การปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กเก็บข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ด้วยระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์

นายธวัช รัตนชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2555

IMPROVEMENT OF RECYCLE MEDIA INSPECTION PROCESS BASED ON COMPUTER VISION SYSTEM

Tawat Ratanachai

Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Engineering in Mechatronics

Suranaree University of Technology

Academic Year 2012

การปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ด้วยระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(ผศ. ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล)
ประธานกรรมการ

_____

(รศ. ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(ผศ. ดร.ปภากร พิทยชวาล)
กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

_____ _____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์) (รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ธวัช รัตนชัย : การปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ด้วยระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (IMPROVEMENT OF RECYCLE MEDIA INSPECTION PROCESS BASED ON COMPUTER VISION SYSTEM)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว, 106 หน้า.

ปัจจุบันกระบวนการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ยังคงใช้กระบวนการตรวจสอบและคัดแยกด้วยสายตาของผู้ปฏิบัติงานโดยจะตรวจสอบและแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีตำหนิและไม่มีรอยตำหนิออกเพื่อนำไปทิ้งและไม่นำกลับมาใช้ใหม่อีก กระบวนการดังกล่าวยังคงมีโอกาสเกิดความผิดพลาดในกระบวนการตรวจสอบในบางตำแหน่งที่มองไม่เห็นรอยตำหนิ ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์ตัวเก็บข้อมูลหากมีการนำแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิไปประกอบอยู่ภายในผลิตภัณฑ์ตัวเก็บข้อมูลใหม่อีกครั้งจะส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ตัวเก็บข้อมูลนั้นไม่ผ่านการทดสอบในขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติในการใช้งานต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์ตัวเก็บข้อมูลตัวนั้นจะกลายเป็นของเสีย

การปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ด้วยระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งสามารถตรวจสอบและคัดแยกแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์โดยนำข้อมูลรูปภาพผิวหน้าแผ่นแม่เหล็กเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบทางภาพตามอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบไว้สามารถช่วยทำให้ประสิทธิภาพในการแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลดียิ่งขึ้นโดยสามารถคัดแยกแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิออกจากแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ไร้รอยตำหนิอย่างถูกต้องมากขึ้นส่งผลทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายของกระบวนการประกอบของผลิตภัณฑ์ตัวเก็บข้อมูลให้ดีขึ้นได้

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

TAWAT RATANACHAI : IMPROVEMENT OF RECYCLE MEDIA INSPECTION PROCESS BASED ON COMPUTER VISION SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. ARTHIT SRIKAEW, Ph.D., 106 PP.

RECYCLE MEDIA/MEDIA INSPECTION/MEDIA DEFECT INSPECTION/ MEDIA DEFECT CLASSIFICATION/MEDIA IMAGE CLASSIFICATION

Currently, the process of recycle media checking before sending back to the drive re-assembly is based on human visual inspection. This screening process is to detect and identify whether recycle media are of good or bad quality, and then scrap for bad media. The human visual inspection still has a possibility to fail in some media surfaces or same defected position. This error impacts directly on production yield and functional test yield, since the recycle media identified bad will be sent back to the re-assembly line, which will be failed or rejected. To improve the recycle media inspection, the visual inspection system is proposed to detect and separate of bad from good recycle media by using computer vision process. This visual inspection can help screening and identifying bad from good recycle media, improving function test yield, and scrap cost on drive assembly, respectively.

School of Mechanical Engineering Student's Signature_____

Academic Year 2012 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการและด้านดำเนินงานวิจัย จากบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ได้แก่

รองศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำปรึกษาและแนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่องานวิจัยนี้ รวมถึงได้ช่วยตรวจทาน และแก้ไขเล่มรายงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนทำให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และอีกทั้งได้ให้โอกาสทำให้ผู้ทำวิจัยได้มีประสบการณ์ในการทำงานและให้กำลังใจกับผู้วิจัยเสมอมารวมทั้งช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผลอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ได้ให้ความรู้ คำชี้แนะและโอกาสแก่ผู้วิจัยในศึกษาต่อในระดับปริญญาโทในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณอัญชุลี รักด่านกลาง เลขานุการและธุรการประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและเจ้าหน้าที่ห้องบรรณสารทุกท่านที่อำนวยความสะดวกด้านเอกสารระหว่างศึกษา

ขอขอบคุณ นายวิสุทธิ์ แผ้วกระโทก และ นายบัณฑิต ดวงชาทม นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ที่ให้คำแนะนำปรึกษาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย

ขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ บัณฑิตศึกษาทุกท่าน รวมถึงมิตรสหายที่คอยถามไถ่และให้กำลังใจในการทำวิจัยมาโดยตลอดท้ายนี้ผู้วิจัยขอพระขอบคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ทางด้านต่าง ๆ ทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบัน ที่ได้ให้โอกาสผู้วิจัยได้ศึกษาจวบจนถึงการศึกษาระดับปริญญาโท และได้ให้กำลังใจทุกอย่างไม่ว่าผู้วิจัยจะประสบปัญหาใด ๆ รวมถึงญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ให้ความรัก ความอบอุ่น ความห่วงใยและให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษาอย่างดีทั้งที่เอ่ยนามและอยู่เบื้องหลังอีกมากมาย ต้องขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ธวัช รัตนชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 7
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 7
1.4 วิธีดำเนินการของงานวิจัย 8
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 9

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
2.1 บทนำ 10
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 10
2.2.1 พื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับรูปภาพ 10
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 31
2.4 สรุป 36

3 การออกแบบอัลกอริทึมในการปรับปรุงการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็ก บันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ 37
3.1 บทนำ 37
3.2 อัลกอริทึมของการตรวจสอบสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ที่นำกลับมาใช้ใหม่ 37

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 แบบจำลองระบบการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล
ที่นำกลับมาใช้ใหม่ 41
3.4 ประเภทของตำหนิที่ใช้ในการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล 42
3.5 สรุป 60
4 การทดลองและอภิปรายผล 61
4.1 บทนำ 61
4.2 ผลการปรับความสว่างและการแยกบริเวณที่สนใจ 61
4.3 ประสิทธิภาพของระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ 68
4.4 อภิปรายผลการทดลอง 70
4.5 สรุป 72
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 73
5.1 สรุปผล 73
5.2 ปัญหาที่พบในการทำงานงานวิจัย 74
5.3 ข้อเสนอแนะ 77
5.4 ข้อสังเกต 78
รายการอ้างอิง 79
ภาคผนวก 80
ภาคผนวก ก. ความรู้เกี่ยวกับ Labview 80
ภาคผนวก ข. บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา 100
ประวัติเขียน 102

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างการตรวจด้วยสายตาด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงาน จากแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่สุ่มมาตรวจสอบ 5

1.2 ผลของงานทดลองระหว่างแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบด้วยสายตา ผู้ปฏิบัติงานและการจำลองการตรวจแบบใหม่ 7

3.1 กำหนดค่าอ้างอิงการแยกแยะรอยตำหนิ 54

4.1 ตารางเปรียบเทียบผลการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลระหว่างสายตา ผู้ปฏิบัติงานกับระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ 63

4.2 ตารางเปรียบเทียบผลการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลระหว่างสายตา ผู้ปฏิบัติงานกับระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ 68

4.3 ตารางการทดลองในรูปของตาราง Confusion matrix 68

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 กระบวนการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลก่อนนำกลับไปใช้งาน 1
1.2 พื้นที่ของการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่แคบเพียง 3 มิลลิเมตร 2
1.3 ปริมาณของเสียที่ได้จากการตรวจสอบด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงาน 3
1.4 ตัวอย่างของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิ 4
1.5 ภาพแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เกิดความผิดพลาดระหว่างการตรวจด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงาน 5
1.6 เครื่องมือหยิบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลทีละแผ่น 6
2.1 ภาพขยายแบบบิตแม็พและภาพขยายแบบเวกเตอร์ 11
2.2 ตำแหน่งของพิกัดจุดใดๆของภาพดิจิตอล 12
2.3 ระดับความเข้มเทา 13
2.4 ภาพสี 14
2.5 ภาพขาวดำ 15
2.6 ภาพดัชนี 15
2.7 ภาพระดับความเข้มเทาที่มืดและฮีสโตแกรมของภาพ 17
2.8 ภาพระดับความเข้มเทาที่สว่างและฮีสโตแกรมของภาพ 17
2.9 ภาพระดับความเข้มเทาที่ปกติและฮีสโตแกรมของภาพ 18
2.10 เปรียบเทียบภาพที่สว่างและมืด 18
2.11 ภาพคอนทราสต์ของภาพที่มีค่าคอนทราสต์น้อย 19
2.12 ภาพคอนทราสต์ของภาพที่มีค่าคอนทราสต์ที่เหมาะสม 19
2.13 ภาพส่วนประกอบของตา 20
2.14 ภาพส่วนประกอบของตาเทียบกับกล้อง 21
2.15 Board Lens 22
2.16 Fix Lens 22
2.17 Manual Lens 22
2.18 Auto Lens 23

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.19 CCD Chip ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้กับกล้องถ่ายภาพ 24
2.20 ผลของการปรับค่าคอนทราสต์ 25
2.21 แผนภาพการประมวลผลภาพดิจิตอล 26
2.22 ความเข้มแสงเทียบกับค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพ 29
2.23 การแยกบริเวณของภาพ 30
2.24 เส้นบอกระดับความสูงเทียบกับสกรู 32
2.25 ผลลัพธ์จากการทดลองการลอยของหัวสกรู 32
2.26 พื้นผิวที่เกิดรอยตำหนิและพื้นผิวมีสิ่งสกปรก 33
2.27 หัวอ่านและรอยตำหนิต่างๆ 33
3.1 แผนผังการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ 38
3.2 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลก่อนและหลังปรับคอนทราสต์ 39
3.3 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลก่อนและหลังทำ ROI 39
3.4 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลหลังทำ ROI และแสดงผลผ่านหน้าจอ 40
3.5 ลักษณะรอยตำหนิที่คล้ายกันของรอยตำหนิแบบ Particle defect 41
3.6 แบบจำลองของระบบการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล 42
3.7 ตัวอย่างแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ไร้รอยตำหนิ 43
3.8 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายจากรอยตำหนิแบบรอยขีดข่วน 44
3.9 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายจากรอยตำหนิจากหัวอ่าน 45
3.10 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายจากรอยตำหนิจากฝุ่นหรือคราบเปื้อน 46
3.11 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้น 48
3.12 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้นทำมุม 45 องศา 49
3.13 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้นทำมุม 90 องศา 49
3.14 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้นทำมุม 135 องศา 50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.15 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้นทำมุม 180 องศา 50

3.16 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้นทำมุม 225 องศา 51

3.17 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้นทำมุม 270 องศา 51

3.18 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้นทำมุม 315 องศา 52

3.19 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยเปื้อนหรืออนุภาคเม็ดฝุ่น 52

3.20 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยขีดข่วนและอนุภาคเม็ดฝุ่น 54

3.21 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 0 องศา 56

3.22 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 45 องศา 56

3.23 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 90 องศา 57

3.24 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 135 องศา 57

3.25 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 180 องศา 58

3.26 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 225 องศา 58

3.27 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 270 องศา 59

3.28 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 315 องศา 59

3.29 ผลลัพธ์ในการประมวลผลของแต่ละตัวแปร 60

4.1 เปรียบเทียบการปรับความคมชัดและแยกบริเวณที่สนใจ 62

4.2 ผลการเปรียบเทียบการตรวจแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงาน กับระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์จากกลุ่มตัวอย่างที่พร้อมนำกลับไปใช้ใหม่ 63

