

เทคนิคการตรวจจับเส้นตรงจากภาพถ่ายที่มีสัญญาณรบกวนสูง
โดยใช้การแปลงแบบฮัฟ

TECHNIQUE FOR STRAIGHT LINE DETECTION FROM HIGH-NOISE IMAGE
USING HOUGH TRANSFORM



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๕๕

KMITL-2012-IT-M-001-006

**TECHNIQUE FOR STRAIGHT LINE DETECTION FROM HIGH-NOISE IMAGE
USING HOUGH TRANSFORM**

Akom Tipmanee

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INFORMATION TECHNOLOGY
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2012

KMITL-2012-IT-M-001-006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2012






FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เทคนิคการตรวจจับเส้นตรงจากภาพถ่ายที่มีสัญญาณรบกวนสูงโดยใช้การแปลงแบบฮัฟ
Technique for Straight Line Detection from High-Noise Images using Hough Transform
นักศึกษา นายอาคม ทิพย์มณี
รหัสประจำตัว 50066405
ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.นพพร โชติกกำจร

| คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ | ลายมือชื่อ |
|---|--|
| รองศาสตราจารย์ ดร.บุญวัฒน์ อัครชู |  |
| รองศาสตราจารย์ บรรจง ปิยะธารง |  |
| รองศาสตราจารย์ ดร.นพพร โชติกกำจร |  |
| ดร.สุภวรรณ อันนันทน์ |  |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัณฑ์พงษ์ วรรณปัญญา |  |

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRBANG

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 29 พฤษภาคม 2555 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง 335 (ชั้น 3) คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์บูรณ์ สถิตวิริยวงศ์)

คณบดีคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ

วันที่.....31.....เดือน.....พฤษภาคม.....พ.ศ.....2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|-------------------|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | เทคนิคการตรวจจับเส้นตรงจากภาพถ่ายที่มีสัญญาณรบกวนสูง โดยใช้การแปลงแบบฮัฟ |
| นักศึกษา | นายอาคม ทิพย์มณี |
| รหัสนักศึกษา | 50066405 |
| ปริญญา | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต |
| สาขาวิชา | เทคโนโลยีสารสนเทศ |
| แขนงวิชา | วิทยาการสารสนเทศ |
| พ.ศ. | 2555 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รศ.ดร.นพพร โชติศักดิ์ |

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอเทคนิคสำหรับการตรวจจับเส้นตรงจากรูปภาพที่มีสัญญาณรบกวนสูง โดยใช้วิธีการแปลงของฮัฟในการตรวจจับเส้นตรงกระทำกับภาพไบนารีที่ได้จากการแปลงภาพสีเทาหลายระดับ ซึ่งในการทำงานจะเริ่มจากการแปลงภาพสีเทาหลายระดับเป็นภาพไบนารีด้วยค่าเทรชโฮลด์ จากนั้นนำไปเข้ากระบวนการแปลงของฮัฟ แล้วหาค่าที่สูงที่สุดและค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้าง จากนั้นคำนวณหาอัตราส่วน เพื่อใช้ในการระบุถึงเส้นตรงในรูปภาพ โดยเปรียบเทียบกับค่าขีดแบ่ง หากค่าอัตราส่วนมากกว่าค่าขีดแบ่งแสดงว่ามีเส้นตรงในรูปภาพ ในทางกลับกัน หากค่าอัตราส่วนน้อยกว่าค่าขีดแบ่งแสดงว่าไม่มีเส้นตรงในรูปภาพ สำหรับเทคนิคนี้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจจับเส้นตรงหรือรอยขีดข่วนจากภาพถ่ายที่มีสัญญาณรบกวนสูง โดยในการวัดประสิทธิภาพวัดจากความผิดพลาดในการตรวจจับเส้นตรง ซึ่งจากการทดลองพบวิธีการตรวจจับเส้นตรงจากรูปภาพไบนารีมีความผิดพลาดน้อยกว่าการตรวจจับเส้นตรงจากภาพขอบวัตถุแบบไบนารี

| | |
|-----------------------|--|
| Thesis | Technique for straight line detection from high-noise image using hough transform |
| Student | Mr.Akom Tipmanee |
| Student ID. | 50066405 |
| Degree | Master of Science |
| Program | Information Technology |
| Major | Information Science |
| Year | 2012 |
| Thesis Advisor | Assoc.Prof.Dr.Nopporn Chotikakamthorn |

ABSTRACT

This thesis presents a technique for straight line detection from a heavily noise-corrupted image. It is based on, a standard Hough transform method applied to a binary image, which is converted from a gray scale image by thresholding. After computing a Hough transform, a ratio of each peak value and an averaged value of surrounding point is calculated. If a ratio value is higher than a threshold,. A line is detected. The technique was applied to detect a line from high-noise image. Performance was evaluated by counting the number of detection errors. The proposed method was found to offer better result.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยรับคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการประมวลผลรูปภาพดิจิทัลและหลักการตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟ จาก รศ.ดร.นพพร โชติกคำธร ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณและเอ่ยนามถึงบุคคลต่างๆที่ได้มีส่วนร่วมช่วยในการสร้างงานวิจัยชิ้นนี้ขึ้นมาจนสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นอย่างสูงที่เสียสละเวลาอันมีค่าให้ข้อคิดแนวทาง ทำให้สามารถแก้ไขปัญหางานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบคุณ บริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สโตเรจ เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือสำหรับข้อมูลการตรวจสอบกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ และภาพถ่ายรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ และทุนสนับสนุนจาก วิทยาลัยนวัตกรรมการจัดการข้อมูล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้รหัสโครงการ HDD-01-51-03M

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งให้ความอนุเคราะห์ในการอำนวยความสะดวกต่างๆในการทำงานตั้งแต่ต้น รวมถึงพี่ๆเพื่อนๆนักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขทฤษฎีและอื่นๆที่ผิดพลาดจนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้บิดามารดาซึ่งเป็นที่เคารพรักยิ่ง และเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุด ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

อาคม ทิพย์มณี

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย..... | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... | II |
| กิตติกรรมประกาศ..... | III |
| สารบัญ..... | IV |
| สารบัญตาราง..... | VI |
| สารบัญรูป..... | VII |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..... | 2 |
| 1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย..... | 2 |
| 1.4 สมมติฐานของการศึกษา..... | 3 |
| 1.5 ขอบเขตของการศึกษา..... | 3 |
| 1.6 ขั้นตอนของการศึกษา..... | 3 |
| 1.7 โครงสร้างวิทยานิพนธ์..... | 3 |
| บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... | 5 |
| 2.1 การตรวจหขอบวัตถุของภาพ..... | 5 |
| 2.2 การตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟ..... | 6 |
| 2.3 การตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพขอบวัตถุแบบไบนารี..... | 8 |
| 2.4 การวัดประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรง..... | 10 |
| 2.5 การวัดระดับของสัญญาณรบกวน..... | 10 |
| บทที่ 3 การตรวจจับเส้นตรงขนาดบางจากภาพที่มีสัญญาณรบกวนสูง..... | 12 |
| 3.1 การตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟกับภาพไบนารี..... | 13 |
| 3.2 การใช้ค่าอัตราส่วนของจุด Peak ในการตรวจจับเส้นตรง..... | 16 |
| 3.3 ตำแหน่งของค่าที่อยู่ติดค่าที่สูงที่สุด..... | 17 |
| 3.4 การตรวจสอบระยะขอบของ Hough space..... | 18 |
| 3.5 การคำนวณค่า Decision threshold..... | 19 |

สารบัญ(ต่อ)

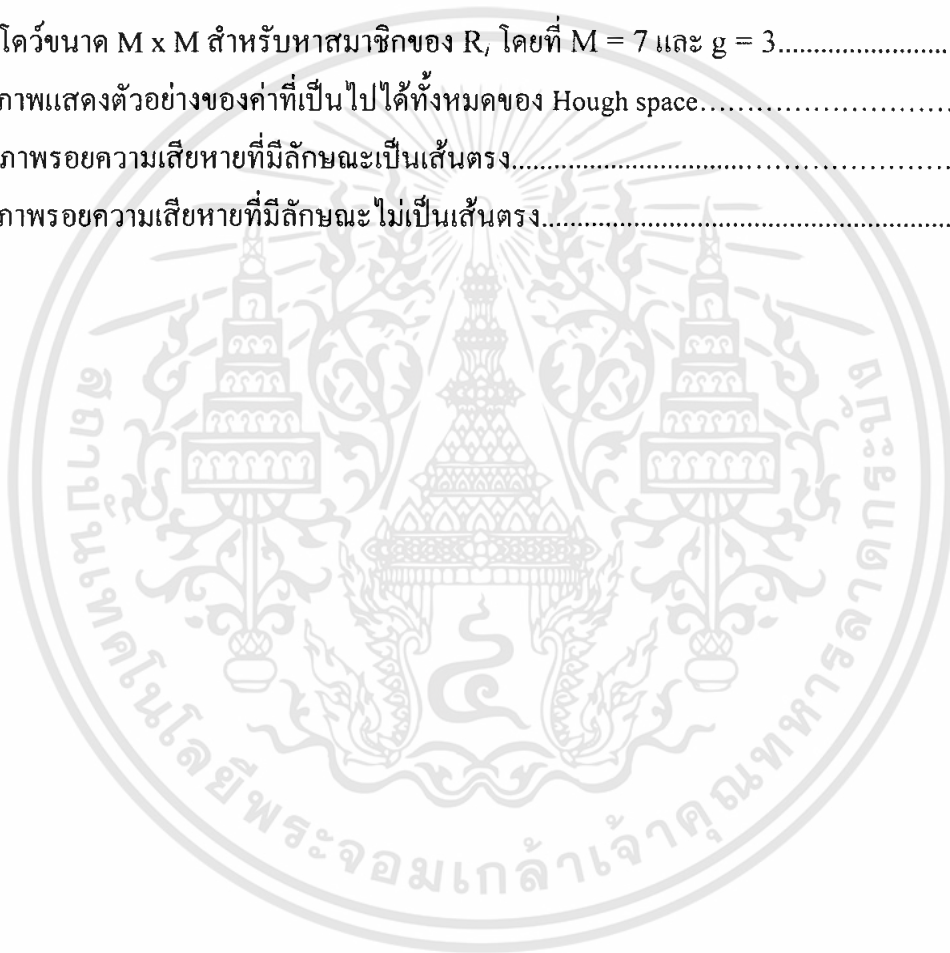
| | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 4. ผลการทดลอง..... | 21 |
| 4.1 การทดสอบหาประเภทของการกระจายตัวของสัญญาณรบกวน..... | 21 |
| 4.2 การทดลองเพื่อหาวิธีการสำหรับการหาขอบวัตถุในภาพรอยความเสียหายบนพื้นผิว ชาร์คดีสก์..... | 23 |
| 4.3 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงจากภาพขอบวัตถุแบบไปนาที่ระดับของ สัญญาณรบกวนต่างๆ..... | 24 |
| 4.4 การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงจากภาพไปนารีที่ระดับของสัญญาณร บกวนต่างๆ..... | 27 |
| บทที่ 5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... | 31 |
| เอกสารอ้างอิง..... | 32 |
| ภาคผนวก..... | 33 |
| ภาคผนวก ก. บทความและผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์..... | 34 |
| ประวัติผู้เขียน..... | 39 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 แสดงการตัดสินใจต่อสมมติฐาน..... | 10 |
| 3.1 แสดงค่าใน Hough space ของภาพลักษณะที่เป็นเส้นตรง..... | 14 |
| 3.1 แสดงค่าใน Hough space ของภาพลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรง..... | 15 |
| 4.1 แสดงแสดง Histogram ของภาพถ่ายรอยความเสียหาย..... | 22 |
| 4.2 แสดงแสดง Histogram ของสัญญาณรบกวนลักษณะต่างๆ..... | 23 |
| 4.3 แสดงจำนวนภาพที่ตรวจเจอเส้นตรงในภาพรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์..... | 24 |
| 4.4 แสดงระดับของสัญญาณรบกวนและผลการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพขอบวัตถุที่ Mean= 64.. | 25 |
| 4.5 แสดงระดับของสัญญาณรบกวนและผลการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพขอบวัตถุที่ Mean= 128.. | 27 |
| 4.6 แสดงแสดงระดับของสัญญาณรบกวนและผลการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพไบนารีที่ Mean= 64..... | 28 |
| 4.7 แสดงแสดงระดับของสัญญาณรบกวนและผลการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพไบนารีที่ Mean= 128..... | 29 |
| 4.6 แสดงแสดงระดับของสัญญาณรบกวนและผลการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพไบนารีที่ Mean= 192..... | 30 |

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 รูปแสดงลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง..... | 5 |
| 2.2 รูปแสดงวิธีการคำนวณหา Hough space..... | 7 |
| 2.3 รูปแสดงตัวอย่างการคำนวณการแปลงของฮัฟในโปรแกรม Matlab..... | 8 |
| 3.1 การแปลงภาพขอบวัตถุแบบไบนารี..... | 12 |
| 3.2 ภาพไบนารีของภาพที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง..... | 13 |
| 3.3 ภาพไบนารีของภาพที่มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง..... | 14 |
| 3.4 วินโดว์ขนาด $M \times M$ สำหรับหาสมาชิกของ R , โดยที่ $M = 7$ และ $g = 3$ | 17 |
| 3.5 รูปภาพแสดงตัวอย่างของค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดของ Hough space..... | 19 |
| 4.1 รูปภาพรอยความเสียหายที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง..... | 21 |
| 4.2 รูปภาพรอยความเสียหายที่มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง..... | 21 |



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การตรวจจับเส้นตรงจากรูปภาพ เป็นปัญหาที่สามารถพบได้ในหลายๆกรณี เช่นการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์[1] ซึ่งในการกำหนดเส้นทางในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ จะกระทำจากการรับภาพแล้วทำการประมวลผลเพื่อหาแนวเส้นที่เป็นทิศทางในการเคลื่อนที่ หรือ การค้นหาข้อความที่สำคัญ [2] เพื่อกำหนดเป็นคำหลักสำหรับการค้นหาเอกสาร โดยเป็นการค้นหาจากคำที่ขีดเส้นใต้ ซึ่งการตรวจจับเส้นตรงสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย รวมถึงการนำมาประยุกต์ใช้งานในการตรวจจับเส้นตรงจากรูปภาพรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ เพื่อช่วยในการวินิจฉัยหาสาเหตุของการเกิดความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์

ปัญหาหลายประการในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ สร้างความเสียหายให้กับพื้นผิวของจานแม่เหล็กอันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของตัวอุปกรณ์ ซึ่งในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ มีความจำเป็นต้องหาสาเหตุของความเสียหายดังกล่าว เพื่อให้สามารถดำเนินการแก้ไขปัญหา ที่หากปล่อยไว้จะส่งผลกระทบต่อปริมาณของเสียที่เกิดจากการผลิต โดยในการตรวจสอบหาสาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้นจะเริ่มจากการตรวจหาดำแหน่งของความเสียหายที่เกิดขึ้น จากนั้นจึงนำฮาร์ดดิสก์ ที่พบปัญหาไปทำการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แล้วนำภาพถ่ายที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาลักษณะของรอยความเสียหายที่เกิดขึ้น ว่าลักษณะของรอยความเสียหายที่เกิดขึ้น เกิดขึ้นมาจากสาเหตุใด โดยทั่วไปลักษณะของรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นมีลักษณะเช่น เป็นรอยขีดข่วน เป็นรอยหลุม เป็นต้น และหากข้อมูลจากภาพถ่ายยังไม่เพียงพอสำหรับการระบุถึงสาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้น ก็จะทำการส่งต่อเพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตฮาร์ดดิสก์ จากการวิเคราะห์ดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการวินิจฉัยหาสาเหตุของความเสียหายจะกระทำโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งในบางกรณีถ้าผู้ที่วินิจฉัยไม่แน่ใจในลักษณะของรอยความเสียหายก็จะทำการตรวจสอบจากเอกสารของรอยความเสียหายที่เคยเกิดขึ้น จากวิธีการดังกล่าวเห็นได้ว่าเป็นวิธีการที่ใช้เวลามาก ดังนั้นจึงมีการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์เพื่อเข้ามาช่วยในการตรวจสอบหาสาเหตุของความเสียหายที่เกิดขึ้น ซึ่งในการทำงานจะกระทำด้วยการประมวลผลรูปภาพ เพื่อดำหนดลักษณะเด่นของรูปภาพ และนำมาเปรียบเทียบกับกรณีของความเสียหายที่เคยเกิดขึ้นเพื่อจำแนกว่ารอยความเสียหายที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นอย่างไร โดยในงานวิจัยนี้จะพิจารณาประเด็นของการตรวจสอบความเสียหายที่มีลักษณะเป็นรอยขีดข่วนเป็นแนวเส้นตรง โดยอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพ เพื่อลดเวลาและความจำเป็นในการใช้พนักงานหรือผู้เชี่ยวชาญมาตรวจสอบและประเมินด้วยตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่สำคัญในการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลสัญญาณกับปัญหาข้างต้น เกิดจากลักษณะของเส้นที่ปรากฏในภาพ มักจะเป็นเส้นที่บาง คือมีความกว้างของเส้นน้อย และความสว่างของรอยเส้นไม่แตกต่างจากค่าความสว่างของพื้นหลังมากนัก อีกทั้งภาพที่ถ่ายได้ มักปรากฏสัญญาณรบกวนในระดับที่สูงมาก อันทำให้เทคนิคการคำนวณและตรวจจับเส้นตรงมาตรฐานที่มีการใช้งานโดยทั่วไป เช่น การแปลงของฮัฟ ตลอดจนถึงอัลกอริทึมหรือวิธีการต่าง ๆ ที่พัฒนาจากการแปลงดังกล่าว ไม่สามารถทำงานได้ดี เหตุผลส่วนหนึ่งคือเนื่องมาจากการที่วิธีการต่าง ๆ ดังกล่าวมักจะกระทำกับภาพขอบวัตถุแบบไบนารี (binary edge image) อย่างไรก็ตามในการแปลงจากภาพสีเทาหลายระดับ (grey-scale image) เป็นภาพขอบวัตถุ[3] นอกจากจะต้องอาศัยการเลือกค่าเทรชโวล์ที่เหมาะสมแล้ว สำหรับภาพที่มีสัญญาณรบกวนสูง ผลที่ได้จากการแปลงจะเกิดสัญญาณรบกวนเป็นจำนวนมากอันจะส่งผลให้กระบวนการตรวจจับที่ตามมาไม่ได้ผลที่เท่าที่ควรตามไปด้วย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการในการตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพที่มีความกว้างของเส้นตรงที่บาง และมีสัญญาณรบกวนสูง โดยพิจารณาเพื่อค้นหาว่าในรูปภาพมีเส้นตรงหรือรอยขีดข่วนเกิดขึ้นหรือไม่

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

เทคนิคการตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพได้เลือกใช้การตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟกระทำกับรูปภาพไบนารี (หรือรูปภาพขาว-ดำ) ที่ได้จากการแปลงรูปภาพสีเทาหลายระดับ แทนการตรวจจับเส้นตรงจากรูปภาพขอบวัตถุ เนื่องจากข้อมูลของภาพถ่ายรอยความเสียหายของพื้นผิวฮาร์ดดิสก์มีสัญญาณรบกวนสูง หากนำมาแปลงเป็นภาพขอบวัตถุ จะทำให้เกิดเส้นขอบขึ้นมากมาย จึงทำให้ไม่สามารถตรวจจับเส้นตรงได้แม่นยำ แต่ค่าสูงสุดที่เกิดขึ้นใน Hough space ที่ได้จากการแปลงของฮัฟกับรูปภาพไบนารี ไม่สามารถตรวจจับเส้นตรงได้ถูกต้อง เพราะค่าสูงสุดที่สุดใน Hough space สามารถหมายถึงตำแหน่งของจุดภาพที่เรียงตัวกันในแนวเส้นตรงเดียวกัน จึงทำให้ต้องพัฒนาวิธีการจำแนกเส้นตรงจากรูปทรงอื่นๆ โดยอาศัยการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการทำ Hough transform

1.4 สมมติฐานของการศึกษา

ค่าอัตราส่วนที่คำนวณจากค่าสูงสุดที่ได้จากการแปลงของฮัฟ เมื่อเทียบกับค่าที่อยู่รอบข้าง มีความแตกต่างกัน ระหว่างค่าสูงสุดที่เกิดจากเส้นตรง และค่าสูงสุดที่เกิดจากรูปทรงในลักษณะอื่น ๆ

1.5 ขอบเขตของการศึกษา

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาเทคนิคการแปลงของฮัฟ สำหรับใช้ในการตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพ ซึ่งรูปภาพที่ใช้ในงานวิจัยเป็นการจำลองรูปภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกับรูปภาพดิจิทัลที่ได้จากการถ่ายรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน โดยเทคนิคที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้จะสามารถการตรวจจับเส้นตรง และสามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ของเส้นตรงสำหรับภาพที่ได้จากกระบวนการตรวจสอบรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ได้

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

1. กำหนดหัวข้อ เป้าหมาย จุดประสงค์ และขอบเขตของการทำวิทยานิพนธ์
2. ศึกษาทฤษฎีและหลักการพื้นฐานที่ใช้ในงานวิจัย
3. ศึกษาเทคนิคต่างๆ ที่มีอยู่ถึงแนวคิด หลักการ ข้อดี และข้อบกพร่องของแต่ละเทคนิค
4. ศึกษาการแปลงของฮัฟ และพัฒนาเทคนิคเพื่อความเหมาะสมในการตรวจจับเส้นตรง ที่เกิดจากรอยขีดข่วน บนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์
5. ทำการทดลอง ปรับปรุง และสรุปผล
6. จัดทำเอกสารประกอบวิทยานิพนธ์

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

ในบทที่ 1 จะกล่าวถึงลักษณะทั่วไปของวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่ความเป็นมา จุดเริ่มต้นของปัญหาและความสำคัญ ซึ่งเป็นที่มาของการศึกษา โดยได้ระบุถึงหลักการหรือทฤษฎีต่างๆ ที่นำมาใช้ภายใต้สมมติฐานที่เรากำหนด โดยมีจุดมุ่งหมาย ขอบเขต และขั้นตอนในการศึกษาระบุไว้อย่างชัดเจน

บทที่ 2 จะเป็นการอธิบายวิธีการ โดยทั่วไปในการตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพ

บทที่ 3 เป็นบทที่อธิบายถึงวิธีการที่พัฒนาเพื่อตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพที่มีลักษณะเส้นตรงที่บาง และมีสัญญาณรบกวนสูง

บทที่ 4 จะเป็นผลการทดลองการตรวจจับเส้นตรงซึ่งจะแสดงผลการทดลองจากวิธีการ โดยทั่วไปและวิธีที่ได้ศึกษาและพัฒนา

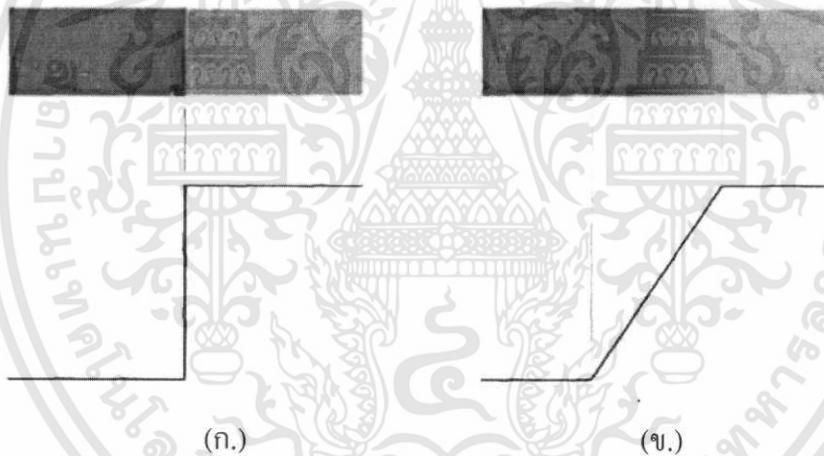
สำหรับในบทสุดท้าย คือบทที่ 5 เป็นบทสรุปถึงเนื้อหาทั้งหมดที่ได้กล่าวมา และผลการทดลองในการตรวจจับเส้นตรงในภาพถ่ายรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การตรวจหาขอบวัตถุของภาพ

การหาขอบวัตถุของภาพ (Edge detection) เป็นการแยกวัตถุ (Object) ของรูปภาพที่ต้องการวิเคราะห์ออกจากพื้นหลัง (Background) โดยที่ขอบวัตถุของรูปภาพเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง จากค่าความสว่างระดับต่ำ ไปเป็นค่าความสว่างระดับสูง หรือจากค่าความสว่างระดับสูงไปเป็นระดับต่ำ ซึ่งบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างนี้ คือขอบวัตถุของภาพ การเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างในรูปภาพสามารถแบ่งออกได้สองประเภท คือ การเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างแบบทันทีทันใด (Step edge) และการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่างทีละน้อย (Ramp edge) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปแสดงลักษณะของการเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง

(ก.) การเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด (ข.) การเปลี่ยนแปลงทีละน้อย

ขอบวัตถุของภาพจะสามารถใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของวัตถุในรูปภาพได้ วิธีการในการหาขอบวัตถุของรูปจะใช้ มาสก์ (mask) แบบต่างๆมาทำการคอนโวลูชัน (Convolution) กับรูปภาพที่ต้องการหาขอบวัตถุ เพื่อหาคำถามหาบริเวณที่แตกต่างของค่าความสว่างของจุดภาพ โดยในการพิจารณาว่าบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณของขอบวัตถุหรือไม่ จะพิจารณาจากค่าความแตกต่างของค่าความสว่างของจุดภาพกับค่าความสว่างของจุดภาพที่อยู่ติดกัน ว่ามีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งหรือไม่ ถ้าหากมีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่ง แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าตำแหน่งดังกล่าวเป็นตำแหน่งของขอบวัตถุ ซึ่งภาพขอบวัตถุจะเป็นภาพแบบไบนารี คือสามารถมีค่าความสว่างของจุดภาพได้เพียง 2 ค่า คือ 0 กับ 1 ซึ่งในการทำงานของการหาขอบวัตถุหลังจากที่เปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าความสว่างของจุดภาพกับค่าความสว่างของจุดภาพที่อยู่ติดกันกับค่าขีดแบ่งแล้ว หากค่าความแตกต่างมีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่ง ณ ตำแหน่งของค่าความแตกต่างนั้นจะให้จุดภาพมีค่าความสว่างเป็น 1 ในทางกลับกัน หากค่าความแตกต่างมีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่ง ณ ตำแหน่งของค่าความแตกต่างนั้นจะให้จุดภาพมีค่าความสว่างเป็น 0 ดังนั้นสรุปได้ว่าบริเวณของภาพหลังจากที่ได้ทำการหาขอบวัตถุแล้วมีค่าความสว่างของจุดภาพเป็น 1 แสดงว่าบริเวณดังกล่าว คือบริเวณของขอบวัตถุ แต่ถ้ามีค่าความสว่างของจุดภาพเป็น 0 แสดงว่าบริเวณดังกล่าว คือบริเวณที่เป็นพื้นหลัง โดย มาตรฐานที่ใช้ในการตรวจหาขอบวัตถุมีหลากหลายประเภทเช่น Sobel, Canny, Prewitt, Roberts, Laplacian of Gaussian เป็นต้น (Rafael and Richard,2008: 706-725)

2.2. การตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟ

การตรวจจับเส้นตรงวิธีการ โดยทั่วไปคือการตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟ (Hough transform) ซึ่งวิธีการทำงานจะทำการแปลงรูปภาพที่ต้องการตรวจจับเส้นตรงให้อยู่ในรูปของ Hough space และใน Hough space จะเป็นการบันทึกจำนวนจุดภาพ ว่าในแต่ละตำแหน่งของเส้นตรงในรูปภาพ จะมีจำนวนจุดภาพที่อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันเป็นจำนวนเท่าใด โดยตำแหน่งและค่าที่สูงที่สุดใน Hough space จะใช้ในการตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพ ซึ่งตำแหน่งของเส้นตรงจะอธิบายจากระยะห่างจากจุดอ้างอิง (ρ) และมุม (θ) ระหว่างเส้นตรงกับเส้นแกน (มีค่าระหว่าง -90 องศา ถึง 90 องศา) ดังในรูปที่ 2.2 (ก.)

สำหรับการคำนวณการแปลงของฮัฟจะเริ่มจากการสร้าง Accumulator cells หรือ Hough space เพื่อใช้ในการจัดเก็บจำนวนจุดภาพในแต่ละตำแหน่งของเส้นตรง โดยที่ค่าเริ่มใน Accumulator cells จะมีค่าเป็น 0 ในทุกตำแหน่ง และขนาดของ Accumulator cells จะกำหนดจากช่วงของค่า ρ และช่วงของค่า θ โดยที่ช่วงของค่า ρ จะอยู่ในช่วง $-D \leq \rho \leq D$ เมื่อ D คือระยะที่สูงที่สุดที่วัดจากมุมของภาพที่อยู่ตรงกันข้าม และช่วงของค่า θ จะอยู่ในช่วง $-90 \leq \theta \leq 90$ จากนั้นทำการค้นหาตำแหน่งของจุดภาพ (x, y) ที่มีค่าความสว่างเท่ากับ 1 แล้วนำตำแหน่งของจุดภาพที่ได้มาคำนวณดังสมการ

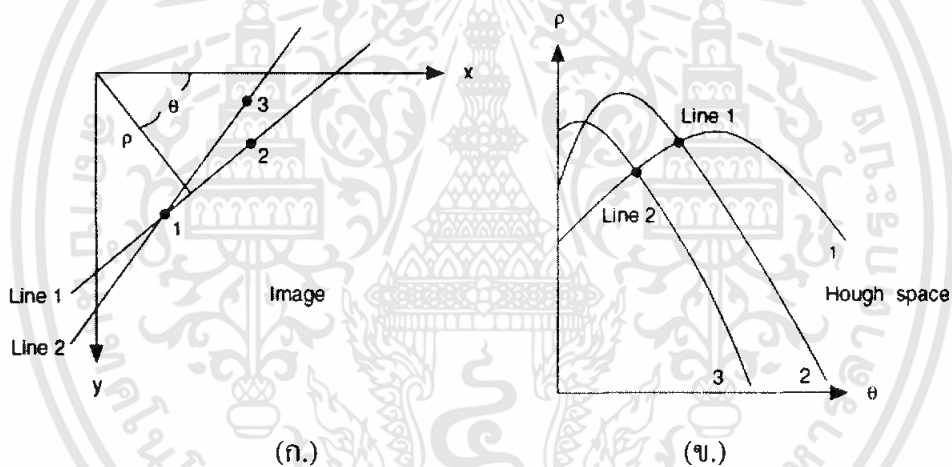
$$\rho = x \cos\theta + y \sin\theta \quad (1)$$

โดยที่ ρ คือ ระยะห่างระหว่างเส้นตรงกับจุดกำเนิด หรือจุด $(0,0)$

θ คือ มุมระหว่างเส้นตรงกับเส้นแกน (มีค่าระหว่าง -90 องศา ถึง 90 องศา)

