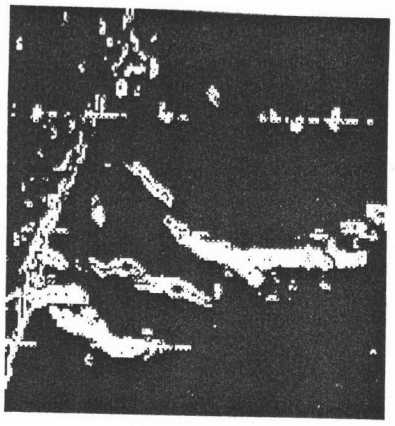
รูปที่ 3.7 d. ภาพหลังผ่านการทำให้บาง
ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 3



รูปที่ 3.7 e. ภาพหลังผ่านการหาขอบภาพ
ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 5

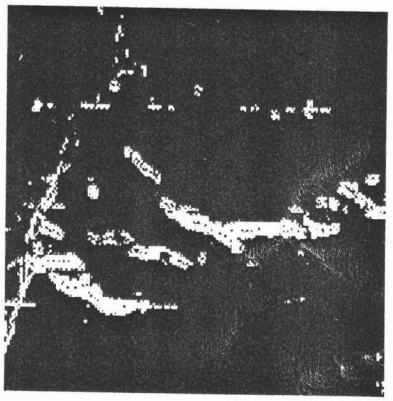


รูปที่ 3.7 f. ภาพหลังผ่านการทำให้บาง
ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 5

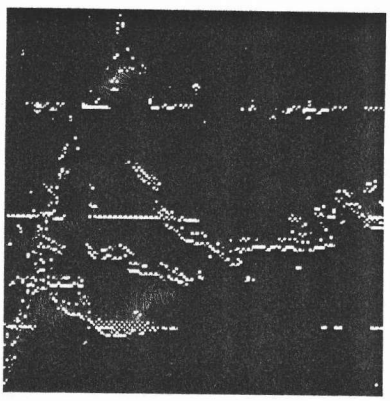


รูปที่ 3.7 g. ภาพหลังผ่านการหาขอบภาพ
ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 7

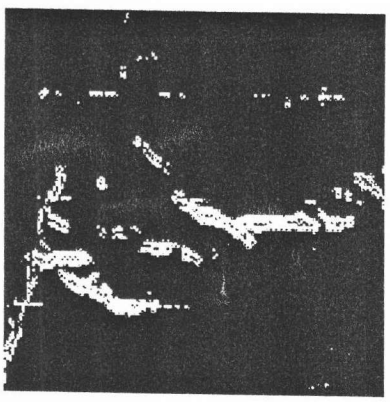
รูปที่ 3.7 h. ภาพหลังผ่านการทำให้บาง
ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 7



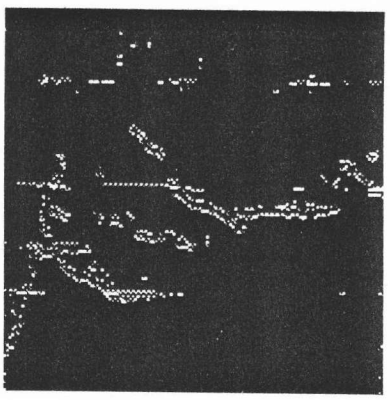
รูปที่ 3.7 i. ภาพหลังผ่านการหาขอบภาพ
ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 9



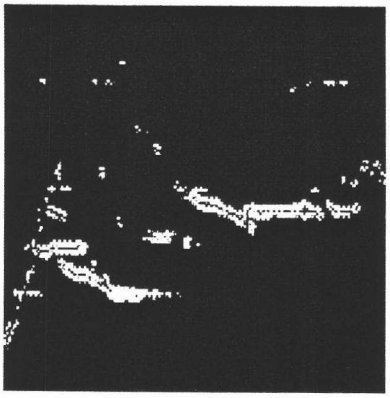
รูปที่ 3.7 j. ภาพหลังผ่านการทำให้บาง
ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 9



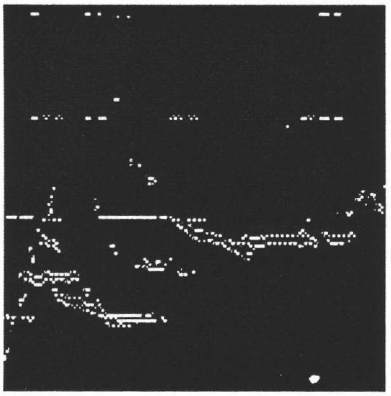
รูปที่ 3.7 k. ภาพหลังผ่านการหาขอบภาพ
ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 11



รูปที่ 3.7 l. ภาพหลังผ่านการทำให้บาง
ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 11



รูปที่ 3.7 m. ภาพหลังผ่านการหาขอบภาพ ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 15