4.3 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบผิดพลาดโดยสายตาผู้ปฏิบัติงาน จากกลุ่มตัวอย่างไร้รอยตำหนิที่พร้อมนำกลับไปใช้ใหม่ 64

4.4 ผลการเปรียบเทียบการตรวจแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงาน กับระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์จากกลุ่มรอยตำหนิจากหัวอ่าน 65

4.5 ตำแหน่งของดิสก์แคล็มพ์ในการประกอบตัวเก็บข้อมูล 65

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.6 ผลการเปรียบเทียบการตรวจแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงาน กับระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์จากกลุ่มรอยขีดข่วน 66

4.7 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบผิดพลาดโดยสายตาผู้ปฏิบัติงาน จากกลุ่มตัวอย่างที่มีรอยขีดข่วน 66

4.8 ผลการเปรียบเทียบการตรวจแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงาน กับระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์จากกลุ่มตัวอย่างที่มี อนุภาคฝุ่นหรือคราบเปื้อน 67

4.9 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบผิดพลาดโดยสายตาผู้ปฏิบัติงาน จากกลุ่มตัวอย่างที่มีอนุภาคฝุ่นหรือคราบเปื้อน 67

4.10 กราฟ ROC ที่ได้จากการประเมินประสิทธิภาพอัลกอริทึมของระบบ การมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ 69

4.11 ระยะห่างของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่แคบเพียง 3 มิลลิเมตร 71

5.1 Ring Light high Angle profile 74

5.2 Ring Light low Angle profile 75

5.3 ภาพที่ถ่ายจากการใช้ Ring light hig และ low Angle profile 76

5.4 ภาพแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิขนาด 93 ไมโครเมตร 77

ก.1 หน้าแรก (Getting Started) ของโปรแกรม LabVIEW 81

ก.2 หน้าต่าง Front Panel และ Block Diagram 82

ก.3 หน้าต่าง Controls Palette 82

ก.4 Functions Palette 83

ก.5 หน้าต่างTool Palette 83

ก.6 Object ชนิดต่างๆของโปรแกรม LabVIEW 84

ก.7 Object ที่เป็น Controls และ Object ที่เป็น Indicators 85

ก.8 การแสดงผลของข้อมูล String 86

ก.9 Block Diagram ของข้อมูล Dynamic 87

ก.10 Block Diagram ของข้อมูล Time Stamp 87

ก.11 While Loop 88

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ก.12 For Loop 88
ก.13 ฟังก์ชันหน่วงเวลา (Wait) 89
ก.14 Front panel ของ Array 89
ก.15 Block diagram และFront panel ของ Array 90
ก.16 Diagram Case 90
ก.17 Diagram Case แบบ Boolean 91
ก.18 Diagram Case แบบ Integer 91
ก.19 Diagram Case แบบ String 92
ก.20 ตัวอย่างโปรแกรมในการนำข้อมูลภาพเข้าประมวลผล 92
ก.21 ตัวอย่างโปรแกรมในการนำข้อมูลภาพเข้าประมวลผลในส่วนของ HDI 93
ก.22 ตัวอย่างโปรแกรมในการนำข้อมูลภาพเข้าประมวลผลในส่วนของรอยขีดข่วน 94
ก.23 ตัวอย่างโปรแกรมในการนำข้อมูลภาพเข้าประมวลผลในส่วนของ Particle 94
ก.24 ขนาดของพื้นที่รับภาพ ขนาด 1/2” 95
ก.25 ขนาดของพื้นที่รับภาพ ขนาด 1/3” 95
ก.26 ระยะห่างของจุดต่างๆที่ใช้งานด้านประมวลผลภาพดิจิตอล 96
ก.27 แหล่งกำเนิดแสงแบบ Ring Light Low angle profile 98
ก.28 ภาพที่ถ่ายจากกล้องที่ใช้ Ring light high และ low angle 98
ก.29 ขนาดของแผ่นบันทึกข้อมูล (95 mm) 99

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

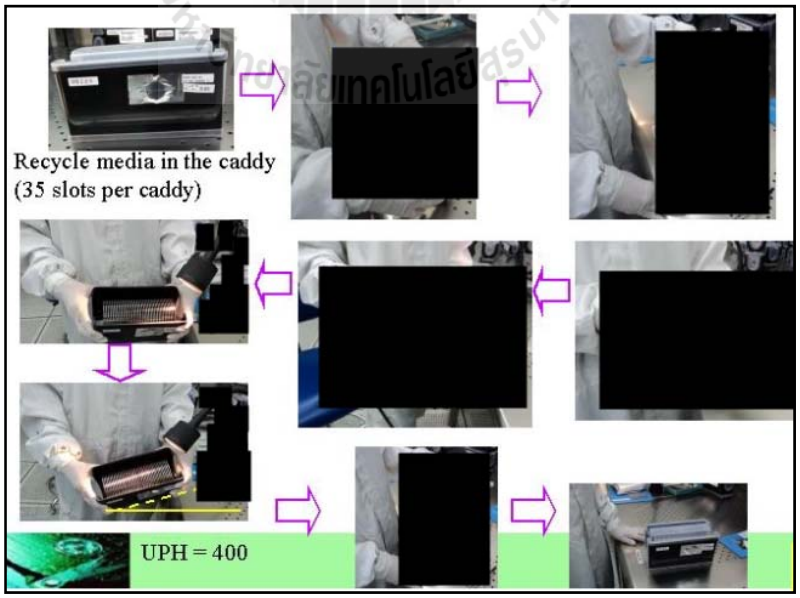
HDI	Head Disc Interference	รอยตำหนิมีลักษณะเป็นรอยวงกลม
CCD Camera	Charge Coupled Device Camera	กล้องชนิดหนึ่งที่ใช้ในงานด้านวิชั่น
PPI	Pixel Per inch	หน่วย พิกเซลต่อนิ้ว
CA	Competitive Agglomeration	การเข้ากลุ่มโดยใช้หลักการแข่งขัน
EM	Expectation Maximization	การคาดการณ์สูงสุด
ROI	Region Of Interest	การพิจารณาในบริเวณพื้นที่ที่สนใจ
VMI	Visual Mechanical Inspection	การตรวจสอบชิ้นงานโดยผู้ปฏิบัติงาน
ROC	Receiver Operating Charactoristic	เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการประเมินอัลกอริทึม
LED	Light Emitting Diode	ไดโอดเปล่งแสงได้เมื่อจ่ายกระแสเพียงเล็กน้อย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

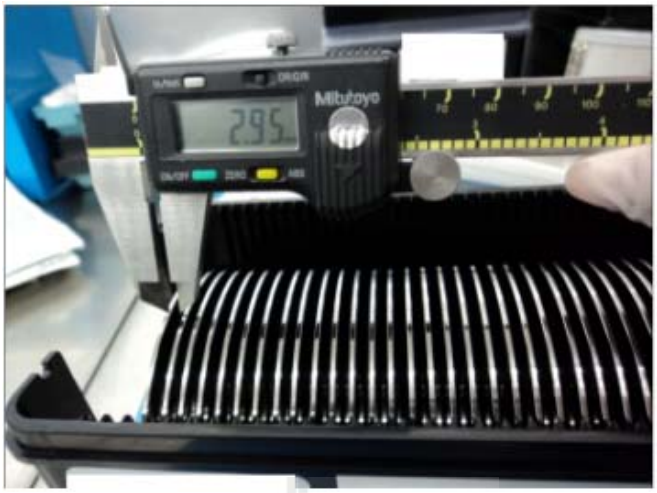
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันกระบวนการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่จะกลับนำกลับมาใช้ใหม่นั้นยังคงใช้ คนตรวจด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานในการตรวจสอบโดยใช้แสงสว่างจากแหล่งที่มีความเข้มของแสงที่มากกว่าแสงสว่างที่ใช้งานปกติ เพื่อใช้ในการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่อยู่ในกล่องใส่แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลทั้งกล่อง ดังรูปที่ 1.1 โดยกระบวนการตรวจสอบที่ใช้ในปัจจุบันนี้อาจจะมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีนัก สาเหตุอันเนื่องมาจากระยะห่างระหว่างแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่อยู่ใกล้กันและวางชิดกันมาก ดังรูปที่ 1.2 และทั้งนี้ประสิทธิภาพการตรวจสอบยังขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานที่มีความสามารถที่ต่างกันและมีความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจอันเกิดมาจากความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงานในการปฏิบัติงานในระยะเวลาที่ยาวนาน หรือแม้กระทั่ง เกิดจากความผิดพลาดจากการมองข้ามหรือการมองไม่เห็นจุดบกพร่องของผู้ปฏิบัติงาน และอีกหนึ่งสาเหตุคือความแตกต่างกันของระดับการตัดสินไม่สม่ำเสมอและความเร็วในการตรวจสอบที่ต่างกันของผู้ปฏิบัติงานนั่นเอง



รูปที่ 1.1 กระบวนการการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลก่อนนำมาใช้งาน



รูปที่ 1.2 พื้นที่ของการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่แคบเพียง 3 มม.

จากรูปที่ 1.1 กระบวนการการตรวจสอบข้างต้นที่นำเสนอในก่อนหน้านี้นั้นผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจสอบพบและแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เกิดความเสียหายได้ประมาณร้อยละ 3.7% ของจำนวนทั้งหมด (ตัวอย่างมากกว่าหนึ่งแสนเจ็ดหมื่นห้าพันตัวอย่าง) ซึ่งการตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาของผู้ปฏิบัติงานยังต้องอาศัยความชำนาญที่มีมากน้อยที่ต่างกัน ขึ้นกับประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงาน งานวิจัยนี้มีมุ่งเน้นที่จะหาวิธีการตรวจสอบหรือกระบวนการใหม่ที่สามารถตรวจสอบและแยกแยะซึ่งอย่างน้อยต้องเปรียบเทียบผลได้ไม่ต่างไปจากกระบวนการที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังรูปที่ 1.3

จากรูปที่ 1.3 เป็นจำนวนเปอร์เซ็นต์ของเสียในลักษณะต่าง ๆ ของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหาย ซึ่งแยกแยะและเป็นไปตามเอกสารของการควบคุมกระบวนการผลิต ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เก็บรวบรวมมาจากฝ่ายผลิตที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลไว้เป็นประจำกะในแต่ละกะของการทำงานเป็นระยะเวลาประมาณ 3 เดือน โดยมีจำนวนตัวอย่างข้อมูล มากกว่าหนึ่งแสนเจ็ดหมื่นห้าพันตัวอย่างที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้ปฏิบัติงานได้ทำการตรวจสอบ พบว่าโดยผลรวมแล้วมีของเสียที่สามารถแยกแยะออกได้เป็นของเสียแบบต่าง ๆ ประมาณร้อยละ3.7% ดังนี้