(x,y) คือ ตำแหน่งจุดภาพของภาพขอบวัตถุแบบไบนารี

ซึ่งในการคำนวณจะใช้ค่า θ ตั้งแต่ -90 ถึง 90 แล้วคำนวณตามสมการ (1) เพื่อหาค่า ρ ว่ามีค่าเป็นเท่าใด จากนั้น นำค่า ρ ที่ได้จากค่า θ ไปบันทึกใน Accumulator cells โดยในการบันทึกจะบันทึกโดยการเพิ่มค่าใน Accumulator cells ครั้งละ 1 ต่อจำนวนครั้งที่คำนวณได้ค่า ρ และค่า θ และเมื่อนำทุกจุดภาพมาคำนวณตามสมการ (1) แล้ว ตำแหน่งและค่าที่สูงที่สุดใน Accumulator cells หรือ Hough space จะใช้ในการตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 รูปแสดงวิธีการคำนวณหา Hough space (ก.) แสดงตำแหน่งของเส้นตรงในรูปภาพ (ข.) แสดงค่าใน Hough space

จากรูปที่ 2.2 เป็นการแสดงตำแหน่งของเส้นตรงที่ลากผ่านจุดภาพ ซึ่งตำแหน่งของเส้นตรงต่างๆ ในรูปภาพจากอธิบายด้วย ค่า ρ และค่า θ ซึ่งค่า ρ และค่า θ ที่ได้จะนำไปบันทึกใน hough space ว่าที่ตำแหน่งของเส้นตรงต่างๆ มีจุดภาพเรียงตัวอยู่แนวเส้นตรงเดียวกันเป็นจำนวนเท่าใด จากตัวอย่างในรูปที่ 2.2 (ก.) เป็นการแสดงเส้นตรงที่ลากผ่านจุดภาพต่างๆ ในรูป โดยในรูปที่ 2.2 (ก.) จะเห็นได้ว่ามีจุดภาพ 3 จุด คือ จุด 1 จุด 2 และจุด 3 และมีเส้นตรงในรูป 2 เส้น คือ Line 1 และ Line 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่เส้นตรง Line 1 จะลากผ่านจุด 1 และ จุด 2 และเส้นตรง Line 2 จะลากผ่านจุด 1 และจุด 3 แล้วเมื่อนำมาคำนวณการแปลงของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮัฟ จะพบว่าใน Hough space (รูปที่ 2.2 (ข.)) ณ ตำแหน่งที่ Line 1 จะเป็นจุดตัดของค่าที่เกิดจากจุด 1 และจุด 2 และตำแหน่งที่ Line 2 จะเป็นจุดตัดของค่าที่เกิดจากจุด 1 และจุด 3 ซึ่งบริเวณที่เป็นจุดตัดกันจะเป็นการสะสมค่าในตำแหน่งของเส้นตรงนั้นๆ ซึ่งหากในแนวเส้นตรงแต่ละแนวมีจำนวนจุดภาพมากเท่าใด ค่าที่จุดตัดนั้นจะมีค่ามากเท่านั้น ซึ่งในการตรวจจับเส้นตรงจะตรวจจับบริเวณที่จุดตัดนั้นมีค่ามากที่สุด ใน Hough space ตัวอย่างของโค้ดโปรแกรมสำหรับการคำนวณการแปลงของฮัฟ แสดงดังรูปที่ 2.3 (ตัวอย่างโค้ดโปรแกรมใน Matlab)

```
f=picture; %% เป็นการกำหนดตัวแปร f สำหรับจัดเก็บรูป picture
[m,n]=size(f);
D=ceil(sqrt((m-1)^2+(n-1)^2));
rho=-D:1:D; %% เป็นการกำหนดช่วงของค่า ρ
nrho=length(rho);
theta=-90:1:90; %% เป็นการกำหนดช่วงของค่า θ
theta_d=theta*pi/180;
ntheta=length(theta);
[x,y,val]=find(f); %% เป็นการหาตำแหน่งของจุดภาพที่มีค่าความสว่างเป็น 1
x=x-1;
y=y-1;
x_m=repmat(x,1,181);
y_m=repmat(y,1,181);
val_m=repmat(val,1,181);
theta_m=repmat(theta,size(x_m,1),1);
rho_m=(x_m.*cos(theta_m))+(y_m.*sin(theta_m));
rho_m=round(rho_m/q);
rho_m=rho_m+q+1;
h=zeros(nrho,ntheta); %% กำหนดขนาดของ Hough space
for i=1:size(rho_m,1)
    for j=1:size(rho_m,2)
        h(rho_m(i,j),theta_m(i,j))=h(rho_m(i,j),theta_m(i,j))+val_m(i,j);
    end
end
end
```

รูปที่ 2.3 รูปแสดงตัวอย่างการคำนวณการแปลงของฮัฟ ในโปรแกรม Matlab

2.3. การตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพขอบวัตถุแบบไบนารี

ในการตรวจจับเส้นตรง ขั้นตอนโดยทั่วไปคือการแปลงของฮัฟ กับรูปภาพที่ได้ผ่านกระบวนการตรวจหาขอบวัตถุของภาพ สำหรับข้อดีของการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพขอบวัตถุแบบไบนารี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ อาศัยเฉพาะค่าของ Hough space ที่สูงที่สุด ก็สามารถใช้ระบุารูปภาพที่นำมาตรวจจับเส้นตรงนั้นมีเส้นตรงอยู่ในรูปภาพหรือไม่ ขั้นตอนการตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟโดยทั่วไป มีดังนี้

1. แปลงภาพสีเทาหลายระดับ เป็นภาพขอบวัตถุแบบไบนารี
2. แปลงภาพขอบวัตถุแบบไบนารี ด้วยการแปลงของฮัฟ โดยนำจุดภาพของภาพขอบวัตถุมาคำนวณเพื่อหา Hough space ด้วยสมการ (1)
3. ค้นหาตำแหน่งและค่าที่สูงที่สุดใน Hough space จากนั้นปรับค่าที่อยู่บริเวณโดยรอบให้เป็น 0 เนื่องจากค่าเหล่านั้นอาจจะมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับค่าที่สูงที่สุดที่ค้นหาได้ (ในการค้นหาค่าที่สูงที่สุด จะใช้ค่าที่สูงที่สุดค่าแรกที่พบ) สาเหตุที่ต้องปรับให้มีค่าเป็น 0 เพราะค่าเหล่านั้นอาจจะเกิดจากแนวเส้นตรงเดียวกับค่าที่สูงที่สุด ซึ่งจะทำให้ในการตรวจจับเส้นตรง อาจจะทำให้ตรวจจับเส้นตรงได้หลายเส้น ซึ่งเส้นตรงที่ตรวจจับได้เหล่านั้นคือเส้นตรงเดียวกัน
4. จัดเก็บค่าและตำแหน่งของค่าที่สูงที่สุดใน Hough space ที่มีค่าสูงกว่าค่าขีดแบ่ง
5. ตรวจสอบตำแหน่งของเส้นตรง เนื่องจากในการทดลองสำหรับภาพถ่ายรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ เส้นตรงจะอยู่ที่บริเวณตรงกลางของภาพถ่ายเสมอ ดังนั้นตำแหน่งเส้นตรงของภาพขอบวัตถุที่อยู่บริเวณขอบของภาพถ่ายจะไม่นำใช้การตรวจจับเส้นตรง (รายละเอียดจะกล่าวในบทที่ 3) ซึ่งหากตำแหน่งที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 อยู่บริเวณขอบภาพถ่าย ก็จะไม่นำมาพิจารณาเพื่อตรวจจับเส้นตรง
6. ตรวจสอบว่าค่าที่สูงที่สุดใน Hough space ว่าเป็นค่าที่เกิดจากเส้นตรงหรือไม่ ซึ่งในการตรวจสอบจะใช้ค่าเทรคโซลด์ในการพิจารณาว่าเป็นเส้นตรงหรือไม่ หากค่าที่สูงที่สุดใน Hough space มีค่ามากกว่าค่า เทรคโซลด์ แสดงว่าค่าและตำแหน่งของค่าที่สูงที่สุดนั้นเป็นเส้นตรง ในทางกลับกัน หากค่าที่สูงที่สุดใน Hough space มีค่าน้อยกว่าค่าเทรคโซลด์ แสดงว่าค่าและตำแหน่งของค่าที่สูงที่สุดนั้นไม่เป็นเส้นตรง
7. สำหรับค่าที่จัดเก็บที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 จะนำไปคำนวณความยาวและตำแหน่งของเส้นตรงในรูปภาพ
- 8.

สำหรับวิธีการนี้ข้อเสียของวิธีการนี้คือ ถ้ารูปภาพนั้นมีสัญญาณรบกวนสูง ก็จะทำให้รูปภาพนั้นมีเส้นขอบเกิดขึ้นมากมาย และเมื่อทำตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟ ค่าที่เกิดขึ้นใน Hough space จะทำให้ไม่สามารถระบุได้ว่า ค่านั้นเป็นค่าเกิดจากเส้นตรงจริงหรือเกิดจากการเรียงตัวในแนวเส้นตรงเดียวกันของสัญญาณรบกวน และเมื่อใช้วิธีการตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟ กับภาพขอบวัตถุแบบไบนารี มาตรวจจับเส้นตรงในภาพถ่ายความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ ซึ่งเป็นรูปภาพที่มีสัญญาณรบกวนสูง จะทำให้ไม่สามารถใช้วิธีการนี้ในการตรวจจับเส้นตรงบนภาพถ่ายรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ได้

2.4. การวัดประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรง

ในการวัดประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงจะใช้ค่า False negative และค่า False positive ในการวัดค่าความผิดพลาดที่เกิดจากเส้นตรงโดยที่ค่า False negative และค่า False positive คือค่าความผิดพลาดของการตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ (H_0) โดยที่ลักษณะของการตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐานมีความเป็นไปได้ใน 4 ลักษณะ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการตัดสินใจต่อสมมติฐาน

| การตัดสินใจ | H_0 เป็นจริง | H_0 เป็นเท็จ |
|-------------|----------------|----------------|
| ยอมรับ | T | F |
| ปฏิเสธ | F | T |

จากตารางที่ 2.1 False negative คือ กรณีที่ยอมรับสมมติฐานทั้งที่เป็นเท็จ (หรือ Error type I) และ False positive คือ การปฏิเสธสมมติฐานทั้งที่เป็นจริง (หรือ Error type II) โดยในการตรวจจับเส้นตรง False negative คือ ความผิดพลาดที่เกิดจากการตรวจจับว่าไม่มีเส้นตรงในรูปภาพที่มีเส้นตรง และ False positive คือ ความผิดพลาดที่เกิดจากการตรวจจับว่ามีเส้นตรงในรูปภาพที่ไม่มีเส้นตรง

2.5 การวัดระดับของสัญญาณรบกวน

ในการตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพ ระดับของสัญญาณรบกวนอาจมีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจจับเส้นตรง โดยในการวัดระดับของสัญญาณรบกวนจะวัดโดยใช้ Signal to Noise Ratio หรือ SNR ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบอัตราส่วนของขนาดของสัญญาณรูปภาพอ้างอิงกับรูปภาพสัญญาณรบกวน มีหน่วยวัดเป็น เดซิเบล (dB) โดยค่า SNR สามารถคำนวณดังสมการ

$$SNR = 10 \left(\log_{10} \left(\frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x,y)^2}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (\text{mean}^2 + \text{var}^2)} \right) \right) \quad (2)$$

เมื่อ $f(x,y)$ หรือค่าความสว่างของรูปภาพอ้างอิง ณ ตำแหน่ง (x,y)

mean คือ ค่า Mean ของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

var คือ ค่า Variance ของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน

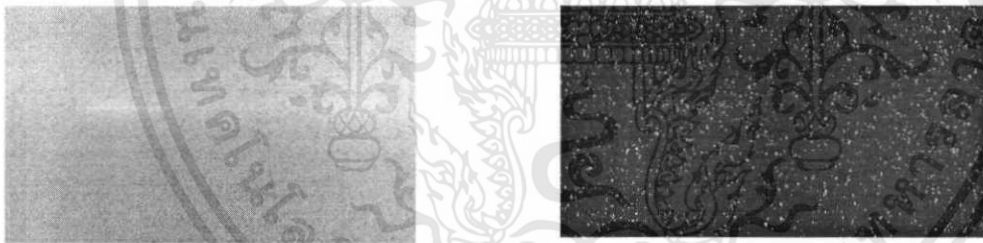
วิธีการในการคำนวณจะเป็นการคำนวณ โดยการหาผลรวมของค่าความสว่างของจุดภาพยกกำลังสองของรูปภาพอ้างอิง แล้วหารด้วยผลรวมของจุดภาพยกกำลังสองของรูปภาพสัญญาณรบกวนจากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่า \log ฐานสิบ แล้วคูณด้วย 10 และในการคำนวณค่า SNR หากค่า SNR ออกมามีค่าสูงแสดงว่าในรูปภาพมีระดับของสัญญาณรบกวนที่น้อย และในทางตรงกันข้าม หากค่า SNR ออกมามีค่าน้อยแสดงว่าในรูปภาพมีระดับของสัญญาณรบกวนที่สูง



บทที่ 3

การตรวจจับเส้นตรงขนาดบางจากภาพที่มีสัญญาณรบกวนสูง

ในหลายๆปัญหา เส้นตรงที่ปรากฏในภาพ มีขนาดที่บาง และมีสัญญาณรบกวนสูง เช่น ภาพถ่าย X-ray [3] ในระบบช่วยประเมินอาการจากภาพถ่าย X-ray หรือ ภาพถ่ายรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ หากใช้กระบวนการตรวจจับเส้นตรง ด้วยภาพขอบวัตถุแบบไบนารี จะไม่สามารถใช้ในการตรวจจับเส้นตรงได้ เพราะสัญญาณรบกวนที่ปรากฏขึ้นในรูปภาพ ซึ่งเมื่อทำการแปลงภาพสีเทาหลายระดับ เป็นภาพขอบวัตถุแบบไบนารี จะทำให้ภาพขอบวัตถุแบบไบนารีเกิดเป็นเส้นขอบขึ้นมากมาย และสูญเสียรายละเอียดในบางส่วนของเส้นตรงดังตัวอย่างรูปที่ 3.1 ดังนั้นเมื่อทำการตรวจจับเส้นตรง จะทำให้ไม่สามารถระบุได้ถูกต้องว่าเส้นตรงที่ตรวจจับได้นั้น เกิดจากเส้นตรงในรูปภาพ หรือเป็นแนวเส้นตรงที่เกิดจากการเรียงตัวของสัญญาณรบกวน และเมื่อทำการตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพที่ไม่มีเส้นตรง สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจะทำให้การตรวจจับเส้นตรงนั้น ระบุว่ารูปภาพนี้มีเส้นตรงเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบในการระบุถึงสาเหตุความเสียหายที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์นั้นผิดพลาด และทำให้การแก้ไขปัญหาสาเหตุความเสียหาย ไม่สามารถทำได้ถูกต้องและตรงประเด็นของความเสียหาย



(ก.)

(ข.)