รูปที่ 3.7 n. ภาพหลังผ่านการทำให้บาง ที่ระดับเทรชโฮลด์เท่ากับ 15

รูปที่ 3.7 ภาพที่ได้หลังจากการทดลอง

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดสอบ ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 80486 DX -4 ที่ความเร็ว 100 เมกกะเฮิรต์ สำหรับเครื่องสแกนเนอร์ที่ใช้เป็นของ Hewlett - Packard รุ่น IICX กับโปรแกรม Deskscan II และนำมาปรับแต่งให้ได้ขนาดด้วยโปรแกรม Photostyler รุ่นที่ 2.0 สำหรับภาพขนาด 512 x 512 ด้วยระดับเทา 256 ระดับ (8 บิต) สรุปผลการทดสอบได้ว่ากรรมวิธีที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการจำแนกถูกต้องร้อยละ 83.72 % ในส่วนของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลขึ้นอยู่กับภาพแต่ละภาพทั้งนี้โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3 - 5 นาทีต่อภาพ

3.4 ปัญหาและข้อจำกัด

ปัญหาที่พบในการทดลองนี้ส่วนมากเป็นปัญหาที่เกี่ยวกับเวลาใช้ประมวลผลและลักษณะที่ใช้ในการทดลองในการประมวลผลนั้นเนื่องจากโปรแกรมที่เขียนขึ้นสำหรับใช้ในการทดสอบขบวนการ ได้ถูกเขียนภายใต้ DOS ซึ่งภายใต้ DOS จะมีข้อจำกัดที่สำคัญมากคือเรื่องของหน่วยความจำ ภาพที่ใช้ในการทดสอบนั้นเป็นภาพขนาด 512 X 512 หมายความว่าจะต้องใช้หน่วยความจำทั้งหมด 262144 ไบท์ สำหรับเก็บข้อมูลในการประมวลผลทำให้ต้องเสียเวลาในการเขียนข้อมูลลงใน Harddisk เพื่อเป็นที่พักข้อมูลสำหรับการประมวลผลในขั้นตอนถัดไป สำหรับภาพที่ใช้ในการทดสอบนั้นเป็นภาพที่ได้รับความเอื้อเฟื้อ จากกรมทางหลวง ที่ไม่อาจ ควบคุมการถ่ายภาพได้ทั้งในเรื่องมุมกล้องและระยะทาง การเปิดหน้ากล้อง ความเร็วในการเปิดหน้ากล้องและแสงเป็นเหตุให้ผู้ทดสอบต้องปรับแต่งในช่วงการสแกนภาพให้ได้รายละเอียดของภาพดีที่สุดสำหรับแต่ละภาพ ซึ่งอาจจะให้คุณภาพที่ไม่สม่ำเสมอกันได้ ในเรื่องการตัดสินใจที่ผิดพลาด ในกรณีของภาพรอยร้าวนั้น เนื่องจากรอยร้าวมีจำนวนมากและจำนวนเส้นได้มาบรรจบครบเป็นวงกลม ซึ่งตรงจุดนี้ตัวโปรแกรมก็จะตีความว่าเป็นกลุ่มหินลอยตัว เนื่องจากในโปรแกรมนี้ไม่ได้ถูกเขียนขึ้นในลักษณะให้เรียนรู้หรือสามารถแยกลักษณะของลาย

เส้นได้ โครงสร้างของระบบนี้เพียงแต่ใช้ข้อมูลต้นแบบซึ่งได้ถูกคัดเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญ มาเป็นแนวทางสำหรับใช้สร้างฐานข้อมูลหรือแบบอ้างอิงเพื่อใช้ในการตัดสินใจโดยการเปรียบเทียบระหว่างฐานข้อมูลที่มีอยู่กับภาพที่ต้องการทดสอบ และในกรณีของภาพหินลอยตัวเนื่องจากยังไม่สามารถแยกลักษณะของวงกลมได้ว่าเป็นหินหรือเป็นวัตถุทำให้โปรแกรมตัดสินผิดพลาด ในจุดนี้เพราะว่าอาจจะมีวัตถุที่เป็นวงกลมซึ่งไม่ใช่หลุมหรือร่องรอยวางอยู่บนถนนขณะทำการสำรวจ ข้อผิดพลาดนี้เกิดจากในโปรแกรมไม่ได้มีการเรียนรู้จำหรือจดจำลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งที่ตรวจสอบได้และจะตีความวัตถุที่เป็นวงกลมทั้งหมดเป็นกลุ่มของหินลอยตัว โดยภาพที่ตัดสินผิดได้แสดงไว้ในภาคผนวก จากภาพในภาคผนวกในส่วนที่โปรแกรมตัดสินผิดพลาดนั้น จะเห็นได้ว่ารอยร้าวมีขนาดไม่ใหญ่มาก แต่ลักษณะรอยร้าวจะรวมตัวกันเป็นวงกลม รวมทั้งภาพที่ใช้ทำฐานข้อมูลและใช้ทดสอบ

ในการปรับปรุงและพัฒนาอัลกอรึธึมนี้ให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง ควรจะทำการปรับปรุงอัลกอรึธึมในส่วนการจำแนกและการตัดสินใจ ให้สามารถเรียนรู้และจดจำรูปแบบของลายเส้นเพื่อป้องกันในกรณีที่ลายเส้นมีลักษณะเป็นเส้นรอบวงคล้ายหินลอยตัว อีกส่วนหนึ่งที่ควรจะมีการปรับปรุงหรือเพิ่มเติมคือในการเรียนรู้จำสิ่งของต่าง ๆ เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นดังที่กล่าวไว้ในข้างต้นสำหรับในกรณีของหินลอยตัว