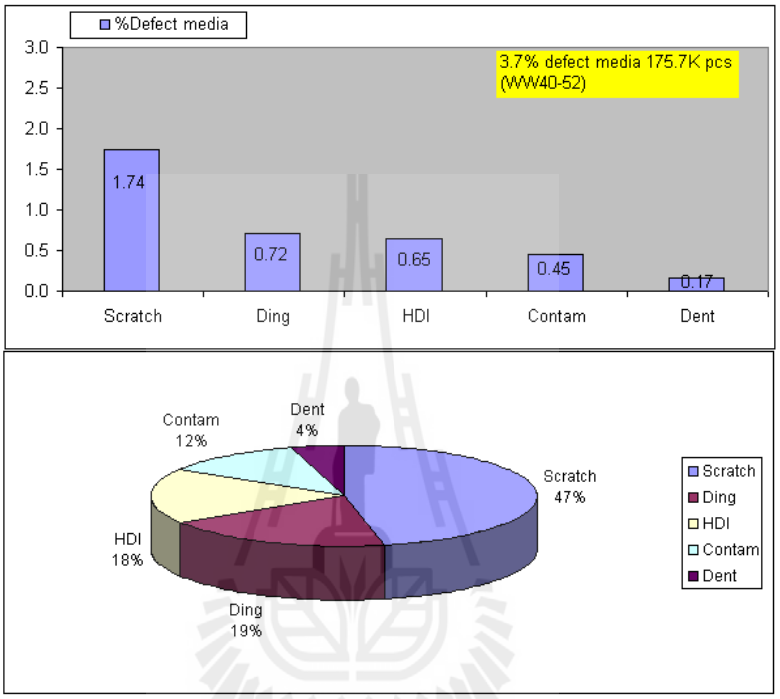
1. รอยขีดข่วน (Scratch) บนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล คิดเป็น 1.74% ของงานที่ตรวจสอบทั้งหมด

2. รอยกด (Ding) บนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล คิดเป็น 0.72% ของงานที่ตรวจสอบทั้งหมด

3. รอยขีดเป็นวงรอบแผ่น (HDI ย่อมาจาก Head disk interference) บนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล คิดเป็น 0.65% ของงานที่ตรวจสอบทั้งหมด

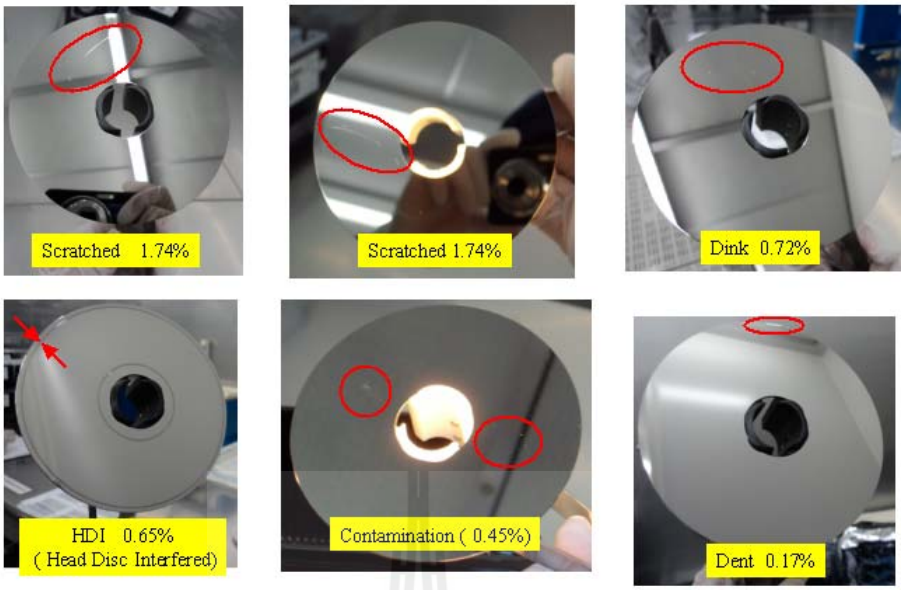
4. รอยฝุ่นหรือคราบสกปรก (Contamination or Particle) บนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล คิดเป็น 0.45% ของงานที่ตรวจสอบทั้งหมด

5. รอยกดที่ขอบแผ่น (Dent) บนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล คิดเป็น 0.17% ของงานที่ตรวจสอบทั้งหมด



รูปที่ 1.3 ปริมาณของเสียที่ได้จากการตรวจสอบด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงาน

จากรูปที่ 1.4 เป็นรูปตัวอย่างของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เกิดความเสียหายที่ผู้ปฏิบัติงานต้องแยกออกมาจากกลุ่มแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งเป็นของเสียที่จะต้องทิ้ง

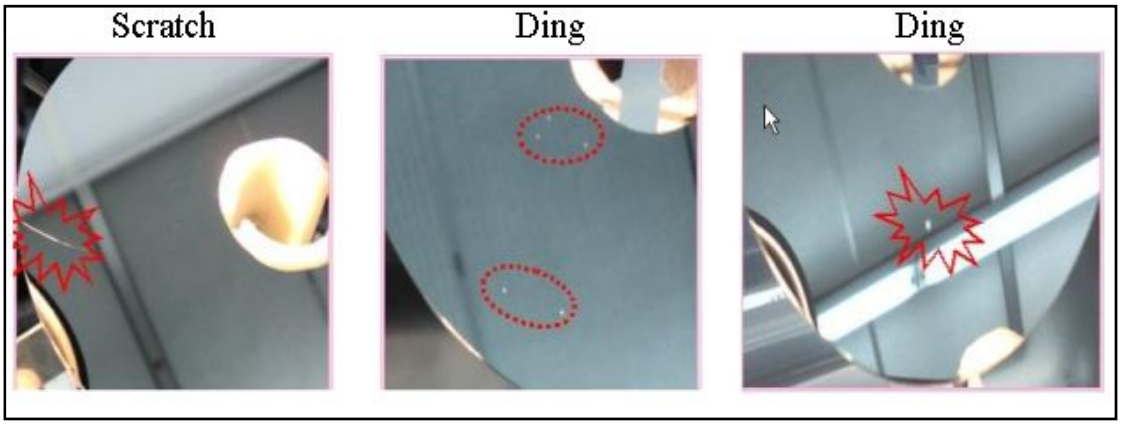


รูปที่ 1.4 ตัวอย่างของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิ

เพื่อเป็นการหาข้อมูลเพิ่มเติมที่จะทำให้งานวิจัยนี้มีความเชื่อมั่นมากขึ้นว่าวิธีการหรือกระบวนการที่งานวิจัยนี้ต้องการศึกษานั้นสามารถช่วยปรับปรุงกระบวนการการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ได้ดีกว่ากระบวนการตรวจสอบแบบเดิมนั้น งานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยที่ งานวิจัยนี้ได้สุ่มงานที่เป็นกลุ่มงานที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้ปฏิบัติงานซึ่งได้ตรวจสอบด้วยวิธีการตรวจสอบปัจจุบันและพร้อมใช้งาน มาตรวจสอบอย่างละเอียดด้วยสายตาของงานวิจัยนี้เอง อีกครั้งเพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่งานวิจัยนี้ได้ตั้งข้อสมมติฐานไว้ว่าการตรวจสอบด้วยวิธีปัจจุบันนั้นมีโอกาสตรวจข้อผิดพลาดได้ ซึ่งงานวิจัยนี้พบว่าในจำนวนงานที่สุ่มตรวจสอบนั้น จากงานทั้งหมด จำนวน 6 กล่อง คิดเป็นจำนวนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่สุ่มตรวจสอบเป็นจำนวน 210 ตัวอย่าง พบงานที่มีความเสียหายปะปนอยู่ 7 แผ่นซึ่งมาจาก 4 กล่องจากทั้งหมด 6กล่องที่สุ่มมาตรวจสอบคิดเป็น 3.3% (7 /210)ซึ่งเป็นของเสียที่ปนอยู่กับงานที่พร้อมนำกลับมาใช้ใหม่ของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลตัวอย่างที่สุ่มตรวจสอบทั้งหมด ดังรูปที่ 1.5 ซึ่งสามารถแบ่งจุดความเสียหายได้ดังนี้

1. รอยกด (Ding) บนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล คิดเป็น 2.4% ของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่สุ่มมาตรวจสอบทั้งหมด

2. รอยขีดข่วน (Scratch) บนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล คิดเป็น 0.9% ของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่สุ่มมาตรวจสอบทั้งหมด



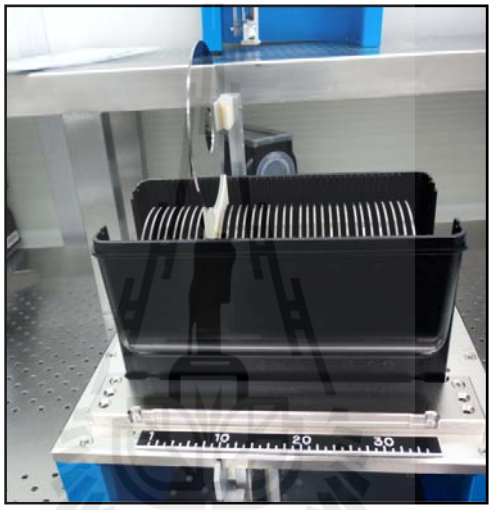
รูปที่ 1.5 ภาพแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เกิดความผิดพลาดระหว่างการตรวจด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงาน

จากรูปที่ 1.5แสดงภาพแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เกิดความผิดพลาดระหว่างการตรวจด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานนั้นงานวิจัยนี้พบว่ามีโอกาสที่ผู้ปฏิบัติงานตรวจงานผิดพลาดจากข้อจำกัดต่าง ๆ และปัจจัยหนึ่งคือของระยะห่างระหว่างแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่อยู่ใกล้กันมากสายตาผู้ปฏิบัติงานอาจจะมองไม่เห็นได้ ดังรูปที่ 1.2 และพบว่ามีแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบผิดพลาดประมาณ 3.3% ปะปนกับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่จะนำกลับมาใช้ใหม่

ตารางที่ 1.1 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดระหว่างการตรวจด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานจากแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่สุ่มมาตรวจสอบอีกครั้ง

Cassette	Sample	Found defect	%found defect
1	35	0	0.0
2	35	2	5.7
3	35	1	2.9
4	35	0	0.0
5	35	2	5.7
6	35	2	5.7
Total	210	7	3.3

งานวิจัยนี้ได้นำแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ผ่านการสุ่มตรวจอีกครั้งเสมือนการตรวจสอบด้วยระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์คือการจำลองการตรวจสอบด้วยการหยิบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลขึ้นมาตรวจสอบทีละแผ่น ทีละแผ่นโดยการใช้เครื่องหยิบที่มีใช้กันอยู่ในสายการผลิตที่เรียกว่า Media Lifter ดังรูปที่ 1.6 และคัดแยกแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายออกเพื่อทำการนำไปทดลองในการเปรียบเทียบผลระหว่างแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบด้วยการตรวจโดยคนกับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบด้วยระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์จะมีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด



รูปที่ 1.6 เครื่องมือหยิบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลทีละแผ่น (Media Lifter)

หลังจากที่ได้ควบคุมปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลของการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลทั้งสองวิธีงานวิจัยนี้พบว่ากลุ่มงานที่ตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลทีละแผ่น ได้ประสิทธิผลของการผลิตเป็นตัวบันทึกข้อมูลที่ดีกว่าวิธีการตรวจสอบแบบปัจจุบัน ประมาณ 2.1% ของผลผลิตที่ผ่านกระบวนการทดสอบต่าง ๆ ดังผลตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ผลของงานทดลองระหว่างแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจด้วยสายตาของ
ผู้ปฏิบัติงานและการจำลองการตรวจสอบด้วยวิธีใหม่

Station	Free defect	Normal recycle	Delta
	KTPHE215C	KTPHE215D	Eval -Normal
Pre-Test 2	95.2	96	-0.8
Functional Test 2	93.2	90.3	2.9
Cert 2T Test 2	100	100	0
Final Test 2	100	100	0
Customer Unique Test 2	98.5	98.4	0.1
Composite Yield	**87.4**	**85.3**	**2.1**