รูปที่ 3.1 การแปลงภาพขอบวัตถุแบบไบนารี (ก.) ภาพคั่นฉบับ (ข.) ภาพขอบวัตถุแบบไบนารี

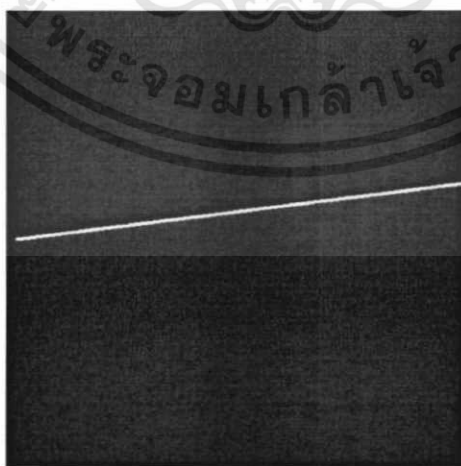
จากรูปที่ 3.1 จะพบว่าเส้นตรงที่เป็นลักษณะของรอยความเสียหายที่เกิดขึ้นในรูปที่ 3.1(ก.) จะอยู่บริเวณตรงส่วนกลางของรูปภาพ ซึ่งลักษณะของเส้นตรงมีลักษณะที่บาง มีความสว่างใกล้เคียงกับพื้นหลัง และมีสัญญาณรบกวนที่สูง ซึ่งเมื่อทำการแปลงเป็นภาพขอบวัตถุแบบไบนารี ดังรูปที่ 3.1(ข.) จะเห็นได้ว่าในการระบุตำแหน่งของเส้นตรงเป็นไปได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าเป็นลักษณะของ

เส้นตรง หรือการเรียงตัวในแนวเส้นตรงเดียวกันของสัญญาณรบกวน ซึ่งทำให้การตรวจจับเส้นตรงด้วยวิธีการทั่วไปไม่สามารถตรวจจับเส้นตรงในภาพถ่ายรอยความเสียหายได้

ดังนั้นในหัวข้อนี้ จะนำเสนอวิธีการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพไบนารีสำหรับตรวจจับภาพที่มีสัญญาณรบกวนสูง

3.1. การตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟกับภาพไบนารี

ในการตรวจจับเส้นตรงที่มีลักษณะเส้นตรงที่บาง และภาพที่มีสัญญาณรบกวนสูง จะกระทำด้วยการแปลงของฮัฟกับภาพไบนารี แทนภาพขอบวัตถุแบบไบนารี แต่ค่าที่สูงที่สุดใน Hough space ที่ได้จากภาพไบนารีไม่สามารถใช้ในการตรวจจับเส้นตรงได้เช่นเดียวกับค่าที่สูงที่สุดใน Hough space ที่ได้จากภาพขอบวัตถุแบบไบนารี เพราะค่าที่สูงที่สุดนั้นอาจเกิดจากการเรียงตัวในแนวเส้นตรงเดียวกันของจุดภาพที่มาจากลักษณะของรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์แบบต่างๆ ดังนั้นในการตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟกับภาพไบนารีจะใช้อัตราส่วนระหว่างค่าที่สูงที่สุดใน Hough space กับค่าที่อยู่บริเวณรอบข้าง เนื่องจากค่าที่สูงที่สุดที่เกิดจากรูปภาพที่มีเส้นตรง จะมีค่าสูงกว่าค่าที่อยู่บริเวณรอบข้างตัวอย่างดังรูปที่ 3.2 และ ตารางที่ 3.1 ในทางกลับกัน ค่าที่สูงที่สุดที่เกิดจากรูปภาพที่ไม่มีเส้นตรง จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่อยู่บริเวณรอบข้างตัวอย่างดังรูปที่ 3.3 และตารางที่ 3.2 ดังนั้นเมื่อทำการเทียบอัตราส่วนระหว่างค่าที่สูงที่สุดกับค่าของตำแหน่งที่อยู่บริเวณรอบข้าง อัตราส่วนของรูปภาพที่มีเส้นตรงจะมีค่าสูงกว่าอัตราส่วนของรูปภาพที่ไม่มีเส้นตรง และในการตรวจจับเส้นตรงนี้ หากว่ามีเส้นตรงอยู่ในภาพถ่ายรอยความเสียหาย เส้นนั้นจะเกิดขึ้นบริเวณตรงกลางของภาพถ่าย



รูปที่ 3.2 ภาพไบนารีของภาพที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าใน Hough space ของภาพที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง

| | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 169 | 85 | 58 | 44 | 33 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 163 | 87 | 58 | 42 | 35 |
| 18 | 11 | 4 | 0 | 0 | 0 | 169 | 88 | 57 | 43 | 36 |
| 30 | 27 | 23 | 15 | 7 | 195 | 165 | 84 | 57 | 44 | 33 |
| 35 | 38 | 40 | 43 | 58 | 587 | 157 | 84 | 58 | 43 | 38 |
| 37 | 47 | 56 | 74 | 119 | 588 | 106 | 62 | 46 | 35 | 27 |
| 36 | 45 | 61 | 93 | 176 | 445 | 53 | 35 | 27 | 21 | 18 |
| 36 | 47 | 64 | 91 | 190 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 4 |
| 37 | 44 | 59 | 91 | 189 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 36 | 47 | 58 | 91 | 190 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 38 | 44 | 62 | 94 | 191 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



รูปที่ 3.3 ภาพไบนารีของภาพที่มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าใน Hough space ของภาพที่มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง

| | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 388 | 379 | 371 | 351 | 342 | 485 | 331 | 325 | 316 | 302 | 302 |
| 390 | 381 | 370 | 357 | 347 | 242 | 340 | 324 | 320 | 305 | 303 |
| 385 | 379 | 372 | 354 | 349 | 243 | 333 | 328 | 319 | 308 | 300 |
| 388 | 381 | 370 | 361 | 341 | 485 | 336 | 328 | 323 | 309 | 303 |
| 384 | 377 | 369 | 355 | 351 | 243 | 342 | 332 | 325 | 315 | 300 |
| 376 | 377 | 369 | 361 | 339 | 486 | 335 | 329 | 326 | 313 | 304 |
| 369 | 371 | 371 | 358 | 350 | 242 | 343 | 332 | 326 | 318 | 306 |
| 369 | 364 | 367 | 364 | 341 | 242 | 339 | 334 | 330 | 316 | 306 |
| 368 | 361 | 372 | 361 | 347 | 484 | 339 | 332 | 328 | 321 | 309 |
| 368 | 362 | 366 | 361 | 348 | 241 | 343 | 335 | 328 | 322 | 313 |
| 370 | 362 | 370 | 361 | 352 | 482 | 346 | 337 | 330 | 324 | 313 |

จากรูปที่ 3.3 เป็นรูปไปนารีของภาพที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง เมื่อคำนวณด้วยการแปลงของฮัฟ แล้วหาค่าที่สูงที่สุดใน Hough space จะแสดงดังตารางที่ 3.1 โดยค่าที่สูงที่สุด คือค่าที่อยู่บริเวณพื้นที่สีเทา จะมีค่าที่สูงกว่าค่าที่อยู่บริเวณรอบข้างอย่างเห็นได้ชัดเจน หากทำการคำนวณหาอัตราส่วนก็จะทำให้ค่าอัตราส่วนที่ได้มีค่าสูง โดยเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.4 ซึ่งเป็นรูปไปนารีของภาพที่มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งค่าที่สูงที่สุดใน Hough space จะแสดงดังตารางที่ 3.2 โดยค่าที่สูงที่สุด คือค่าที่อยู่บริเวณพื้นที่สีเทา จะพบว่าค่ามีความใกล้เคียงกับค่าที่อยู่บริเวณรอบข้าง หากนำมาทำการคำนวณหาอัตราส่วนก็จะทำให้ค่าอัตราส่วนที่ได้มีค่าต่ำ และเมื่อนำค่าอัตราส่วนมาเปรียบเทียบกับค่าขีดแบ่ง ก็จะทำให้สามารถแบ่งได้ว่ารูปใดเป็นรูปที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงและรูปใดเป็นรูปที่มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งขั้นตอนการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพไปนารีมีดังนี้

1. แปลงภาพสีเทาหลายระดับเป็นภาพไปนารีด้วยค่าเทรชโฮลด์
2. คำนวณหา Hough space ของภาพไปนารีได้ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1. ด้วยการแปลงของฮัฟ
3. ระบุตำแหน่งและค่าที่สูงที่สุดใน Hough space โดยที่ N คือจำนวนที่ใช้ในการเลือกตำแหน่งใน Hough space ที่มีค่าสูงที่สุด (ρ, θ) คือ ตำแหน่งใน Hough space และ p_i คือ ค่าของตำแหน่งนั้น โดยที่ $i = 1, \dots, N$
4. ตรวจสอบตำแหน่งที่ได้จากขั้นตอนที่ 3. หากตำแหน่งที่ถูกเลือกนั้น เป็นตำแหน่งของเส้นตรงที่ไม่อยู่บริเวณขอบของรูปภาพ ให้กระทำในขั้นตอนต่อไป หากตำแหน่งที่ถูกเลือกนั้นเป็นตำแหน่งของเส้นตรงที่อยู่บริเวณขอบของรูปภาพ ค่าที่ได้ในตำแหน่งนี้จะปรับให้มีค่าเป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ให้ R , คือชุดของค่าในตำแหน่งที่อยู่รอบ ตำแหน่งที่ i^{th} ที่เลือกได้จากในขั้นตอนที่ 3. ซึ่งการทำ R , จะใช้ window ขนาด $M \times M$ วางลงใน Hough space โดยที่มีตำแหน่งของจุดศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่ง (ρ_i, θ_i) (ดังตัวอย่างรูปที่ 3.4) และทุกจุดที่อยู่ใน window ยกเว้น ค่าที่อยู่ในตำแหน่งที่ติดกับ (ρ_i, θ_i) (บริเวณที่เป็นพื้นที่สีเทา ในรูปที่ 3.4) คือ สมาชิกของ R , และนำค่าของสมาชิก R , มาคำนวณหาค่า α_i
6. นำค่า p_i ของแต่ละตำแหน่ง (ρ_i, θ_i) มาคำนวณหาค่า เพื่อใช้ในการพิจารณาเส้นตรงในรูปภาพ ด้วยสมการ

$$f_i = p_i / \alpha_i \quad (3)$$

จากนั้นนำ f_i มาเปรียบเทียบกับค่า Decision threshold หาก f_i มีค่ามากกว่าค่า Decision threshold ตำแหน่ง (ρ_i, θ_i) นั้นจะแสดงตำแหน่งที่เป็นไปได้ของเส้นตรงในรูปภาพ

สำหรับรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน จะอธิบายในหัวข้อถัดไป

3.2. การใช้ค่าอัตราส่วนของจุด Peak ในการตรวจจับเส้นตรง

อัตราส่วนของจุด Peak หรือ f_i (จากสมการ (2)) คืออัตราส่วนที่เทียบกันระหว่างค่าที่สูงที่สุดที่ได้จากการเลือกจาก Hough space (p_i) กับค่าเฉลี่ย (α_i) ซึ่งในการตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟกับภาพไบนารีจะใช้ค่า f_i ในการพิจารณาว่าในรูปภาพนั้นมีเส้นตรงเกิดขึ้นหรือไม่ ซึ่งในการคำนวณหาค่า α_i จะคำนวณจากค่าของสมาชิก R , โดยที่สาเหตุที่ใช้ α_i เข้ามาช่วยในการคำนวณเพื่อหาค่า f_i มีสองประการคือ

1. เพื่อแยกความแตกต่างของเส้นตรงออกจากรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์แบบอื่นๆ
2. เพื่อแสดงค่าของสัญญาณรบกวนของแต่ละตำแหน่งใน Hough space

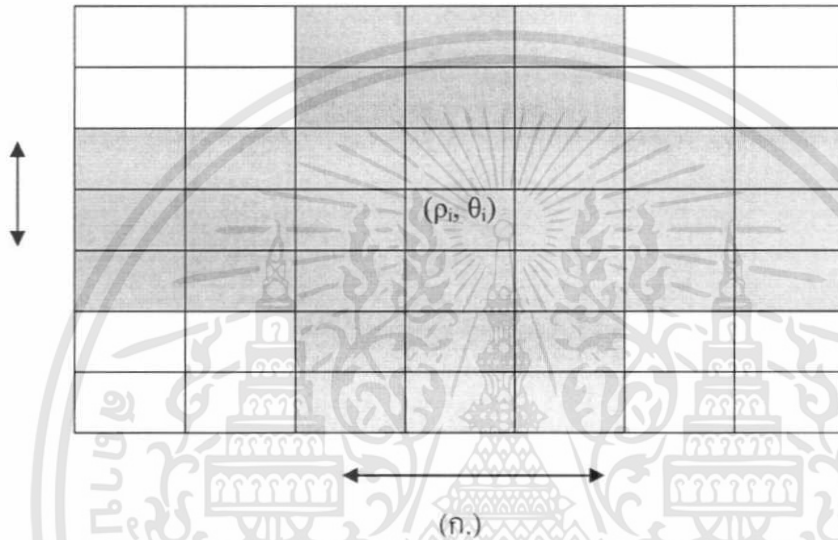
ซึ่งค่า α_i สามารถคำนวณด้วยค่าที่อยู่รอบตำแหน่ง (ρ_i, θ_i) โดยในการคำนวณจะคำนวณจากสมการ

$$\alpha_i = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q q_{i,k} \quad (4)$$

เมื่อ $q_{i,k}$ คือ ค่าของสมาชิกของ R ,

k คือ $1, \dots, Q$

ในการคำนวณค่า α จะมีตำแหน่งที่ต้องทำการพิจารณา คือความกว้างของตำแหน่งที่ติดกับ (p_i, θ_i) หรือ g เนื่องจากขนาดของเส้นตรงในรูปภาพ อาจจะมีขนาดที่หนา ซึ่งลักษณะของเส้นตรงที่หนา จะเหมือนกับมีเส้นตรงเกิดขึ้นหลายเส้นเรียงอยู่ติดกัน ดังนั้นก็จะทำให้เหมือนมีตำแหน่งของเส้นตรงเกิดขึ้นในรูปภาพหลายตำแหน่ง และเมื่อนำรูปภาพนั้นมาคำนวณด้วยการแปลงของฮัฟ จะทำให้ค่า p_i และค่าของตำแหน่งที่ติดกัน มีค่าใกล้เคียงกัน หากนำมาคำนวณเพื่อหาค่า f_i จะทำให้ค่า f_i ของรูปภาพที่มีเส้นตรง มีค่าน้อยเกินไป และเมื่อนำมาตรวจจับเส้นตรง ก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้



รูปที่ 3.4 วินโดว์ขนาด $M \times M$ สำหรับหาสมาชิกของ R , โดยที่ $M = 7$ และ $g = 3$

จากรูปที่ 3.4 คือวินโดว์ที่ใช้ในการหาสมาชิกของ R , โดยมีขนาด หรือ M คือ 7 และความกว้างของตำแหน่งที่ติดกับ (p_i, θ_i) หรือ g คือ 3 ซึ่งตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของวินโดว์ คือ ตำแหน่ง (p_i, θ_i) โดยในการคำนวณหาค่า α จะใช้ค่าของสมาชิกของ R , โดยที่ค่าของสมาชิกเหล่านั้นไม่ได้อยู่ในตำแหน่งที่ติดกับ (p_i, θ_i) หรือ ตำแหน่งที่เป็นพื้นที่สีขาวในรูปที่ 3.4 ซึ่งหลังจากได้ค่า α ก็จะนำมาคำนวณหาค่า f_i และนำไปเปรียบเทียบกับค่า Decision threshold เพื่อพิจารณาความเป็นไปได้ที่จะเป็นตำแหน่งของเส้นตรงในภาพถ้าขอยกความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์

3.3. ตำแหน่งของค่าที่อยู่ติดค่าที่สูงที่สุด

ในการคำนวณเพื่อพิจารณาหาค่า α จะมีตำแหน่งที่ต้องพิจารณา คือตำแหน่งที่อยู่ติดกับตำแหน่ง (p_i, θ_i) หรือ g เนื่องจากค่าที่อยู่บริเวณที่ติดกับ (p_i, θ_i) มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่า (p_i, θ_i) ซึ่งค่าเหล่านี้จะมีค่า