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นในการหากระบวนการใหม่มาแทนกระบวนการเดิมด้วยการใช้กล้องและชุดโปรแกรมการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบเพื่อแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบและแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีกว่ากระบวนการปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบการมองเห็นภาพเพื่อแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิบนผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลออกจากแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีที่พร้อมนำกลับมาใช้ใหม่

เพื่อพัฒนาระบบการมองเห็นภาพเพื่อแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิบนผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลเป็นการปรับปรุงกระบวนการการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กเก็บข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ออกแบบอัลกอริทึมและใช้โปรแกรม Lab VIEW ปรับปรุงคุณภาพของภาพเพื่อพัฒนากระบวนการตรวจสอบและคัดแยกแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิ เป็นการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กเก็บข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ โดยสามารถคัดแยกแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิ โดยจะศึกษาในแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ขนาด 3.5” ที่ใช้กันในปัจจุบัน โดยมีประเภทของรอยตำหนิที่จะตรวจสอบและคัดแยก ทั้งหมด 3 ประเภท คือ

1. รอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล (Scratched defect)
2. รอยคราบเปื้อนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล (Particle หรือ comtamination defect)

3. รอยขีดข่วนลักษณะเป็นวงกลม (หัวอ่านสัมผัสเป็นรอยเสียหายลักษณะเป็นรอยวงกลม) บนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล (HDI : Head Disc Interference)

1.4 วิธีดำเนินการของงานวิจัย

1. แนวทางการดำเนินงานของงานวิจัย

1.1 ศึกษาถึงขั้นตอนและวิธีการตรวจสอบรอยตำหนิที่เกิดบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ซึ่งเป็นกระบวนการการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle Media) ที่ใช้สายตาผู้ปฏิบัติงานตรวจสอบรอยตำหนิต่าง ๆ แล้วผู้ปฏิบัติงานก็แยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีและไม่ดีออกไปเพื่อนำแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้งานใหม่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและศึกษากระบวนการใหม่ที่จะมาแทนกระบวนการเดิมที่ใช้ในปัจจุบัน

1.2 ดำเนินการออกแบบและทดลองระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ที่ผู้ศึกษาและได้ทำการออกแบบไว้

1.3 ใช้โปรแกรม LabVIEW ทำการเปรียบเทียบผลของการคัดแยกและปรับปรุงโปรแกรมที่ใช้ในการแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีและไม่ดี ระหว่างกระบวนการการตรวจสอบแบบปัจจุบันและวิธีการตรวจสอบใหม่

1.4 สรุปผลการทดลองจากผลที่ได้จากการทดลองด้วยจำนวนงานตัวอย่างที่มากพอสมควรระหว่างกระบวนการที่ใช้ตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ใช้ปัจจุบันกับกระบวนการใหม่

1.5 จัดทำเอกสารและรายงานการทำงานวิจัย

2. สถานที่ทำงานวิจัย

บริษัทซีเกทเทคโนโลยี(ประเทศไทย)จำกัด เลขที่ 90 หมู่ที่ 15 ถ.มิตรภาพ ต.สูงเนิน อ.สูงเนิน จ.นครราชสีมา 30170

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำงานงานวิจัย

3.1 คอมพิวเตอร์แบบพกพาส่วนบุคคล (Note book Computer) รุ่น Dell D630

3.2 โปรแกรมเฉพาะทางวิศวกรรม LabVIEW

3.3 กล้องที่ใช้ตรวจชิ้นงาน (CCD Camera)

3.4 ชุดให้แสงสว่างกับระบบการตรวจสอบ (Ring Light Low angel profile)

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 รวบรวมข้อมูลกระบวนการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลในปัจจุบัน

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลได้จากการค้นคว้าวรรณกรรมและตำราที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำรูปเล่มงานวิจัย

5.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากการค้นคว้าวรรณกรรมเพื่อหาข้อสรุป และใช้โปรแกรม Lab VIEW บนคอมพิวเตอร์ในการทำงานเพื่อปรับปรุงการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่จะกลับนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อจัดทำรูปเล่มงานวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการในการตรวจสอบและแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิออกเพื่อให้ได้แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้งานที่มีคุณภาพมากกว่ากระบวนการในการตรวจสอบวิธีการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการการผลิตในปัจจุบัน

ได้กระบวนการในการตรวจสอบและแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลแบบใหม่ เพื่อลดความผิดพลาดในการตรวจสอบที่เกิดจากความผิดพลาดจากผู้ปฏิบัติงานและมีความเชื่อมั่นในกระบวนการตรวจสอบมากกว่าการตรวจสอบด้วยสายตาของผู้ปฏิบัติงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

จากความเป็นมาของปัญหาอันนำมาสู่ความสนใจที่จะปรับปรุงกระบวนการการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลเพื่อลดความผิดพลาดจากผู้ปฏิบัติงานซึ่งมาจากหลายปัยจัยไม่ว่าจะเป็นความเมื่อยล้าจากการปฏิบัติงานเป็นเวลานานความผิดพลาดจากการมองข้ามจุดบกพร่องหรือแม้แต่ข้อจำกัดพื้นที่ในการตรวจสอบที่แคบมากดังที่กล่าวมาแล้วนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ต่อไป

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 พื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับรูปภาพ

ชนิดของรูปภาพทั่วไป

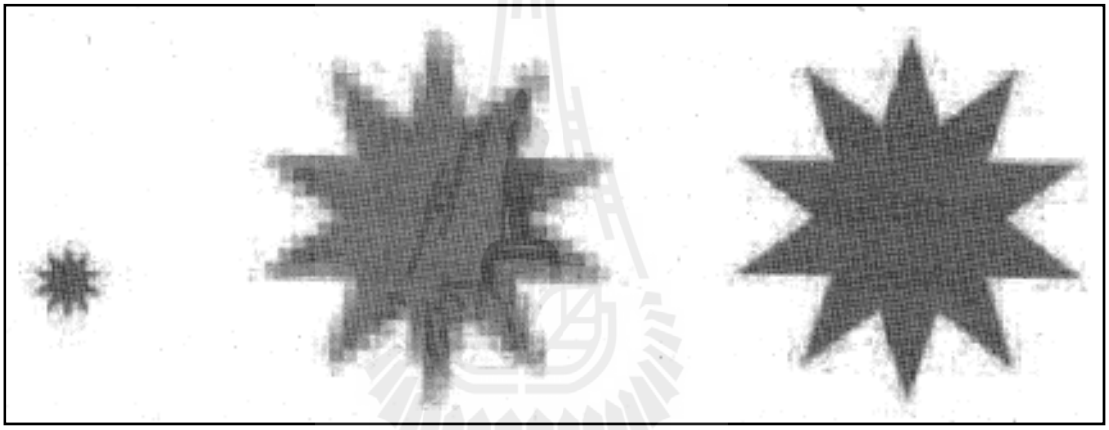
รูปภาพสามารถแบ่งตามวิธีการจัดเก็บทั่วไปได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ดังนี้ คือ

- รูปภาพแบบเวคเตอร์ (Vector Image)

เป็นรูปภาพที่ไม่ขึ้นกับความละเอียดของภาพเนื่องจากภาพชนิดนี้ถูกสร้างขึ้นจากสมการของเส้นต่าง ๆ ภาพประเภทนี้ไม่ว่าจะขยายให้ใหญ่แค่ไหนก็ยังคงรายละเอียดและความคมชัดไว้ได้เหมือนเดิมโดยไม่ผิดเพี้ยนเนื่องจากภาพแบบเวกเตอร์นั่นประกอบด้วยเส้นตรงเส้นโค้งและรูปทรงต่าง ๆ ภาพที่ไดจะสร้างขึ้นจากคำสั่งที่บอกถึงลักษณะของภาพในรูปแบบเรขาคณิตด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ดังนั้นโปรแกรมที่ต้องการเปิดรูปภาพจะต้องนำสมการต่าง ๆ ที่บันทึกเอาไว้มาคำนวณและสร้างรูปทรงของภาพขึ้นมาใหม่จุดเด่นของภาพแบบนี้คือไม่ว่าจะขยายภาพให้ใหญ่แค่ไหนคอมพิวเตอร์จะคำนวณค่าต่าง ๆ ให้ใหม่ทุกครั้ง ทำให้ภาพที่เกิดขึ้นมามีความคมชัดภาพเวกเตอร์จึงเหมาะสมกับงานที่มีความแม่นยำและต้องการความละเอียดสูงเช่นการสร้างโลโก้การสร้างภาพสามมิติการสร้างแบบร่างทางวิศวกรรมไม่ว่าจะเป็นเส้นโค้งเมื่อทำการย่อขยายรูปภาพแบบนี้คอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณรูปภาพใหม่ทำให้คมชัดเสมอ

- รูปภาพแบบบิตแม็พ (Bitmap image)

หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าภาพแบบราสเตอร์ (Raster image) เป็นรูปภาพที่เกิดจากจุดเล็ก ๆ หรือเรียกว่า พิกเซลจำนวนมากที่เรียงต่อกันเป็นภาพภาพหนึ่ง เพื่อให้เห็นภาพลักษณะนี้ชัดเจนยิ่งขึ้น ให้นึกถึงการแสดงป้ายสีแปลอักษรบนอัฒจันทร์ ภาพแบบบิตแม็พนี้จะมีจำนวนจุดเล็ก ๆ จำนวนมาก ดังนั้นตาของมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นและแยกแยะรายละเอียดส่วนย่อยเล็ก ๆ นั้นได้ แต่เมื่อลองขยายภาพดูจะเห็นเป็นตาราง ยิ่งขยายใหญ่เท่าไหร่ ตารางสี่เหลี่ยม ก็ยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นจนทำให้มองเห็นจุดของภาพหรือพิกเซลจึงมีผลทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าภาพนั้นเป็นภาพอะไร สิ่งนั้นส่งผลเช่นเดียวกันหากเราขยายภาพบิตแม็พบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีผลทำให้รายละเอียดของภาพมีความไม่ชัดเจน ดังรูปที่ 2.1



(ก) ภาพต้นแบบ (ข) ภาพขยายแบบบิตแม็พ (ค) ภาพขยายแบบเวกเตอร์

รูปที่ 2.1 ภาพขยายแบบบิตแม็พและภาพขยายแบบเวกเตอร์

พิกเซล (Pixel) และด็อท (Dot)

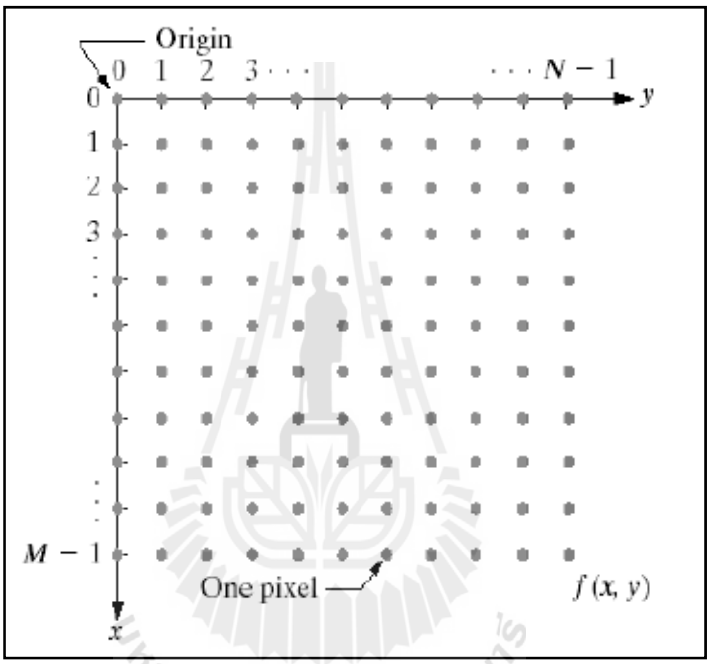
พิกเซลคือจุดเล็กที่สุดของภาพ พิกเซลสามารถแสดงได้หลายสีส่วนด็อทคือจุดที่เล็กที่สุดที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ การสร้างพิกเซลขึ้นมาหนึ่งพิกเซลจะต้องใช้ด็อทหลายด็อทเพื่อทำให้เกิดภาพความเข้มและสีต่าง ๆ กัน ซึ่งมีหน่วยเป็น ด็อทต่อนิ้ว (dpi) และ ด็อทต่อนิ้ว จะใช้บอกความละเอียดของเครื่องสแกนและจอภาพ

ความละเอียดของภาพ (Resolution)

ความละเอียดของภาพเป็นสิ่งที่บอกถึงคุณภาพของภาพนั้น หน่วยที่นิยมใช้บอกถึงความละเอียดของภาพนั้น คือ พิกเซลต่อนิ้ว (Pixel / Inch) ค่านี้บอกให้ทราบว่าภาพนั้นมีจำนวนพิกเซลกี่พิกเซลในหนึ่งนิ้วและยังสามารถคำนวณหาจุดทั้งหมดของข้อมูลภาพได้ด้วย

ภาพดิจิตอล

ข้อมูลภาพดิจิตอลระดับเข้มเทาสามารถที่จะเขียนให้อยู่ในรูปของฟังก์ชั่นสองมิติของค่าระดับความเข้มแสง โดยค่าของฟังก์ชั่น f(x,y) จะแสดงถึงความเข้มแสงที่จุดพิกัดสเปเชียล (Spatial) x,y ใด ๆ โดยทั่วไปนิยมเขียนแทนภาพดิจิตอลสองมิติ f(x,y) ขนาด M x N ให้อยู่ในรูปของแมทริกซ์ สองมิติ ส่วนรูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งของพิกัดจุดใด ๆ ของภาพดิจิตอลในแต่ละจุดพิกเซลของภาพ



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งของพิกัดจุดใด ๆ ของภาพดิจิตอล

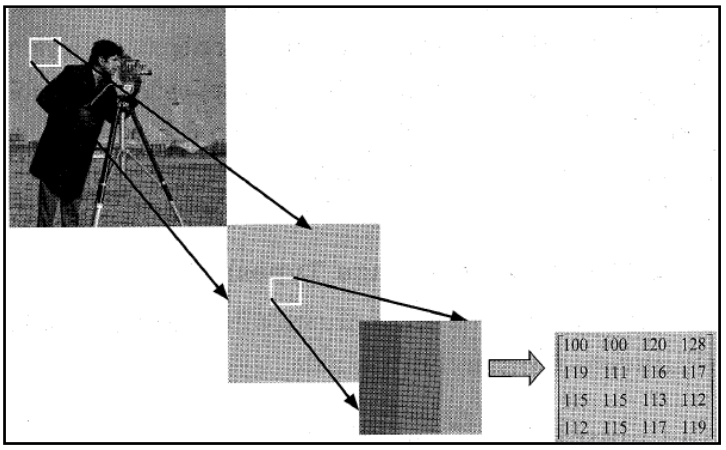
คุณภาพของภาพดิจิตอลจะขึ้นอยู่กับจำนวนพิกเซลและจำนวนค่าระดับความเข้มเทา กล่าวคือ จำนวนพิกเซลในแต่ละแถวและแต่ละหลักของรูปภาพดิจิตอลเป็นจำนวนค่าสุ่มตัวอย่างทั้งหมด หรือเป็นความละเอียดของสัญญาณภาพดิจิตอลดังนั้นการลดจำนวนพิกเซลลงจะเป็นการลดความละเอียดของรูปภาพดิจิตอล จึงมีผลทำให้รูปภาพผลลัพธ์ที่ได้อาจจะผิดเพี้ยนไปจากภาพต้นฉบับ ในทำนองเดียวกัน จำนวนค่าระดับของสัญญาณดิจิตอลจะถูกกำหนดด้วยจำนวนค่าระดับความเข้มเทาที่ใช้ในการแสดงผลภาพดิจิตอล คุณภาพของภาพดิจิตอลจะขึ้นอยู่กับจำนวนค่าระดับความเข้มเทาที่ใช้แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มจำนวนพิกเซลหรือจำนวนค่าระดับความเข้มเทาในบางครั้งอาจจะไม่เพิ่มคุณภาพรูปภาพหรือเพิ่มน้อยมาก โดยปกติแล้วภาพจะดูคมชัดเท่าไหร่ก็ขึ้นกับว่าภาพนั้นมีจำนวนพิกเซลอยู่มากน้อยเท่าใด เรามักจะบอกความละเอียดของภาพ (Resolution) โดย

ดูจากจำนวนพิกเซลต่อนิ้ว (Pixel / Inch : PPI) หรือพิกเซลต่อตารางนิ้ว (Pixel/Inch^2) หากภาพยิ่งมีจำนวนพิกเซลต่อหนึ่งตารางนิ้วมาก ภาพก็ยิ่ง มีความละเอียดเหมือนจริงมากขึ้นโดยภาพที่มีความละเอียดมาก ๆ จะเรียกว่าภาพนี้มี Resolution สูง ส่วนภาพที่มีความละเอียดน้อยก็เรียกว่าภาพนั้นมี Resolution ต่ำ เช่น ภาพขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 1 นิ้ว ที่มีความละเอียด 72 PPI จะมีพิกเซลทั้งหมด 5184 พิกเซล (72 x 72 = 5184)

ประเภทของภาพบิตแม็พ

โดยทั่วไป เราสามารถแบ่งประเภทของประเภทของภาพบิตแม็พ ตามคุณสมบัติการแสดงผลของสีภาพเป็น 4 ประเภท ดังนี้

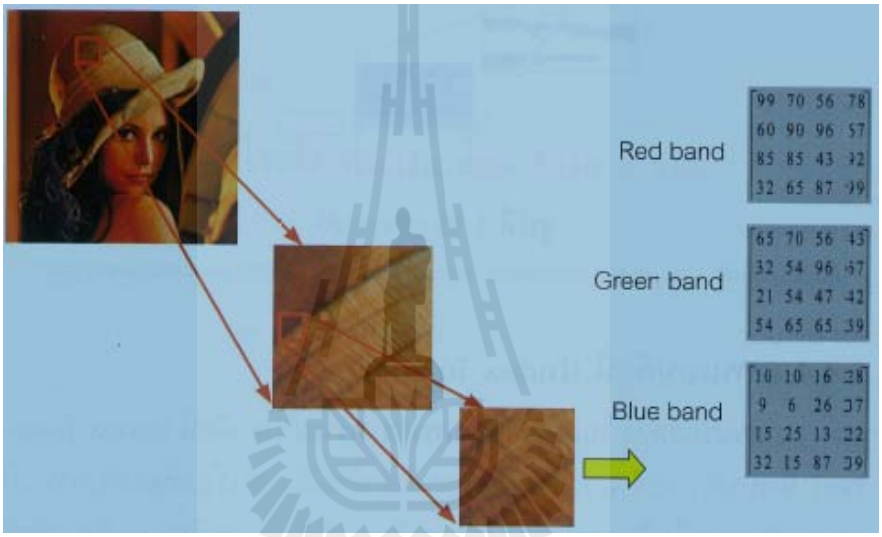
- ภาพระดับความเข้มเทา (Intensity image or Gray Scale Image) ลักษณะของภาพชนิดนี้ ในแต่ละพิกเซลจะมีค่าความเข้มของแสงในแต่ละระดับที่แตกต่างกันไป ตั้งแต่ระดับเทาดำไปยังระดับสีขาว เราสามารถกำหนดระดับความเข้มของแสงนั้นโดยใช้ค่าระดับความเข้มเทา (Gray Scale) โดยทั่วไปภาพแบบระดับสีเทาจะมีค่าระดับความเข้มเทาเท่ากับ 8 บิต ดังนั้นค่าความเข้มแสงจะถูกแบ่งออกเป็น 256 ระดับ เมื่อค่าระดับความเข้มเทามีค่าเป็น 0 จะหมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าระดับความเข้มเทาของแสงต่ำ และจะทำให้จุดภาพเป็นสีดในทางกลับกันหากค่าระดับความเข้มเทาเป็น 255 จะหมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มแสงมากจะทำให้ภาพเป็นสีขาว ซึ่งสีขาวจะถูกแทนด้วยค่าความเข้มเทา 255 (11111111) และสีดำจะถูกแทนด้วยค่าระดับความเข้มเทาเท่ากับ 0 (00000000) ส่วนค่าระหว่าง 0-255 ก็จะมีค่าเฉดสีจาก ดำไปหาสีขาวนั่นเอง ดังรูปที่ 2.3 ภาพระดับความเข้มเทา หากพิจารณาจุดภาพมุมบนซ้ายสุดของภาพที่ขยาย จะพบว่าค่าระดับความเข้มเทามีค่าเท่ากับ 100



รูปที่ 2.3 ระดับความเข้มเทา ที่มาของภาพต้นฉบับ : Digital Image Processing. 2nd ed. By R.C. Gonzales and R.E. Woods Prentice Hall, 2002, Page 61, Figure 2.22(b)).

- ภาพสี (Color Image)

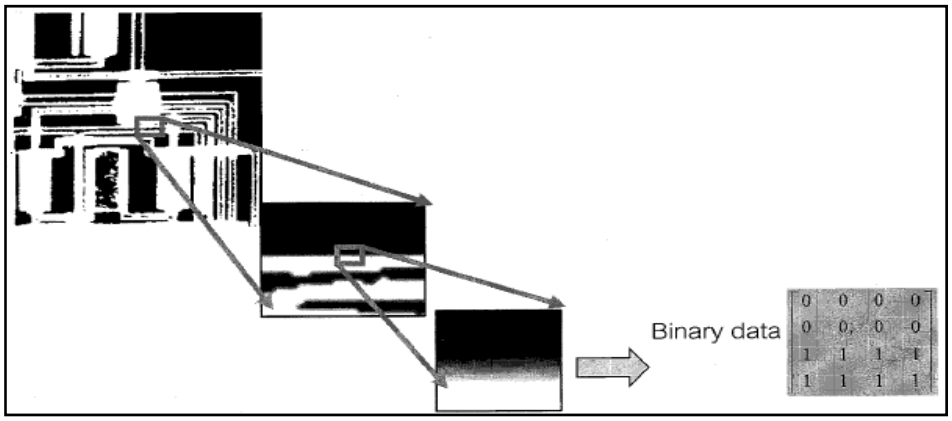
ภาพชนิดนี้แต่ละจุดภาพหรือพิกเซลของภาพจะเก็บค่าระดับความเข้มเทาของแต่ละแถบแสงของแม่สีหลัก 3 สีที่ซ้อนกันอยู่คือสีแดง (Red) สีเขียว (Green) สีน้ำเงิน(Blue) ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้น ๆ ก็จะแสดงผลของค่าสีของแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มเทาในแต่ละแถบแสง ผลของค่าสีของแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มในแต่ละแถบแสงสีนั้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.4 หากพิจารณาจุดภาพมุมบนซ้ายของภาพที่ขยาย จะพบว่าค่าระดับความเข้มของแถบแสงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงินมีค่าเท่ากับ 99, 65 และ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 2.4 ภาพสี ที่มาของภาพต้นฉบับ : Digital Image Processing. 2nd ed. By R.C. Gonzales and R.E Woods Prentice Hall, 2002, Page 329, Figure 6.38(a)).