ใกล้เคียงหรือ เท่ากับค่าของ (ρ_i, θ_i) ซึ่งค่าเหล่านี้หากนำมาใช้เพื่อคำนวณหาค่า α , ก็จะทำให้ค่าอัตราส่วน f , ที่เกิดจากเส้นตรงมีค่าสูง ซึ่งเมื่อตรวจจับเส้นตรงอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาด

จากตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 จะพบว่าค่าที่อยู่ติดกับที่สูงที่สุด จะมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าของ (ρ_i, θ_i) ทั้ง Hough space ของภาพที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง และ Hough space ของภาพที่มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งค่าเหล่านี้ หากนำมาใช้คำนวณเพื่อหาค่า α , ก็จะทำให้ค่า α มีค่าที่สูง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความแม่นยำในการตรวจจับเส้นตรง

3.4. การตรวจสอบระยะขอบของ Hough space

ตามที่ได้พูดถึงในหัวข้อที่ 3.1 (ขั้นตอนที่ 4) สาเหตุที่ต้องการพิจารณาว่า (ρ_i, θ_i) เป็นตำแหน่งของเส้นตรงที่อยู่บริเวณขอบของรูปภาพหรือไม่ เนื่องจากถ้าหาก (ρ_i, θ_i) เป็นตำแหน่งของเส้นตรงที่อยู่บริเวณขอบของรูปภาพ (ρ_i, θ_i) นั้นก็จะอยู่บริเวณขอบของ Hough space ซึ่งจะทำให้สมาชิกส่วนหนึ่งของ R , อยู่นอกบริเวณค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดใน Hough space ซึ่งในบริเวณดังกล่าว จะมีค่าเป็น 0 เสมอ ตัวอย่างดังรูปที่ 3.3 ซึ่งบริเวณที่เป็นพื้นที่สีดำ คือพื้นที่ที่อยู่นอกบริเวณของค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดใน Hough space ดังนั้นเมื่อนำค่าเหล่านั้นมาคำนวณหาค่า f , ก็จะทำให้ค่า f , ที่ได้ออกมามีค่าที่สูงซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการตรวจจับเส้นตรง วิธีการในตรวจสอบว่า (ρ_i, θ_i) อยู่ในช่วงบริเวณขอบ หรือไม่กระทำได้ดังนี้

- 1.) ทำการแปลงค่าความสว่างของจุดภาพ ของภาพถ่ายรอยความเสียหาย ให้มีค่าความสว่างของจุดภาพเป็น 1 ทั้งหมด แล้วนำภาพนั้นมาทำการแปลงของฮัฟ เพื่อหาค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดใน Hough space จากนั้นปรับค่าของ Hough space ใหม่ด้วยสมการ

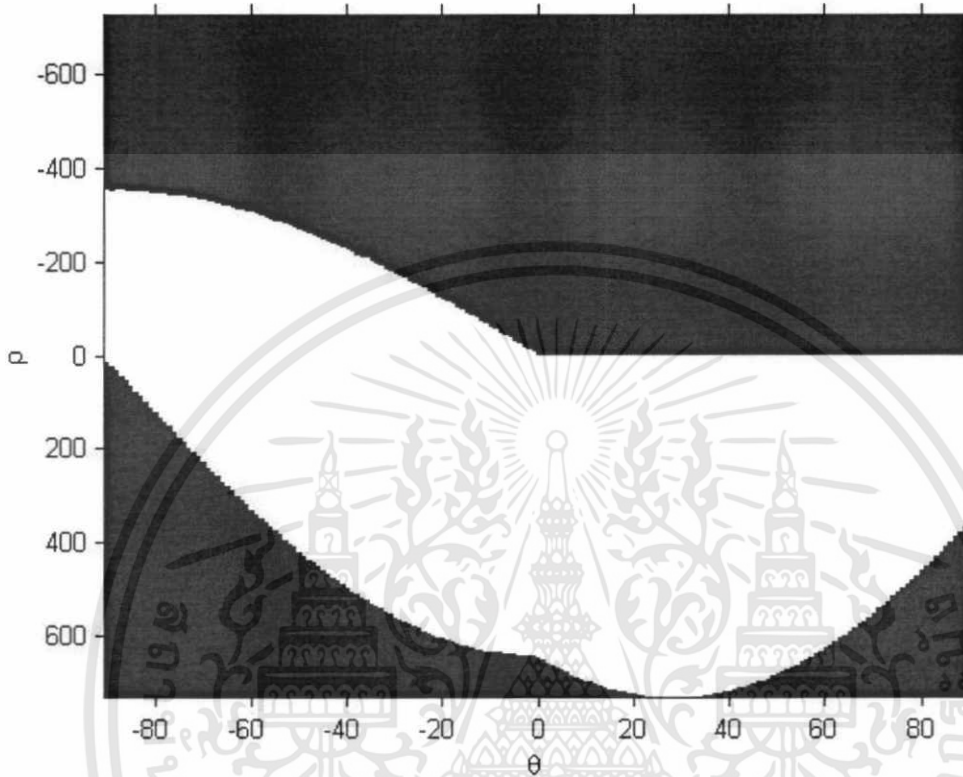
$$H_n = \begin{cases} 1 & \text{if } H(i,j)=0 \\ 0 & \text{if } H(i,j)\neq 0 \end{cases} \quad (5)$$

เมื่อ H_n คือ ตำแหน่งของ Hough space ใหม่

H คือ ตำแหน่งของ Hough space ที่แสดงค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมด

- 2.) หาค่าเฉลี่ยจากค่าของสมาชิก R , โดยที่ค่าของสมาชิก R , เป็นค่าที่อยู่ใน H_n
- 3.) นำค่าเฉลี่ยที่ได้ มาเทียบกับ Decision edge ถ้า ค่าเฉลี่ยมากกว่าค่า Decision edge แสดงว่า (ρ_i, θ_i) นั้นอยู่บริเวณขอบของค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดใน Hough space

หาก (ρ_i, θ_i) นั้นอยู่ในบริเวณขอบของค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดใน Hough space ก็จะไม่นำ (ρ_i, θ_i) นี้มาทำการคำนวณหาค่า f_i (หรือเซตให้ค่า f_i มีค่าเป็น 0) แต่ถ้า (ρ_i, θ_i) ไม่อยู่ในบริเวณขอบของค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดใน Hough space ก็จะทำการขั้นตอนต่อไปเพื่อหาค่า f_i



รูปที่ 3.5 รูปภาพแสดงตัวอย่างของค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดของ Hough space

จากรูปที่ 3.5 คือ Hough matrix หรือ Hough space ที่ได้จากการการแปลงของฮัฟที่กระทำกับรูปภาพที่เป็นสีขาวทั้งหมด โดยบริเวณของพื้นที่ที่เป็นสีขาว คือบริเวณทั้งหมดของค่าที่สามารถเป็นไปได้ของรูปภาพ หรือบริเวณที่สามารถระบุตำแหน่งของเส้นตรงที่สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งหมดในรูปภาพ

3.5. การคำนวณค่า Decision threshold

ในการพิจารณาว่าภาพรอยความเสียหายนั้นมีเส้นตรงหรือรอยขีดข่วนหรือไม่ จะทำการพิจารณาจากค่า f_i ที่ได้จาก (ρ_i, θ_i) ว่าค่า f_i นั้นมีค่ามากกว่าหรือมีค่าน้อยกว่า ค่า Decision threshold โดยในการคำนวณค่า Decision threshold จะคำนวณ จากสมการ

$$\text{Decision threshold} = (\text{ค่าเฉลี่ย Ratio line} + \text{ค่าเฉลี่ย Ratio not line})/2 \quad (6)$$

เมื่อ Ratio_{line} คือ ค่า f_i ของ (ρ_i, θ_i) ที่เกิดจากเส้น

Ratio_{not line} คือ ค่า f_i ของ (ρ_i, θ_i) ที่ไม่เกิดจากเส้น

หากค่า f_i นั้นสูงกว่า ค่า Decision threshold ให้ถือว่าค่า f_i นั้นเกิดจาก (ρ_i, θ_i) ที่เกิดจากเส้นตรง แต่
หากว่า ค่า f_i นั้นต่ำกว่า ค่า Decision threshold ให้ถือว่าค่า f_i นั้นเกิดจาก (ρ_i, θ_i) ที่ไม่ได้เกิดจากเส้นตรง



บทที่ 4

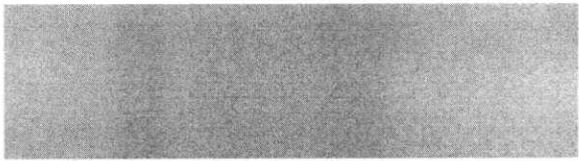
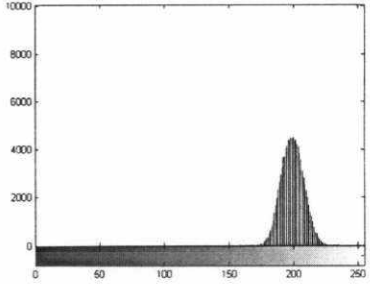
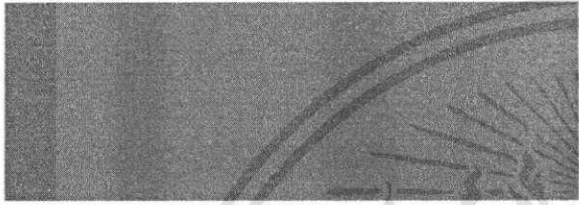
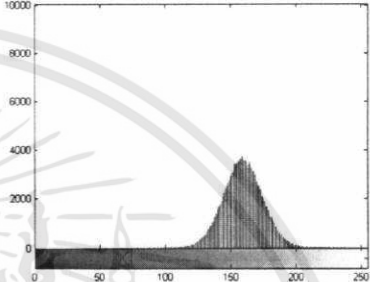

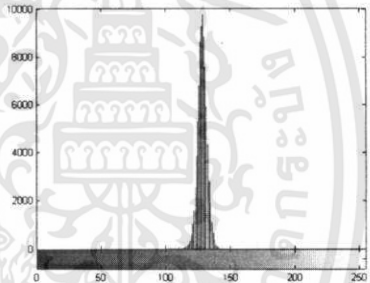

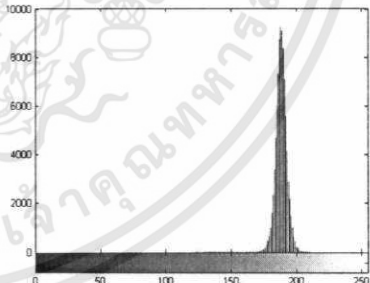
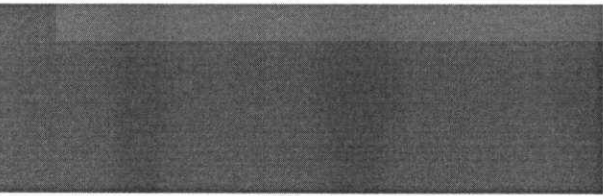
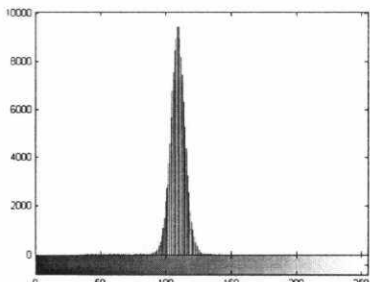
ผลการทดลอง

4.1. การทดสอบหาประเภทของการกระจายตัวของสัญญาณรบกวน

เป็นการทดลองเพื่อค้นหาว่าลักษณะของสัญญาณรบกวนในภาพถ่ายรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์มีลักษณะการกระจายตัวของสัญญาณรบกวนเป็นแบบใด สาเหตุที่ต้องหารูปแบบของการกระจายของสัญญาณรบกวน เนื่องจากในการวิเคราะห์หาขนาดของสัญญาณรบกวนและผลกระทบที่เกิดจากสัญญาณรบกวนที่ระดับต่างๆ หากใช้ภาพถ่ายรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ หรือรูปภาพจริง จะหาค่าระดับของสัญญาณรบกวนได้ลำบาก เนื่องจากรูปภาพจริงนั้นเกิดจากการผสมกันของสัญญาณรูปภาพปกติกับสัญญาณรบกวน อีกปริมาณของรูปภาพในแต่ละระดับของสัญญาณรบกวนอาจจะมีไม่เพียงพอ หรือไม่มีเลย ซึ่งในการทดสอบจะต้องทดสอบกับรูปภาพที่มีจำนวนที่มากพอ ดังนั้นในการวิเคราะห์หา ระดับของสัญญาณรบกวนและผลกระทบที่เกิดจากระดับของสัญญาณรบกวนต่างๆ จึงต้องมีการสร้างรูปภาพสัญญาณรบกวน และเพื่อให้รูปภาพสัญญาณรบกวนมีลักษณะการกระจายตัวของสัญญาณรบกวนมีความใกล้เคียงกับสัญญาณรบกวนในภาพถ่ายรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ จึงต้องทำการหาประเภทของการกระจายตัวของสัญญาณรบกวน

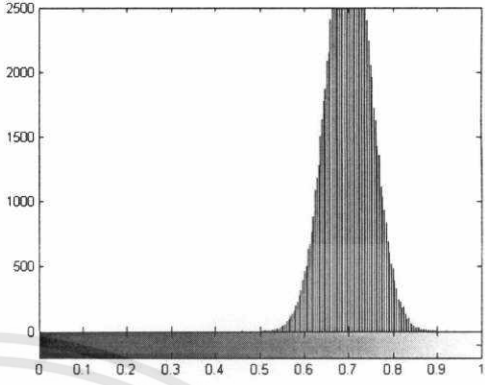
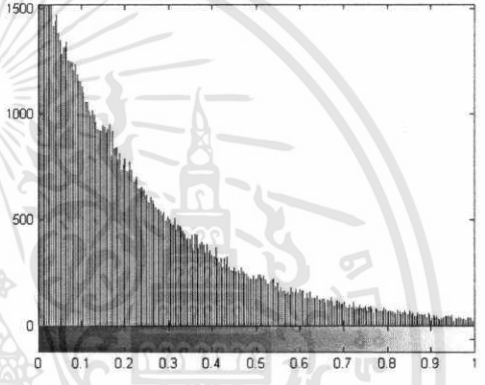
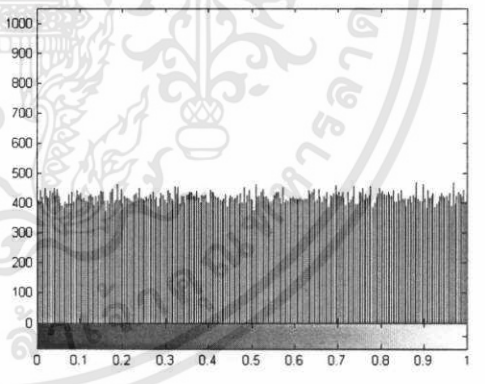
ในการทดลองจะทำการทดลองโดยเลือกเฉพาะบริเวณของภาพถ่ายที่ไม่มีลักษณะของรอยความเสียหาย (พื้นหลังของภาพ) มาหา Histogram จากนั้นนำ Histogram ที่ได้ มาทำการเปรียบเทียบกับ Histogram ของสัญญาณรบกวนประเภทต่างๆ สาเหตุที่ต้องใช้บริเวณของภาพถ่ายที่ไม่มีลักษณะของรอยความเสียหาย เนื่องจากหากนำบริเวณของภาพถ่ายที่มีลักษณะของรอยความเสียหายจะทำให้ไม่สามารถจำแนกได้ว่า Histogram ที่ได้เป็น Histogram ของสัญญาณรบกวน หรือ Histogram ของรอยความเสียหาย ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.1 แสดง Histogram ของภาพถ่ายความเสียหาย และตารางที่ 4.2 แสดง Histogram ของภาพสัญญาณรบกวนแบบต่างๆ