- ภาพไบนารี (Binary Image)

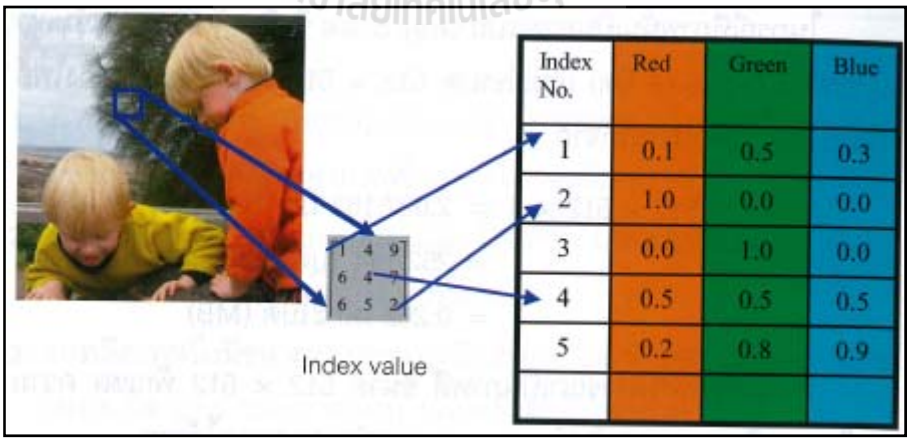
ภาพไบนารีจะแสดงลักษณะของข้อมูลภาพในรูปแบบขาวดำ กล่าวคือในแต่ละภาพจะถูกแสดงด้วยค่าแบบไบนารี (Binary) คือมี 1 บิต ซึ่งประกอบไปด้วยค่า 1 และ 0 โดยที่ 1 หมายถึงจุดภาพสีขาว และ 0 หมายถึงจุดภาพสีดำ ภาพประเภทนี้เหมาะสมกับภาพที่เกี่ยวกับตัวอักษร (Text) ภาพลายนิ้วมือ (Finger Print) ดังรูปที่2.5 เป็นตัวอย่างแสดงภาพแบบขาวดำ



รูปที่ 2.5 ภาพขาวดำ ที่มาของภาพต้นฉบับ : Image Processing Toolbox. Mathworks <http://www.mathworks.com>

- ภาพแบบดัชนี (Index Image)

ภาพประเภทนี้ในแต่ละพิกเซลของภาพจะเก็บค่าดัชนี(Index number) ซึ่งเป็นตัวเลขจำนวนเต็มซึ่งจะถูกนำค่าดัชนีดังกล่าวไปเทียบกับตารางสี (Color Table) ซึ่งตารางแสดงค่าแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งค่าดัชนีนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นว่าภาพในแต่ละตำแหน่งพิกเซลใด ๆ มีค่าอัตราส่วนของแม่แสง 3 สีในอัตราส่วนละเท่าไหร่ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 หากสมมติว่าจุดภาพที่เราพิจารณามีค่าดัชนีเท่ากับ 2 จากตารางสีทำให้เราทราบว่าจุดภาพที่เราพิจารณาอยู่นั้นเป็นสีแดงสดเนื่องจากจุดภาพไม่มีปริมาณของสีเขียวและสีน้ำเงินผสมอยู่เลย



รูปที่ 2.6 ภาพดัชนี ที่มาของภาพต้นฉบับ : Alasdair McAndrew.Introduction to Digital Image Processing Using MATLAB.Thomson Course Technology. 2004.

ขนาดของไฟล์ภาพ (Image file size)

ขนาดของไฟล์ภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก ๆ 2 ส่วนคือ ขนาดของภาพ (image size) และจำนวนบิตที่ใช้ในการแสดงค่าสีหรือระดับความเข้มของแสงในแต่ละพิกเซลของภาพ เมื่อกำหนดให้ M x N คือขนาดของสัญญาณและ L คือ บิตที่ใช้ควอนไทซ์ในแต่ละจุดภาพ ดังนั้นขนาดของไฟล์ภาพ (S) หรือจำนวนบิตทั้งหมดที่ต้องใช้สำหรับหน่วยความจำในการเก็บข้อมูลภาพมีค่าตามสมการ

$$S = M \text{ x N x L}$$

เมื่อ M คือ จำนวนพิกเซลในแต่ละแถว

N คือ จำนวนพิกเซลในแต่ละหลัก

L คือ บิตที่ใช้ควอนไทซ์ในแต่ละจุดภาพ

เมื่อเราพิจารณาภาพขาว-ดำ (Binary Image) ขนาด 512 x 512 พิกเซลขนาดของไฟล์ภาพจะสามารถคำนวณได้จาก

512 x 512 x 1 = 262,144 บิต (Bit)

= 32,768 ไบต์ (Byte)

ในกรณีที่ภาพนั้นเป็นภาพแบบ Gray Scale ซึ่งมีระดับค่าความเข้มเทา อยู่ระหว่าง 0-255 (บิต) และมีขนาด 512 x 512 พิกเซล ขนาดไฟล์ภาพจะสามารถคำนวณได้จาก

512 x 512 x 8 = 2,097,152 บิต (Bit)

= 262,144 ไบต์ (Byte)

หากพิจารณาภาพสี ขนาด 512 x 512 พิกเซล ความละเอียด 8 บิต ขนาดของไฟล์ภาพจะสามารถคำนวณขนาดได้จาก

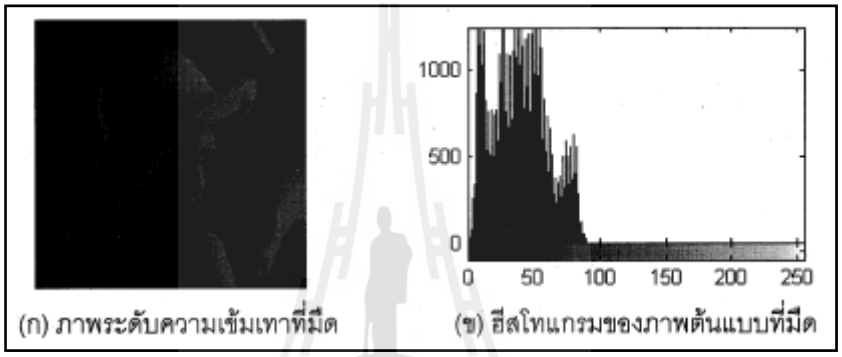
512 x 512 x 8 x 3 = 6,291,456 บิต (Bit)

= 786,432 ไบต์ (Byte)

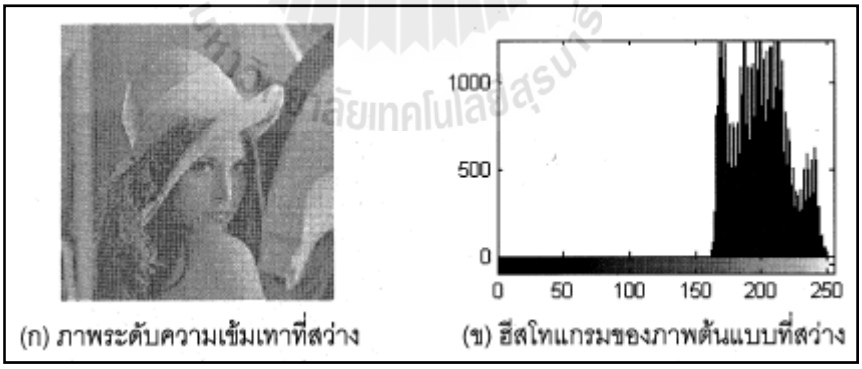
ฮีสโตแกรม (Image Histogram)

ฮีสโตแกรมคือกราฟเส้นที่แสดงจำนวนพิกเซลทั้งหมดของข้อมูลภาพตามค่าระดับความเข้มเทาที่ปรากฏหรือแสดงอยู่บนภาพดิจิตอลใด ๆ โดยค่าการกระจายของข้อมูลภาพจะเรียงจากค่าระดับความเข้มเทาตั้งแต่ระดับความเข้มเทาต่ำสุดไปจนถึงค่าระดับความเข้มเทา ระดับความเข้มเทาสูงสุด เมื่อเราพิจารณาถึงฮีสโตแกรมของภาพเราสามารถที่จะแยกแยะประเภทของภาพจากฮีสโตแกรมที่แสดงการกระจายของข้อมูลได้ ดังรูปที่ 2.7 จากภาพเราจะเห็นได้ว่าภาพระดับความ

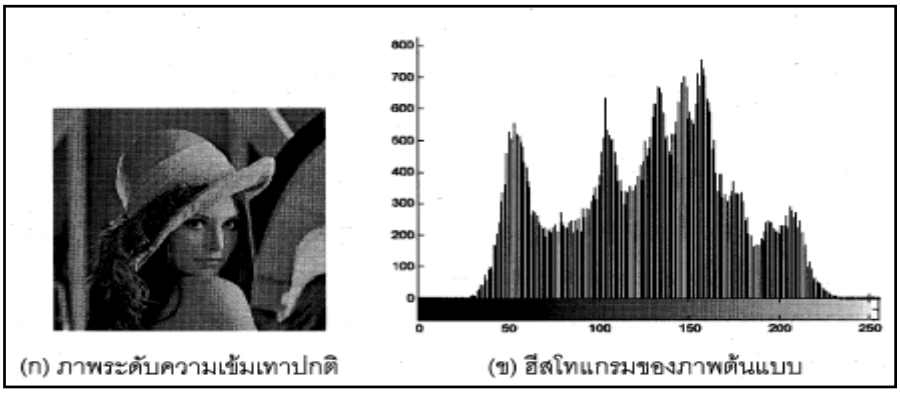
เข้มเทามีความมืด ดังนั้นฮีสโตแกรมของภาพจะรวมกันเป็นกลุ่มอยู่บริเวณที่มีค่าระดับความเข้มเทาในช่วงที่มีค่าต่ำ ดังรูปที่ 2.8 จากภาพจะเห็นได้ว่าภาพมีความสว่างมาก ดังนั้นฮีสโตแกรมของภาพจะรวมกันอยู่เป็นกลุ่มอยู่บริเวณที่ค่าระดับความเข้มเทาในช่วงบริเวณที่มีค่าสูง ซึ่งภาพทั้งสองมีค่าความสว่างของภาพต่ำและสูงเกินไป จึงทำให้ภาพดูไม่สมบูรณ์หรือความคมชัดไม่ดีเท่าที่ควร ตัวอย่างที่ รูปที่ 2.9 จะเห็นได้ว่าฮีสโตแกรมของภาพมีระยะการกระจายของค่าระดับความเข้มเทาต่ำสุดไปจนถึงค่าระดับความเข้มเทาสูงสุดมากกว่า รูปที่ 2.7 และ รูปที่ 2.8 จะเห็นได้ ว่า รูปที่ 2.9 ภาพจะสมบูรณ์และมีความชัดเจนกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ รูปที่2.7 และ รูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 ภาพระดับความเข้มเทาที่มืดและฮีสโตแกรมของภาพ



รูปที่ 2.8 ภาพระดับความเข้มเทาที่สว่างและฮีสโตแกรมของภาพ



รูปที่ 2.9 ภาพระดับความเข้มเทาที่ปกติและฮีสโตแกรมของภาพ ที่มาของภาพต้นฉบับ : http://www.Imageprocessingplace.com/root_files_V3/image_databases.htm

ความสว่างของภาพ (Image Brightness)

คือค่าเฉลี่ยของค่าระดับความเข้มเทาในแต่ละพิกเซลของภาพทั้งหมด ซึ่งเราสมมติให้ภาพมีขนาด M x N และ f(x,y) คือค่าระดับความเข้มเทาของแต่ละพิกเซลใด ๆ ที่พิจารณาเราจะสามารถคำนวณค่าของความสว่างของภาพได้จากสมการ (2.1) ดังรูปที่2.10 แสดงตัวอย่าง ขอภาพระดับความเข้มเทาที่มีค่าสว่างแตกต่างกันจะเห็นได้ว่า ดังรูปที่2.10 (ก) มีค่าความสว่างมากกว่า ดังรูปที่2.10 (ข)

$$B = Brightness = \frac{1}{MN} \tag{2.1}$$

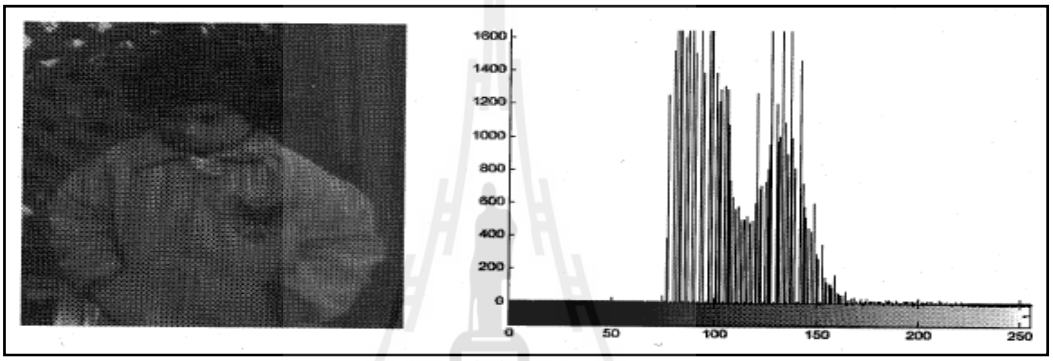
(ก) ค่าความสว่างของภาพเท่ากับ 227 (ข) ค่าความสว่างของภาพเท่ากับ 27

รูปที่ 2.10 เปรียบเทียบภาพที่สว่างของภาพที่สว่างและมืด ที่มาของภาพต้นฉบับ : Digital Image Processing. 2nd ed. By R.C. Gonzales and R.E. Woods Prentice Hall, 2002

คอนทราสต์ของภาพ (Image Contrast)

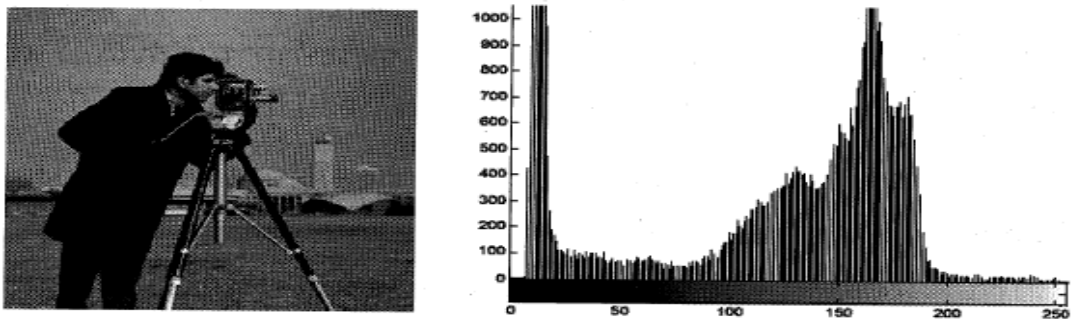
คอนทราสต์ของภาพเป็นรากที่สองของค่าเฉลี่ยของความเปรียบต่างระหว่างค่าระดับความเข้มเทาของแต่ละจุดภาพหรือพิกเซลกับค่าความสว่างของภาพซึ่งเราสามารถคำนวณหาค่าคอนทราสต์ของภาพจากสมการที่ (2.2) เมื่อพิจารณาสมการที่ (2.2) จะเห็นได้ว่าค่าคอนทราสต์ของภาพก็คือการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของภาพดิจิตอล

$$C = Contrast = Sqrt(\frac{1}{MN}) \tag{2.2}$$



(ก) ค่าคอนทราสต์ของภาพเท่ากับ 23 (ข) ฮีสโตแกรมที่มีค่าความคมชัดน้อย

รูปที่ 2.11 ภาพคอนทราสต์ของภาพที่มีค่าคอนทราสต์น้อย ที่มาของภาพต้นฉบับ : Image Processing Toolbox. Mathworks<http://www.mathworks.com



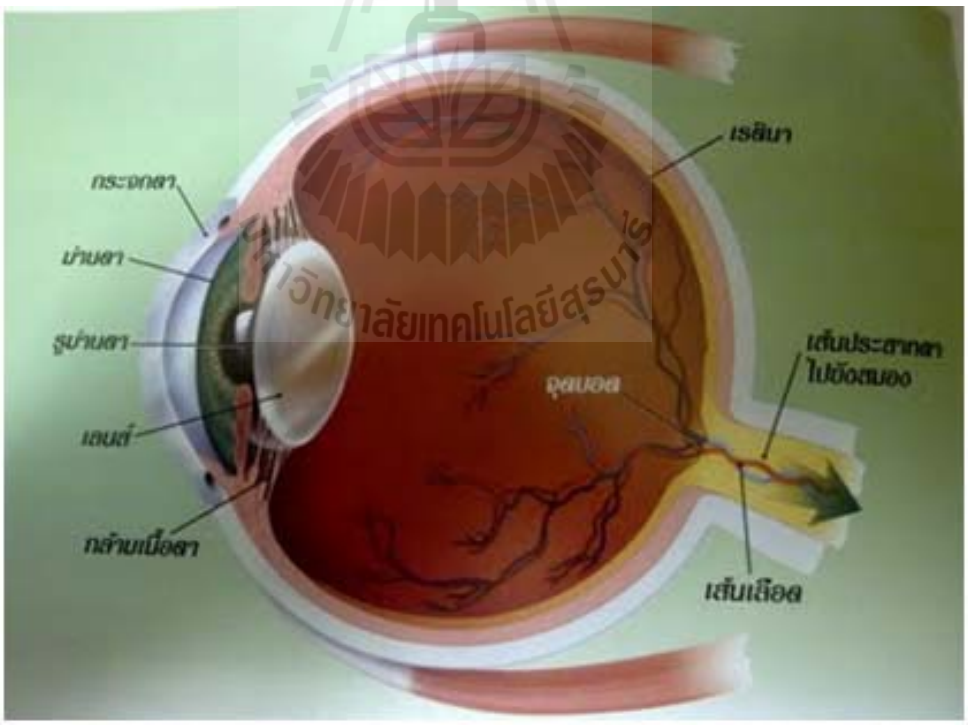
(ก) ค่าคอนทราสต์ของภาพเท่ากับ62 (ข) ฮีสโตแกรมที่มีค่าคอนทราสต์เหมาะสม

รูปที่ 2.12 ภาพคอนทราสต์ของภาพที่มีค่าคอนทราสต์ที่เหมาะสมที่มาของภาพต้นฉบับ : Digital Image Processing. 2nd ed. By R.C. Gonzales and R.E. Woods Prentice Hall, 2002, Page 61, Figure 2.22(b)).

รูปตัวอย่างที่2.11 และรูปที่2.12 แสดงตัวอย่างของภาพระดับความเข้มเทาที่มีค่าคอนทราสต์ (Constrast) ของภาพแตกต่างกัน จะเห็นได้ว่ารูปที่ 2.12 นั้นภาพมีค่าคอนทราสต์ที่เหมาะสม กล่าวคือภาพจะมีความสว่างที่เหมาะสม(ภาพจะไม่มีความมืดหรือสว่างเกินไป ซึ่งเราจะเห็นได้จาก ฮีสโตแกรม) ของข้อมูลภาพจะมีการกระจายครอบคลุมทุกข้อมูลของระดับความเข้มเทา (Gray scale) ส่วนในรูปที่2.11 ภาพต้นฉบับมีความชัดน้อย หรืออาจจะกล่าวได้ว่าภาพมีค่าคอนทราสต์ไม่เหมาะสม (มีค่าคอนทราสต์ต่ำ) เนื่องจากมีค่าระยะการกระจายของระดับความเข้มเทาต่ำสุดไปจนถึงระดับความเข้มเทาสูงสุดแคบจากฮีสโตแกรมของข้อมูลภาพ จะเห็นได้ว่าฮีสโตแกรมของข้อมูลภาพมีการจับกลุ่มรวมกันเฉพาะบริเวณช่วงกลางของค่าระดับความเข้มเทา

- หลักการมองเห็นของมนุษย์

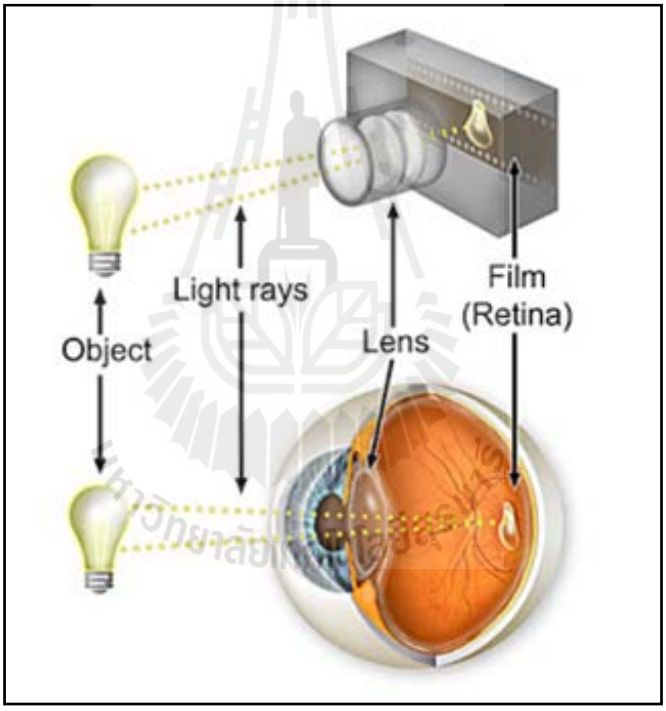
การมองเห็นวัตถุของมนุษย์จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีแสงตกกระทบสิ่งต่าง ๆ แล้วเกิดการสะท้อนเข้าสู่ตาเราและผ่านเข้ามาในลูกตาไปทำให้เกิดภาพบนจอ (Retina) ที่อยู่ด้านหลังของลูกตา ข้อมูลของวัตถุที่มองเห็นจะส่งไปสู่สมองตามเส้นประสาท (optic nerve) สมองจะแปลข้อมูลเป็นภาพของวัตถุนั้น ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ภาพส่วนประกอบของตา ที่มาของภาพต้นฉบับ : http://kruphysics-satri5.blogspot.com/p/blog-page_760.html