ตารางที่ 4.1 แสดง Histogram ของภาพถ่ายรอยความเสียหาย

| ภาพถ่ายรอยความเสียหาย | Histogram ของภาพถ่ายรอยความเสียหาย |
|---|--|
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดง Histogram ของสัญญาณรบกวนประเภทต่างๆ

| ประเภทของสัญญาณรบกวน | Histogram ของสัญญาณรบกวน |
|---|--|
| การกระจายตัวของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน (Gaussian Noise) |  |
| การกระจายตัวของสัญญาณรบกวนแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Noise) |  |
| การกระจายตัวของสัญญาณรบกวนแบบสม่ำเสมอ (Uniform Noise) |  |

ผลจากการเปรียบเทียบข้างต้น พบว่าลักษณะของ Histogram ของรูปภาพรอยความเสียหาย มีลักษณะของสัญญาณรบกวน ใกล้เคียงกับ Histogram ของสัญญาณรบกวนแบบเกาส์เซียน

4.4. การทดลองเพื่อหาวิธีการสำหรับการหาขอบวัตถุในภาพรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์

ในการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพขอบวัตถุแบบไบนารี วิธีการในการหาขอบวัตถุในภาพรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจจับเส้นตรง เนื่องจากวิธีการที่เหมาะสมจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยให้เห็นเส้นตรงในรูปภาพได้อย่างชัดเจน แต่ถ้าหากเลือกวิธีการที่ไม่เหมาะสม ก็จะส่งผลให้ไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าบริเวณใดเป็นบริเวณของเส้นตรง โดยในการทดลองจะเป็นการทดลองด้วยการใช้วิธีการสำหรับการหาขอบภาพมากระทำกับภาพรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงหรือรอยขีดข่วน จากนั้นมาทำการคำนวณด้วยการแปลงของฮัฟ แล้วค้นหาตำแหน่งและค่าที่สูงที่สุดใน Hough space จากนั้นดูว่าค่าที่สูงที่สุดเป็นค่าที่เกิดจากตำแหน่งของเส้นตรงในภาพรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์หรือไม่ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนภาพที่ตรวจเจอเส้นตรงในภาพรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์

| วิธีการในการหาขอบวัตถุ | Sobel | Prewitt | Canny | Roberts |
|------------------------|-------|---------|-------|---------|
| จำนวนภาพที่เจอเส้นตรง | 23 | 22 | 5 | 21 |

จากผลการทดลองพบว่าวิธีการของ Sobel สามารถหาขอบวัตถุในภาพรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ได้โดยที่ภาพขอบวัตถุแบบไบนารีที่ได้จะเห็นลักษณะของเส้นตรงได้ชัดเจน เมื่อนำภาพขอบวัตถุที่ได้ไปคำนวณด้วยการแปลงของฮัฟ ค่าที่สูงที่สุดใน Hough space เป็นค่าที่เกิดจากตำแหน่งของเส้นตรงในรูปภาพ ซึ่งในการพิจารณาเลือกใช้วิธีการสำหรับการหาขอบวัตถุ จะนับจำนวนรูปที่เมื่อหาขอบวัตถุและหาค่าที่สูงที่สุดใน Hough space เป็นค่าที่เกิดจากตำแหน่งของเส้นตรงในรูปภาพ

4.3. การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงจากภาพขอบวัตถุแบบไบนารีที่ระดับของสัญญาณรบกวนต่างๆ

เป็นการทดสอบเพื่อดูว่าที่ระดับสัญญาณรบกวนต่างๆ มีผลต่อประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงจากภาพขอบวัตถุแบบไบนารีหรือไม่ โดยในการวัดระดับของสัญญาณรบกวนจะวัดด้วยค่า SNR และประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงจะวัดด้วยค่า False negative (FN) และค่า False Positive (FP) (ดูรายละเอียดในบทที่ 2) โดยจะแบ่งออกเป็น 2 การทดสอบ เนื่องจากค่าความสว่างของสัญญาณรบกวนในรูปภาพจะขึ้นกับ ค่า Mean และ ค่า Variance ดังนั้นในการทดสอบจะกระทำโดยทำการปรับเปลี่ยนค่า Mean

และค่า Variance เพื่อกำหนดระดับของสัญญาณรบกวน แล้วดูว่าที่ระดับของของสัญญาณรบกวนต่าง ๆ มีผลต่อประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงหรือไม่

2.1 การทดสอบที่สัญญาณรบกวนที่ Mean = 64

เป็นการทดสอบโดยการสร้างภาพสัญญาณรบกวนที่มีค่า Mean มีค่าเป็น 64 (หรือ 0.251 ในสเกล 0 ถึง 1) และค่า Variance มีค่า 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55 และ 0.6 จากนั้นคำนวณค่า SNR เพื่อวัดระดับของสัญญาณรบกวน โดยในการคำนวณค่า SNR ค่าของสัญญาณรูปภาพอ้างอิงหรือรูปภาพเส้นตรง จะคำนวณจากรูปภาพเส้นตรงที่สร้างขึ้น โดยมีค่าความสว่างของจุดภาพของเส้นตรงเป็น 128 โดยในการตรวจจับเส้นตรงจะใช้ค่าเทรชโอล์ด (Threshold) ที่ได้จากภาพสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น โดยจะหาค่า Threshold ที่ค่า Mean และค่า Variance ต่างๆ ซึ่งค่าเทรชโอล์ด จะคำนวณจากการนำภาพสัญญาณรบกวนมาทำการหาภาพขอบวัตถุแบบ ไบนารีแล้วนำภาพขอบวัตถุแบบ ไบนารีมาหา Hough space ด้วยแปลงของฮัฟ และนำค่าที่สูงที่สุดใน Hough space มาใช้เป็นค่าเทรชโอล์ด เพื่อการตรวจจับเส้นตรง ในการคำนวณเพื่อหาค่าเทรชโอล์ด จะสร้างภาพสัญญาณรบกวน 50 รูปและนำค่าที่สูงที่สุดใน Hough space จากทั้ง 50 รูปมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นจะทำการเพิ่มสัญญาณรบกวนในรูปภาพเส้นตรง ด้วยค่า Mean ที่ 64 และค่า Variance ที่ 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55 และ 0.6 ซึ่งในการเพิ่มสัญญาณรบกวนจะทำการเพิ่มครั้งละ 50 รูป แล้วนำรูปที่ได้มาทำการหาภาพขอบวัตถุแบบ ไบนารี แล้วนำไปหา Hough space และค่าที่สูงที่สุดใน Hough space แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่า Threshold ซึ่งหากค่าที่ได้ มีค่ามากกว่าค่า Threshold แสดงว่าในรูปภาพนั้นมีเส้นตรง แต่ถ้าค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่า Threshold แสดงว่ารูปภาพนั้นไม่มีเส้นตรง โดยที่ค่าความผิดพลาดที่ได้จะนำมาค่าเฉลี่ย ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4.

ตารางที่ 4.4 แสดงระดับของสัญญาณรบกวนและผลการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพขอบวัตถุที่ Mean = 64

| Variance | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 | 0.45 | 0.5 | 0.55 | 0.6 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SNR | -15.17 | -16.00 | -16.56 | -16.96 | -17.28 | -17.52 | -17.72 | -17.88 | -18.02 | -18.15 | -18.25 |
| Threshold | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 13 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| FN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 11 | 10 | 21 | 25 |
| FP | 0 | 0 | 0 | 1 | 16 | 30 | 21 | 39 | 40 | 29 | 19 |

จากผลการทดลองพบว่าเมื่อระดับของสัญญาณเพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ความผิดพลาดในการตรวจจับเส้นตรงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งในการทดลองจะพิจารณาว่าค่าที่สูงที่สุดใน Hough space เป็นค่าที่เกิดจากเส้นตรงหรือไม่ โดยในการพิจารณาก่อนว่าค่าที่สูงที่สุดใน Hough space ว่าเกิดจากตำแหน่งของเส้นตรงในรูปภาพหรือไม่ หากค่าที่สูงที่สุดเกิดจากตำแหน่งของเส้นตรง ก็จะพิจารณาต่อว่ามีค่ามากกว่าค่า Threshold หรือไม่ หากมีค่ามากกว่าค่า Threshold แสดงว่าเป็นเส้นตรง และถือว่าไม่เกิดความผิดพลาด แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่าค่า Threshold ก็จะแสดงว่าไม่เป็นเส้นตรง ดังนั้นจะถือว่าเกิดความผิดพลาดแบบ False negative และหากค่าที่สูงที่สุดไม่ได้เกิดจากตำแหน่งของเส้นตรงในรูปภาพ แต่ค่าที่สูงที่สุดมีค่ามากกว่าค่า Threshold ก็ จะถือว่าเป็นความผิดพลาดแบบ False positive โดยผลที่ได้ เมื่อระดับของสัญญาณรบกวนมีค่าสูงขึ้น ค่าที่สูงที่สุดใน Hough space จะไม่ใช่ค่าที่เกิดจากเส้นตรงในรูปภาพ แต่ค่าที่สูงที่สุดใน Hough space น้อยกว่าค่าเทรชโอล์ด ดังนั้นจึงทำให้ค่า False positive ได้น้อย

2.2 การทดสอบที่สัญญาณรบกวนที่ Mean = 128

เป็นการทดสอบโดยการสร้างภาพสัญญาณรบกวนที่มีค่า Mean มีค่าเป็น 128 (หรือ 0.502 ในสเกล 0 ถึง 1) และค่า Variance มีค่า 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55 และ 0.6 จากนั้นคำนวณหาค่า SNR เพื่อวัดระดับของสัญญาณรบกวน โดยในการคำนวณหาค่า SNR ค่าของสัญญาณรูปภาพอ้างอิงหรือรูปภาพเส้นตรง จะคำนวณจากรูปภาพเส้นตรงที่สร้างขึ้น โดยมีค่าความสว่างของจุดภาพของเส้นตรงเป็น 128 โดยในการตรวจจับเส้นตรงจะใช้ค่าเทรชโอล์ด ที่ได้จากภาพสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น โดยจะหาค่า Threshold ที่ค่า Mean และค่า Variance ต่างๆ ซึ่งค่าเทรชโอล์ด จะคำนวณจากการนำภาพสัญญาณรบกวนมาทำการหาภาพขอบวัตถุแบบไบนารีแล้วนำภาพขอบวัตถุแบบไบนารีมาหา Hough space ด้วยแปลงของฮัฟ และนำค่าที่สูงที่สุดใน Hough space มาใช้เป็นค่าเทรชโอล์ด เพื่อการตรวจจับเส้นตรง ในการคำนวณเพื่อหาค่าเทรชโอล์ด จะสร้างภาพสัญญาณรบกวน 50 รูปและนำค่าที่สูงที่สุดใน Hough space จากทั้ง 50 รูปมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นจะทำการเพิ่มสัญญาณรบกวนในรูปภาพเส้นตรง ด้วยค่า Mean ที่ 64 และค่า Variance ที่ 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55 และ 0.6 ซึ่งในการเพิ่มสัญญาณรบกวนจะทำการเพิ่มครั้งละ 50 รูป แล้วนำรูปที่ได้มาทำการหาภาพขอบวัตถุแบบไบนารี แล้วนำไปหา Hough space และค่าที่สูงที่สุด แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่า Threshold ซึ่งหากค่าที่ได้มีค่ามากกว่าค่าเทรชโอล์ด แสดงว่าค่าที่ได้นั้นเป็นเส้นตรง แต่ถ้าค่าที่สูงที่สุด มีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโอล์ด แสดงว่าค่าที่ได้นั้นไม่เป็นเส้นตรง ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.5.

ตารางที่ 4.5 แสดงระดับของสัญญาณรบกวนและผลการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพขอบวัตถุที่ Mean = 128

| variance | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 | 0.45 | 0.5 | 0.55 | 0.6 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SNR | -18.65 | -18.92 | -19.10 | -19.23 | -19.33 | -19.41 | -19.48 | -19.53 | -19.57 | -19.61 | -19.64 |
| Threshold | 15 | 13 | 13 | 12 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9 |
| FN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 5 | 3 | 21 | 4 |
| FP | 0 | 6 | 24 | 36 | 42 | 33 | 46 | 45 | 37 | 29 | 46 |

จากแนวโน้มทดลองพบว่าเมื่อระดับของสัญญาณรบกวนเพิ่มสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการตรวจจับเส้นตรงมีความผิดพลาดมากขึ้น ซึ่งในรูปภาพที่มีสัญญาณรบกวนที่สูง ค่าที่สูงที่สุดใน Hough space เป็นค่าที่ได้ไม่ได้มาจากตำแหน่งของเส้นตรง อีกทั้งยังมีค่ามากกว่าค่า Threshold ดังนั้นในการพิจารณาได้ว่ามีเส้นตรง แต่ตำแหน่งของเส้นตรงนั้นไม่ถูกต้อง ดังนั้นเมื่อระดับของสัญญาณรบกวนมีค่าสูงขึ้นจึงทำให้เกิดความผิดพลาดแบบ False positive มีค่ามากขึ้น

จากการทดลองที่ 2.1. และการทดลองที่ 2.2. ระดับของสัญญาณรบกวนจะสามารถบอกได้ด้วยค่า SNR โดยที่เมื่อระดับของสัญญาณรบกวนสูงขึ้น ค่า SNR จะมีค่าลดลง ซึ่งจากผลการทดลองจะพบว่า เมื่อค่า SNR มีค่าน้อยลง ประสิทธิภาพในการตรวจจับเส้นตรงก็จะลดลง หรือมีค่าความผิดพลาดในการตรวจจับเส้นตรงมากขึ้น และจากการทดลองจะพบว่าค่าที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจจับเส้นตรง คือค่า Variance เพราะเมื่อพิจารณาที่ค่า Mean เดียวกัน ค่าความผิดพลาดในการตรวจจับเส้นตรงมีค่าสูงขึ้นเมื่อค่า Variance มีค่าที่สูงขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ค่า Variance เดียวกันแต่ค่า Mean แตกต่างกัน ค่าความผิดพลาดในการตรวจจับเส้นตรงจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน

4.4. การทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงจากภาพไบนารีที่ระดับของสัญญาณรบกวนต่างๆ

เป็นการทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงจากภาพไบนารีที่ระดับของสัญญาณรบกวนต่างๆ โดยในการวัดระดับของสัญญาณรบกวนจะวัดด้วยค่า SNR และประสิทธิภาพในการตรวจจับเส้นตรงจะวัดด้วยค่า False negative และค่า False positive โดยในการทดสอบจะแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 การทดสอบ เนื่องจากค่าความสว่างของสัญญาณรบกวนในรูปภาพจะขึ้นกับ ค่า Mean และ ค่า Variance ดังนั้นในการทดสอบจะเป็นการทดสอบโดยทำการปรับเปลี่ยนค่า Mean และค่า Variance เพื่อกำหนดระดับของสัญญาณรบกวน แล้วดูว่าที่ระดับของสัญญาณรบกวนต่างมีผลต่อประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงหรือไม่

3.1 การทดสอบที่สัญญาณรบกวนที่ Mean = 64

เป็นการทดสอบโดยการสร้างภาพสัญญาณรบกวนที่มีค่า Mean มีค่าเป็น 64 (หรือ 0.251 ในสเกล 0 ถึง 1) และค่า Variance มีค่า 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55 และ 0.6 จากนั้นคำนวณหาค่า SNR เพื่อวัดระดับของสัญญาณรบกวน โดยในการคำนวณหาค่า SNR ค่าของสัญญาณรูปภาพอ้างอิงหรือรูปภาพเส้นตรง จะคำนวณจากรูปภาพเส้นตรงที่สร้างขึ้น โดยมีค่าความสว่างของจุดภาพของเส้นตรงเป็น 128 โดยในการตรวจจับเส้นตรงจะใช้ค่าเทรชโอล์ด ที่ได้จากภาพสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น โดยจะหาค่าเทรชโอล์ด ที่ค่า Mean และค่า Variance ต่างๆ ซึ่งค่าเทรชโอล์ด จะคำนวณจากการนำภาพสัญญาณรบกวนมาแปลงเป็นภาพไบนารี แล้วทำการหา Hough space ด้วยการแปลงของฮัฟ จากนั้นค้นหาตำแหน่งและค่าที่สูงที่สุด และค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้างค่าที่สูงที่สุดใน Hough space แล้วทำการหาอัตราส่วนระหว่างค่าที่สูงที่สุดกับค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้าง ซึ่งค่าอัตราส่วนที่ได้ จะนำมาใช้เป็นค่าเทรชโอล์ด เพื่อพิจารณาในการตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพ ในการคำนวณเพื่อหาค่าเทรชโอล์ด จะสร้างภาพสัญญาณรบกวน 50 รูปและนำอัตราส่วนที่สูงที่สุดจากทั้ง 50 รูปมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นจะทำการเพิ่มสัญญาณรบกวนในรูปภาพเส้นตรงด้วยค่า Mean ที่ 64 และค่า Variance ที่ 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55 และ 0.6 ซึ่งในการเพิ่มสัญญาณรบกวนจะทำการเพิ่มครั้งละ 50 รูป แล้วนำรูปที่ได้มาทำการแปลงเป็นภาพไบนารี จากนั้นนำมาหา Hough space ด้วยการแปลงของฮัฟ แล้วหาตำแหน่งและค่าที่สูงที่สุด และค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้างค่าที่สูงที่สุด แล้วทำการหาอัตราส่วนระหว่างค่าที่สูงที่สุดกับค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้าง ซึ่งในการตรวจจับเส้นตรงจะพิจารณาจากค่าที่สูงที่สุดของแต่ละรูปกับค่าเทรชโอล์ดหากค่าอัตราส่วนที่ได้มีค่ามากกว่าค่าเทรชโอล์ด แสดงว่าเป็นค่าที่เกิดจากเส้นตรงและในทางกลับกันหากค่าอัตราส่วนที่ได้ มีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโอล์ด แสดงว่าเป็นค่าที่ไม่ได้เกิดจากเส้นตรง ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงระดับของสัญญาณรบกวนและผลการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพไบนารีที่ Mean = 64

| variance | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 | 0.45 | 0.5 | 0.55 | 0.6 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SNR | -15.17 | -16.00 | -16.56 | -16.96 | -17.28 | -17.52 | -17.72 | -17.88 | -18.02 | -18.15 | -18.25 |
| Threshold | 0.860 | 0.860 | 0.863 | 0.860 | 0.865 | 0.866 | 0.866 | 0.867 | 0.866 | 0.868 | 0.870 |
| FN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

3.2 การทดสอบที่สัญญาณรบกวนที่ Mean = 128

เป็นการทดสอบ โดยการสร้างภาพสัญญาณรบกวนที่มีค่า Mean มีค่าเป็น 128 (หรือ 0.502 ในสเกล 0 ถึง 1) และค่า Variance มีค่า 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55 และ 0.6 จากนั้นคำนวณหาค่า SNR เพื่อวัดระดับของสัญญาณรบกวน โดยในการคำนวณหาค่า SNR ค่าของสัญญาณรูปภาพอ้างอิงหรือรูปภาพเส้นตรง จะคำนวณจากรูปภาพเส้นตรงที่สร้างขึ้น โดยมีค่าความสว่างของจุดภาพของเส้นตรงเป็น 128 โดยในการตรวจจับเส้นตรงจะใช้ค่าเทรชโวลด์ ที่ได้จากภาพสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น โดยจะหาค่าเทรชโวลด์ ที่ค่า Mean และค่า Variance ต่างๆ ซึ่งค่าเทรชโวลด์ จะคำนวณจากการนำภาพสัญญาณรบกวนมาแปลงเป็นภาพไบนารี แล้วทำการหา Hough space ด้วยการแปลงของฮัฟ จากนั้นค้นหาตำแหน่งและค่าที่สูงที่สุด และค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้างค่าที่สูงที่สุดใน Hough space แล้วทำการหาอัตราส่วนระหว่างค่าที่สูงที่สุดกับค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้าง ซึ่งค่าอัตราส่วนที่ได้ จะนำมาใช้เป็นค่าเทรชโวลด์ เพื่อพิจารณาในการตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพ ในการคำนวณเพื่อหาค่าเทรชโวลด์ จะสร้างภาพสัญญาณรบกวน 50 รูปและนำอัตราส่วนจากทั้ง 50 รูปมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นจะทำการเพิ่มสัญญาณรบกวนในรูปภาพเส้นตรง ด้วยค่า Mean ที่ 64 และค่า Variance ที่ 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55 และ 0.6 ซึ่งในการเพิ่มสัญญาณรบกวนจะทำการเพิ่มครั้งละ 50 รูป แล้วนำรูปที่ได้มาทำการแปลงเป็นภาพไบนารี จากนั้นนำมาหา Hough space ด้วยการแปลงของฮัฟ แล้วหาตำแหน่งและค่าที่สูงที่สุด และค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้างค่าที่สูงที่สุด แล้วทำการหาอัตราส่วนระหว่างค่าที่สูงที่สุดกับค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้าง ซึ่งในการตรวจจับเส้นตรงจะพิจารณาจากค่าอัตราส่วนที่สูงที่สุดของแต่ละรูปกับค่าเทรชโวลด์ หากค่าอัตราส่วนที่ได้มีค่ามากกว่าค่าเทรชโวลด์ แสดงว่าเป็นค่าที่เกิดจากเส้นตรง และในทางกลับกัน หากค่าอัตราส่วนที่ได้ มีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโวลด์ แสดงว่าเป็นค่าที่ไม่ได้เกิดจากเส้นตรง ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงระดับของสัญญาณรบกวนและผลการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพไบนารีที่ Mean = 128

| variance | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 | 0.45 | 0.5 | 0.55 | 0.6 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SNR | -15.17 | -16.00 | -16.56 | -16.96 | -17.28 | -17.52 | -17.72 | -17.88 | -18.02 | -18.15 | -18.25 |
| Threshold | 0.854 | 0.856 | 0.858 | 0.859 | 0.862 | 0.864 | 0.863 | 0.864 | 0.865 | 0.865 | 0.858 |
| FN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FP | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

3.3 การทดสอบที่สัญญาณรบกวนที่ Mean = 192

เป็นการทดสอบโดยการสร้างภาพสัญญาณรบกวนที่มีค่า Mean มีค่าเป็น 192 (หรือ 0.753 ในสเกล 0 ถึง 1) และค่า Variance มีค่า 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55 และ 0.6 จากนั้นคำนวณหาค่า SNR เพื่อวัดระดับของสัญญาณรบกวน โดยในการคำนวณหาค่า SNR ค่าของสัญญาณรูปภาพอ้างอิงหรือรูปภาพเส้นตรง จะคำนวณจากรูปภาพเส้นตรงที่สร้างขึ้น โดยมีค่าความสว่างของจุดภาพของเส้นตรงเป็น 128 โดยในการตรวจจับเส้นตรงจะใช้ค่าเทรชโอล์ด ที่ได้จากภาพสัญญาณรบกวนที่สร้างขึ้น โดยจะหาค่าเทรชโอล์ด ที่ค่า Mean และค่า Variance ต่างๆ ซึ่งค่าเทรชโอล์ดจะคำนวณจากการนำภาพสัญญาณรบกวนมาแปลงเป็นภาพไบนารี แล้วทำการหา Hough space ด้วยการแปลงของฮัฟ จากนั้นค้นหาตำแหน่งและค่าที่สูงที่สุด และค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้างค่าที่สูงที่สุดใน Hough space แล้วทำการหาอัตราส่วนระหว่างค่าที่สูงที่สุดกับค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้าง ซึ่งค่าอัตราส่วนที่ได้ จะนำมาใช้เป็นค่าเทรชโอล์ด เพื่อพิจารณาในการตรวจจับเส้นตรงในรูปภาพ ในการคำนวณเพื่อหาค่าเทรชโอล์ด จะสร้างภาพสัญญาณรบกวน 50 รูปและนำอัตราส่วนจากทั้ง 50 รูปมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นจะทำการเพิ่มสัญญาณรบกวนในรูปภาพเส้นตรง ด้วยค่า Mean ที่ 64 และค่า Variance ที่ 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55 และ 0.6 ซึ่งในการเพิ่มสัญญาณรบกวนจะทำการเพิ่มครั้งละ 50 รูป แล้วนำรูปที่ได้มาทำการแปลงเป็นภาพไบนารี จากนั้นนำมาหา Hough space ด้วยการแปลงของฮัฟ แล้วหาตำแหน่งและค่าที่สูงที่สุด และค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้างค่าที่สูงที่สุด แล้วทำการหาอัตราส่วนระหว่างค่าที่สูงที่สุดกับค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่รอบข้าง ซึ่งในการตรวจจับเส้นตรงจะพิจารณาจากค่าอัตราส่วนที่สูงที่สุดของแต่ละรูปกับค่าเทรชโอล์ด หากค่าอัตราส่วนที่ได้มีค่ามากกว่าค่าเทรชโอล์ด แสดงว่าเป็นค่าที่เกิดจากเส้นตรง และในทางกลับกัน หากค่าอัตราส่วนที่ได้ มีค่าน้อยกว่าค่าเทรชโอล์ด แสดงว่าเป็นค่าที่ไม่ได้เกิดจากเส้นตรง ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงระดับของสัญญาณรบกวนและผลการตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพขอบวัตถุที่ Mean = 192

| variance | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.25 | 0.3 | 0.35 | 0.4 | 0.45 | 0.5 | 0.55 | 0.6 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SNR | -21.04 | -20.98 | -20.94 | -20.90 | -20.85 | -20.85 | -20.83 | -20.81 | -20.79 | -20.78 | -20.77 |
| Threshold | 0.859 | 0.863 | 0.865 | 0.867 | 0.869 | 0.868 | 0.869 | 0.867 | 0.866 | 0.867 | 0.867 |
| FN | 7 | 10 | 7 | 11 | 13 | 8 | 8 | 11 | 10 | 10 | 12 |
| FP | 21 | 13 | 17 | 16 | 17 | 21 | 22 | 16 | 24 | 12 | 11 |

จากการทดลองตรวจจับเส้นตรงด้วยภาพไบนารี โดยการเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนที่ได้จากค่าที่สูงที่สุดกับค่าที่อยู่รอบข้างใน Hough space จะพบว่าค่าที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจจับเส้นตรง คือค่า Mean โดยสังเกตจากรายที่ 4.6 ตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8 จะพบว่าที่ระดับค่า Variance ที่แตกต่างกัน ค่า FP และค่า FN มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่ระดับค่า Variance ที่ระดับเดียวกัน แต่ค่า Mean แตกต่างกัน ที่ค่า Mean ที่มากกว่า จะทำให้ประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงลดลง หรือเกิดความผิดพลาดในการตรวจจับเส้นตรงมากกว่าค่า Mean ที่น้อยกว่า



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคการตรวจจับเส้นตรงในภาพที่มีสัญญาณรบกวนสูง เช่นภาพรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ ซึ่งเป็นรูปภาพที่มีลักษณะของเส้นตรงที่บางและมีสัญญาณรบกวนที่สูง ในการตรวจจับเส้นตรงเป็นการประยุกต์เอาเทคนิคการตรวจจับเส้นตรงด้วยการคำนวณของฮัฟ ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพใช้ในการตรวจจับเส้นตรง แต่จากลักษณะของเส้นตรงในภาพถ่ายรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ เป็นเส้นตรงที่บางและมีสัญญาณรบกวนที่สูง จึงทำให้เทคนิคการตรวจจับเส้นตรงด้วยการแปลงของฮัฟ ยังไม่สามารถตรวจจับเส้นตรงในภาพถ่ายรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร โดยในการทดลองจะเป็นการทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพการทำงานที่ระดับของสัญญาณรบกวนต่างๆ เพื่อตรวจสอบว่าระดับของสัญญาณรบกวน มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานเป็นอย่างไร จากนั้นจึงทำงานทดลองกับภาพรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ เพื่อวัดประสิทธิภาพการตรวจจับเส้นตรงว่าเป็นอย่างไร

จากการทดลองที่ 2.1 และการทดลองที่ 2.2 พบว่าปัญหาในการตรวจจับเส้นตรง จะเกิดจากการเลือกใช้ค่าเทรคโซลด์ที่ใช้ในการพิจารณาความเป็นเส้นตรง เนื่องจากพบว่าค่าที่เทรคโซลด์ที่ได้จากค่าเฉลี่ยของค่าที่สูงที่สุดใน Hough space มีค่าที่สูงเกินไป จึงทำให้ค่าที่ได้จากรูปภาพเส้นตรง ไม่สามารถใช้ในการตรวจจับเส้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจากการทดลองที่ 3.1 การทดลองที่ 3.2 และการทดลองที่ 3.3 พบว่าปัญหาเกิดจากการเลือกค่าขีดแบ่งสำหรับแปลงภาพสีเทาหลายระดับเป็นภาพไบนารี เนื่องจากค่าขีดแบ่งที่ใช้มีค่าสูงเกินไป จึงทำให้ค่าของสัญญาณรบกวนยังปรากฏอยู่ในภาพไบนารี ซึ่งส่วนนี้จึงทำให้ค่าอัตราส่วนที่เกิดจากเส้นตรงมีค่าน้อย จึงทำให้ไม่สามารถตรวจจับเส้นตรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ เนื่องจากขนาดของรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์มีแนวโน้มที่จะมีขนาดที่เล็กลง ซึ่งอาจจะมีผลต่อการตรวจจับเส้นตรง และลักษณะของรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ไม่ได้มีเพียงแต่ลักษณะที่เป็นเส้นตรง แต่ยังมีรูปลักษณะที่หลากหลาย โดยที่ในงานวิจัยชิ้นนี้ศึกษาและพัฒนาเพียงวิธีการตรวจจับเส้นตรง เพื่อช่วยในการตรวจหาประเภทของรอยความเสียหายบนพื้นผิวฮาร์ดดิสก์ ได้เพียงเบื้องต้น เท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

- [1.] Yuji Kutsuma, Hiroyuki Yaguchi, and Takayuki Hamamoto. "Real-time Lane Line and Forward Vehical Detection by Smart Image Sensor" International Symposium on Communications and Information Technologies 2004, Japan, October 26-29, 2004
- [2.] Costin-Anton Boiangiu, Bogdan Raducanu. "Line Detection Techniques for Automatic Content Conversion Systems" Wseas Transaction on Information Science & Application. Issue 7, Volume 5, July 2008 Page(s) 1200-1209
- [3.] S. Jiaxin, and D. Dong, "Weld Slim Line Defects Extraction Based on Adaptive Local Threshold and Modified Hough Transform" Image and Signal Processing, 2009. CISP'09. 2nd International Congress on. 17-19 Oct. 2009 Page(s): 1-5
- [4.] G. M. Schuster, and A. K. Katsaggelos, "Robust line detection using a weighted MSE estimator" Image Processing, 2003. ICIP 2003. Processings. 2003 International Conference on, 14-17 Sept. 2003 Page(s) I – 293-6 vol.1
- [5] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods. **Digital image processing**. Prentice Hall, 2008.
- [6.] Linda G. Shapiro, George C. Stockman. **Computer vision**. Prentice Hall, 2001.
- [7.] Otsu Nobuyuki, "A threshold selection method from gray-level histograms" IEEE transaction on Systems, Man, and Cybernetic, Vol.9, No.1, 1979, pp 62-66



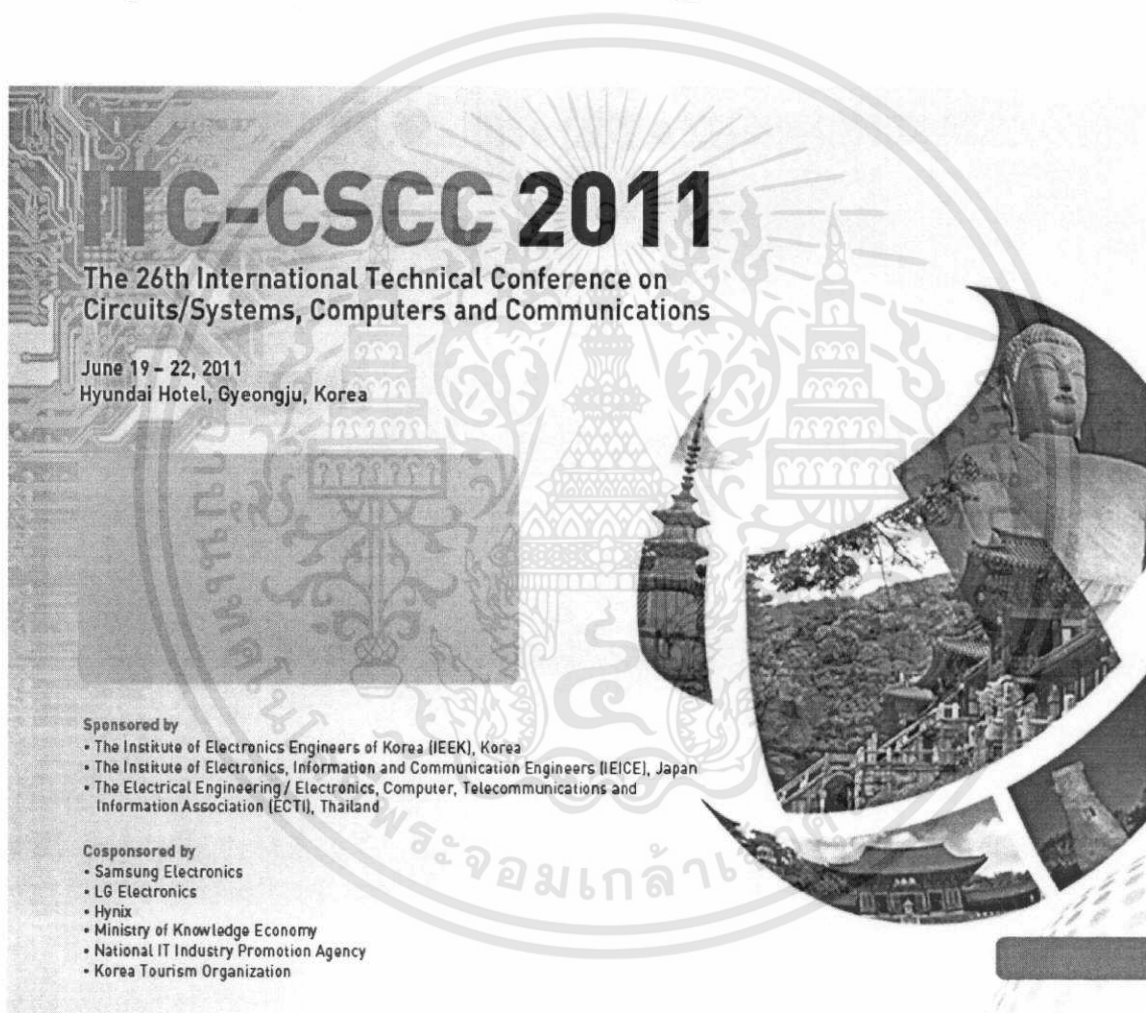
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

บทความและผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

1. Akom Tipmanee and Nopporn Chotikakamthorn. "Technique for Straight Line Detection from High-Noise Images" The 26th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2011), pp. 710-713



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technique for Straight Line Detection from High-Noise Images

Akom Tipmanee, Nopporn Chotikakamthorn

Faculty of Information Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Akorn_30_Arm@hotmail.com

Abstract

This paper describes a technique for straight line detection from a noise-corrupted image. Under this situation, a standard Hough transform method for straight line detection performs poorly. Here, a modified version of a Hough transform-based line detection has been developed for use under this condition. The method makes use of an adaptive threshold for gray-scale to binary image conversion, in combination with an evaluating function for deciding which accumulator cell in a Hough space belongs to a straight line. The technique was applied to detect scratch on magnetic disc surfaces in hard disk manufacturing defect diagnosis process. The results were compared with those obtained by the standard method.

Keywords: Image Processing, Hough Transform, Line Detection, Hard disk manufacturing defect diagnosis.

1. Introduction

The problem of line detection from a digital image appears in numerous image processing and computer vision applications. Standard methods and their variations exist such as Hough transform and a least-square line fitting methods [1-2]. Methods for improving accuracy or efficiency of these standard methods have also been developed [3-4]. However, these methods generally apply to an edge image of the original picture. They work well for images with mild-to-moderate noise level. With high-noise images, their detection results become unreliable due to numerous spontaneous edges. In our case, the need for line detection from high-noise images arises in the problem of magnetic disc surface defect diagnosis. The diagnosis is performed using a digital image of a disc surface taken by an electron microscope. It is part of a magnetic storage device (hard disk) manufacturing process.

Techniques for straight line detection from noisy images have been developed for some application areas [5-6]. These methods are not appropriate or applicable in our case. They are either limited to moderate noise condition or applicable under application-specific conditions.

In this paper, a modification to a standard Hough transform-based line detection method is described. The method is applied to a binary version of an original image, instead of an edge image used in most Hough transform-based methods. Criteria and decision function were developed to differentiate straight line scratch from other forms of disc surface defect.

2. Procedure for a Hough-Transform Line Detection Method

Here, a general procedure for straight line detection based on a Hough transform is described. Normally, a Hough transform is applied to an edge image of an original picture. Criterion for straight line detection is to compare a peak value in Hough space with a predefined threshold. A general procedure is explained below.

1. If necessary, apply a low-pass filter to eliminate noise.
2. Calculate an edge image from the one obtained from Step 1.
3. Perform a Hough transform on the binary edge image. For each edge picture, accumulate a Hough space on the location calculated from the following equation.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (1)$$

where (x, y) is the edge pixel location in the image space, and (ρ, θ) is the corresponding polar coordinate.

4. Locate accumulator cells in a Hough space with the accumulated values above the predefined threshold.

- By using prior knowledge (if any) on the feasible number and location of a line. For example, for our application, it is not possible for a line to be located near either side of the image border. Therefore, those cells corresponding to lines located near image borders are removed from those chosen in Step 4.
- For each of the cells retained in Step 5, calculate the length and location of the corresponding line.

For images heavily corrupted by noise, it is very difficult to get edge images with not too many spontaneous edges due to noise. In the next section, the line detection method for high-noise images is described. It uses a binary version of the original image instead of an edge image to avoid this problem.

3. A Method for Thin Line Detection from Noisy Images.

Based on the assumption that a straight line in a noisy image, if exists, is thin and lies approximately around the image center, the procedure for line detection is described below.

- Starting from an initial threshold (for example, by using the Otsu's method [7]), convert a gray-scale image to a binary image.
- Perform a Hough transform on the binary image.
- Identify cells with the accumulator values above the predefined threshold. Here, let N be the number of chosen cells. In addition, let (ρ_i, θ_i) and p_i , $i = 1, \dots, N$ be defined as the Hough space coordination indices and accumulator values of those cells.
- Check whether any of the chosen N cells correspond to a line located at or near any image border. If so, exclude those cells from consideration in subsequent steps.
- Let R_i be the set of accumulator cells surrounding the i^{th} cell as chosen from Step 3. Its members may be chosen, for example, by placing a window of size $M \times M$ with its center on (ρ_i, θ_i) (see Fig. 1). Every cell inside the window excluding those within the guard zone (shaded area in Fig. 1) is a member of R_i . From cells in R_i , compute the reference value α_i .

- For each (ρ_i, θ_i) , calculate the following decision function.

$$f_i = p_i / \alpha_i \quad (2)$$

Then, compare each f_i with a decision threshold (obtained through empirical means). If it is higher than the threshold, the point (ρ_i, θ_i) indicates a possible existence of a straight line.

- If none of the points (ρ_i, θ_i) passes the test in Step 6, go back to Step 1 with the higher threshold used for gray-scale to binary image conversion. Subsequent steps are repeated.
- After certain iterations, if none of the points (ρ_i, θ_i) passes the test, it is decided that there is no straight line found in the test image.

The main purposes of the reference value α_i are two folds. First, it is used, along with Eq. (2), to differentiate a straight line from other defect shapes. Second, it is used to represent a contribution of background noise to each cell's accumulator value. Along with Eq. (2), such contribution can be weighted on p_i , thus reducing false line detection. Two methods for calculating α_i were considered in this study. The first method, denoted by Method=1, calculate α_i using the following equation.

$$\alpha_i = \frac{1}{Q} \sum_{k=1}^Q q_{i,k} \quad (3)$$

where $q_{i,k}$, $k = 1, \dots, Q$ are accumulator values corresponding to the cells in R_i .

For the second method, denoted by Method=2, α_i is calculated using the following equation instead.

$$\alpha_i = \min(\alpha_{i,1}, \alpha_{i,2}) \quad (4)$$

where

$$\alpha_{i,1} = \frac{1}{S} \sum_{k=1}^S q_{i,k}^* \quad (5)$$

$$\alpha_{i,2} = \frac{1}{S} \sum_{k=1}^S q_{i,k}^j \quad (6)$$

From the above equations, $q_{i,k}^*$ are accumulator values corresponding to those cells in R_i , whose ρ indices are smaller than ρ_i . Similarly, $q_{i,k}^j$ are

accumulator values corresponding to those cells in R , whose ρ indices are larger than ρ_c .

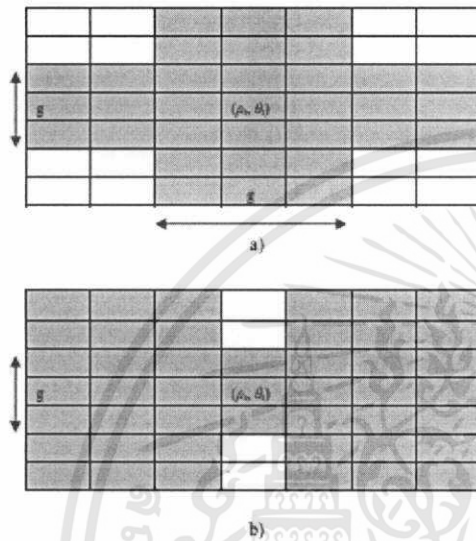


Fig. 1 An $M \times M$ window, for the case of $M = 7$ and the guard width $g = 3$. a) Method#1, b) Method#2

4. Experiments

Three methods for straight line detection from images of defected magnetic disc surface were used in the experiments. The first method, denoted by Standard-HT, is a standard line detection method based on a Hough transform as outlined in Section 2. The second and third methods, denoted by Method#1 and Method#2, are the proposed line detection techniques as described in Section 3. For the Standard-HT method, a Gaussian low-pass filter was first performed to reduce background noise. Then, a Sobel edge detection was performed on a filtered image to get an edge image.

EXP#1: In this experiment, thirty images of magnetic disc surface with straight line defect were used to test the three methods. There was one straight line contained in each image. A low-pass filter used for

Standard-HT was of size 7×7 . For Method#1 and Method#2, the window size of 21×21 was used. For both methods, the guard width $g = 9$. The false positive and false negative detection rates for these methods are shown in Table 1. Decision threshold used in each method was obtained such that it produced best result in terms of combined false detection rate.

Table 1: The number of false negative and false positive detection for each of the three methods, when applied to images with straight line defect.

| Types of false detection | No. of false detection | | |
|--------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| | Standard-HT | Method #1 | Method #2 |
| False Positive | 4 | 0 | 0 |
| False Negative | 11 | 11 | 9 |



Fig. 2 An example of disc images containing straight line defect.

EXP#2: This experiment was similar to EXP#1, except that the thirty test images used are those containing non-line defects. Results are shown in Table 2.

Table 2: The number of false positive detection for each of the three methods, when applied to images with non-line defect.

| Type of false detection | No. of false detection | | |
|-------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| | Standard-HT | Method #1 | Method #2 |
| False Positive | 7 | 10 | 9 |



Fig. 3 An example of disc images containing non-line defect.

EXP#3: In this experiment, the Standard-HT method was performed using different filter sizes. The results are shown in Tables 3-4.

Table 3: The number of false negative and false positive detection with different filter sizes, when applied to images with straight line defect.

| Types of false detection | No. of false detection for different filter size | | |
|--------------------------|--|-------|-------|
| | 7x7 | 11x11 | 15x15 |
| False Positive | 4 | 14 | 26 |
| False Negative | 11 | 14 | 13 |

Table 4: The number of false positive detection with different filter sizes, when applied to images with non-line defect.

| Types of false detection | No. of false detection for different filter size | | |
|--------------------------|--|-------|-------|
| | 7x7 | 11x11 | 15x15 |
| False Positive | 7 | 29 | 34 |

From EXP#1 and EXP#2, the proposed Method#2 provided an overall best result. It gave a slightly better performance than a standard Hough transform-based method. Note, however, that performance of the standard method depends somewhat on a choice of filter size, as shown in EXP#3.

5. Summary

In this paper, a method for straight line detection from high-noise image has been described. Results of its application to magnetic disc defect diagnosis have been provided and compared with those of a standard method. Improvement in terms of false negative and false positive detection rates was observed.

References

- [1] J. Illingworth, and J. Kittler, "A survey of Hough transform" *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol. 44, 1988, pp. 87-116.
- [2] H. Guan, J. Zhang, Q. Hu, L. Zhong, "Line Extraction of Industrial Parts Based on Least Square Template Matching" *Congress on Image and Signal Processing*, Vol. 1, pp. 696-700, 2008.
- [3] H. Kalviainen et al. "Probabilistic and Non-probabilistic Hough Transforms: Overview and Comparisons" *Image and Vision Computing*, Vol. 13, No. 4, May 1995, pp. 239-252.
- [4] T. Nguyen et al., "An Improvement of the Standard Hough Transform to Detect Line Segments." *IEEE International Conference on Industrial Technology*, April 2008, pp. 21-24.
- [5] G. M. Schuster, and A. K. Katsaggelos, "Robust line detection using a weighted MSE estimator" *Image Processing, 2003. ICIP 2003. Proceedings. 2003 International Conference on*, 14-17 Sept. 2003, pp. 293-296.
- [6] S. Jiayin, and D. Dong, "Weld Slim Line Defects Extraction Based on Adaptive Local Threshold and Modified Hough Transform" *Image and Signal Processing, 2009. CISP '09. 2nd International Congress on*, 17-19 Oct. 2009, pp. 1 - 5.
- [7] Nobuyuki Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms" *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-9, No. 1, January 1979.

ประวัติผู้เขียน

| | |
|-----------------|--|
| ชื่อ-นามสกุล | นายอาคม ทิพย์มณี |
| วันเดือนปีเกิด | 30 กันยายน 2527 |
| ที่อยู่ | 95-97 ถ.สามชัย ต.หาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110 |
| ประวัติการศึกษา | 2549 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะวิทยาการจัดการ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้