หลักการมองเห็นของกล้อง

ตาของมนุษย์และกล้องมีส่วนประกอบที่ทำหน้าที่คล้ายกันมาก ตาประกอบด้วยเลนส์ตา เป็นเลนส์รับแสงเรตินาทำหน้าที่คล้ายฟิล์มถ่ายรูปถัดจากเรตินาเป็นใยประสาทซึ่งติดต่อกับประสาทตาผ่านไปยังสมอง เวลามีแสงจากวัตถุตกบนเลนส์ตาจะเกิดภาพชัดที่เรตินา ตาจะเห็นวัตถุในลักษณะเดียวกับภาพของวัตถุที่ตกบนฟิล์มถ่ายรูป นอกจากนี้ตายังมีม่านตาเพื่อทำหน้าที่ปรับความเข้มของแสงบนเรตินาให้เหมาะโดยเปลี่ยนขนาดของพิวพิล ม่านตาจึงทำหน้าคล้ายไดอะแฟรมของกล้องถ่ายรูป นอกจากนี้ตายังมีกล้ามเนื้อยึดเลนส์ตาทำหน้าที่บังคับเลนส์ตาให้นูนมากหรือน้อย เพื่อให้เกิดภาพชัดบนเรตินา ส่วนนี้แตกต่างจากกล้องเพราะกล้องใช้วิธีเลื่อนตำแหน่งเลนส์เพื่อให้เกิดภาพชัดบนตัวรับภาพ ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ภาพส่วนประกอบของตาเทียบกับกล้องที่มาของภาพต้นฉบับ :
http://kruphysics-satri5.blogspot.com/p/blog-page_760.html

ชนิดของ เลนส์ CCTV

โดยทั่วไปเลนส์แบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ

1. Board Lens : เป็นเลนส์ที่มีหน้ากว้าง ตัวเลนส์ลึก โดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 2.1 mm จนถึง 50 mm. ดังรูปที่ 2.15

รูปที่ 2.15 Board Lens ที่มาของภาพต้นฉบับ : www.telca.co.th/T%20pages/Intro%20CCTV/lens.pdf

2. Fix Lens : เป็นเลนส์ที่สามารถปรับความคมชัด(Focus) ได้อย่างเดียว มีขนาดที่แน่นอนไม่สามารถปรับซูมเข้าซูมออกได้ มีขนาดได้ ตั้งแต่ 2.1 mm จนถึง 16 mm. ดังรูปที่ 2.16

รูปที่ 2.16 Fix Lens ที่มาของภาพต้นฉบับ : www.telca.co.th/T%20pages/Intro%20CCTV/lens.pdf

3. Manual Iris lens : เป็นเลนส์ที่สามารถปรับรูม่านแสงได้สามารถปรับความคมชัดได้ ดังรูปที่ 2.17

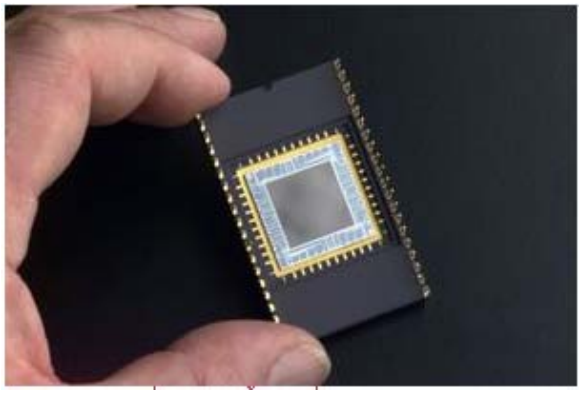
รูปที่ 2.17 Manual Iris lensที่มาของภาพต้นฉบับ : www.telca.co.th/T%20pages/Intro%20CCTV/lens.pdf

4. Auto Iris lens : เป็นเลนส์ที่สามารถปรับได้ทั้งความคมชัด และในส่วนของการปรับแสงเป็นการปรับอัตโนมัติโดยทำงานร่วมกับคอนโทรลเลอร์ภายในกล้องซึ่งจะปรับรูม่านแสงในสภาวะสถานที่นั้น ๆ ดังรูปที่ 2.18

รูปที่ 2.18 Auto Iris lens ที่มาของภาพต้นฉบับ : www.telca.co.th/T%20pages/Intro%20CCTV/lens.pdf

ชนิดของกล้อง CCD

กล้อง CCD หมายถึงกล้องที่ใช้ Sensor ชนิด CCD เป็นตัวรับแสงหรือรับภาพนั่นเอง CCD ย่อมาจาก Charge Coupled Device เป็น Sensor ที่ทำงานโดยส่วนที่เป็น Sensor แต่ละพิกเซลจะทำหน้าที่รับแสงและเปลี่ยนค่าแสงเป็นสัญญาณอะนาล็อกส่งเข้าสู่วงจรเปลี่ยนค่าอเนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลอีกทีหนึ่ง ซึ่งผลิตขึ้นเพื่อจุดประสงค์ให้เป็นอุปกรณ์รับแสงในรูปแบบต่าง ๆ โดยจะประกอบด้วย IC ที่เรียงแถวเชื่อมต่อหรือจับคู่กันเป็นจำนวนมากและเป็นตัวเก็บประจุที่ไวต่อแสง ในกระบวนการผลิตCCD นั้นจะใช้กรรมวิธีพิเศษในการสร้างความสามารถในการส่งผ่านประจุโดยตรงไปยัง Chip โดยไม่มีปัญหาในการตัดทอนสัญญาณซึ่งด้วยวิธีการนี้จึงต้องอาศัยขบวนการผลิตที่มีคุณภาพสูงมากเป็นพิเศษเพื่อให้ได้ตัว Sensor ที่มีคุณภาพและมีความไวต่อแสงอย่างยิ่งยวด ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 รูปของ CCD chip ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้กับกล้องถ่ายภาพ
ที่มาของภาพต้นฉบับ : http://www.biomed.in.th/page/14/

การจัดสภาพแวดล้อม (Scene constraint)

วัตถุประสงค์ของการจัดสภาพแวดล้อมคือ เพื่อลดความซับซ้อนในการประมวลผลให้มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการที่ความสามารถการมองเห็นและรับรู้ของอุปกรณ์ประมวลผลในปัจจุบันมีอยู่อย่างจำกัดและไม่เทียบเท่ากับความสามารถของการมองเห็นของมนุษย์ จึงต้องมีการลดความยุ่งยากของการประมวลผลเพื่อให้อุปกรณ์ประมวลผลใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับงานที่ไม่ซับซ้อนและเท่าที่จำเป็นเท่านั้นซึ่งสามารถทำได้หลาย ๆ วิธีร่วมกันยกตัวอย่างเช่น

1. การจัดการกับชิ้นงาน ในสภาพแวดล้อมจริงในโรงงานอุตสาหกรรม ชิ้นงานแต่ละชิ้นที่จะถูกป้อนให้กับระบบตรวจสอบจะต้องถูกจัดวางในทิศทางเดียวกันซึ่งหากไม่มีการจัดการเกี่ยวกับการวางตัวของชิ้นงานเหล่านั้นแล้ว อุปกรณ์ประมวลผลจะต้องหาทิศทางของชิ้นงานแต่ละชิ้นงานเอง ก่อนจะเริ่มทำการตรวจสอบชิ้นงานจริง ๆ ทำให้เสียเวลาในการประมวลผลไป

2. ระยะระหว่างกล้องหรือเลนส์ถึงวัตถุและทิศทางของกล้อง ตัวแปรเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดขนาดของชิ้นงานที่ระบบตรวจสอบและระยะต่าง ๆ จะถูกกำหนดตายตัวมิฉะนั้นแล้วจะส่งผลต่อการตรวจสอบทำให้ภาพที่ได้ผิดเพี้ยนไปได้

3. การจัดการเรื่องแสง ซึ่งแสงจัดเป็นองค์ประกอบสำคัญมาก เนื่องจากการมองเห็นภาพของระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์เกิดจากการที่มีแสงมาตกกระทบวัตถุแล้วสะท้อนผ่านเลนส์มาเข้าเซนเซอร์รับภาพของกล้อง ซึ่งการจัดการเกี่ยวกับแสงนั้นจำเป็นต้องพิจารณาทั้งเรื่องการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสง การกระเจิงของแสง และคุณสมบัติอื่น ๆ เช่นลักษณะทางกายภาพของวัตถุที่จะตรวจสอบ หรือแม้กระทั่งคุณสมบัติการสะท้อแสงของวัตถุตรวจสอบ สำหรับการตรวจสอบชิ้นงานโดยทั่วไปแล้วจะทำการติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงไว้ที่ด้านเดียวกับตัวกล้องแล้วส่องไปที่วัตถุที่ต้องการตรวจจับ ซึ่งเรียกว่า Front Lighting ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้

การปรับแต่งภาพดิจิตอล

ในงานวิจัยนี้ได้ให้การปรับค่าคอนทราสต์เพื่อปรับให้ภาพที่นำเข้ามาประมวลผลมีความคมชัดขึ้น ค่าคอนทราสต์นั้นคือระดับความแตกต่างระหว่างส่วนที่สว่างกับส่วนที่มืดของตัวภาพการเพิ่มค่าคอนทราสต์นั้นจะส่งผลให้ความแตกต่างดังกล่าวข้างต้นนั้น ชัดเจนยิ่งขึ้นซึ่งทำให้ภาพนั้นมีความคมชัดมากขึ้นด้วย ส่วนการลดค่าคอนทราสต์นั้นก็คือการลดค่าความแตกต่างระหว่างส่วนสว่างและส่วนที่มืด และเป็นการปรับความคมชัดของภาพให้ภาพซอฟท์ลงการเพิ่มค่าคอนทราสต์นั้นจะให้ผลในเรื่องของการเพิ่มความเป็นสามมิติ ให้กับตัวภาพ อย่างไรก็ดี หากทำการปรับค่าเพิ่มหรือลดคอนทราสต์มากเกินไป อาจส่งผลให้รายละเอียดในส่วนของแสงเงานั้นสูญหายไปได้ ดังรูปที่ 2.20

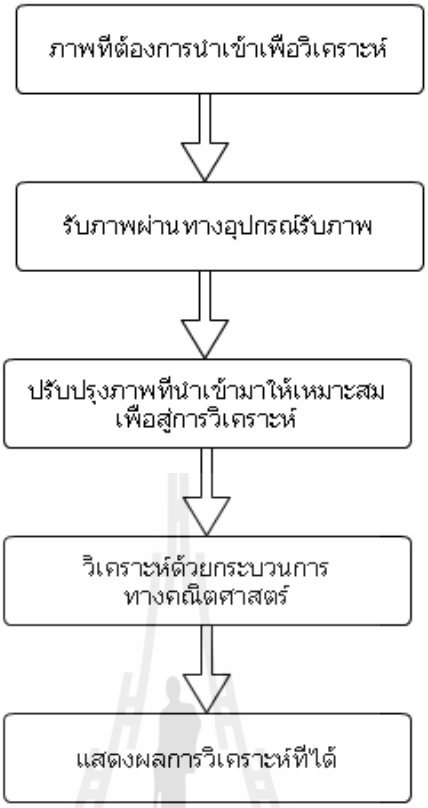
ก)ภาพต้นฉบับ ข)ภาพการลดค่าคอนทราสต์ ค)ภาพการเพิ่มค่าคอนทราสต์

รูปที่ 2.20 ผลของการปรับค่าคอนทราสต์ ที่มาของภาพต้นฉบับ : http://support-th.canon-asia.com/contents/TH/TH/8100062800.html

การประมวลผลภาพดิจิตอล

- การดึงข้อมูลภาพภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์

กระบวนการประมวลผลภาพคือ การนำภาพดิจิตอลมาทำกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยการใช้ระเบียบวิธีต่าง ๆ เข้าไปและได้ผลลัพธ์นั้น ๆ ออกมาแสดงซึ่งแสดงแผนผังการประมวลผลภาพดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แผนภาพการประมวลผลภาพดิจิตอล

การทำกระบวนการประมวลผลภาพเริ่มจากการรับภาพวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์เข้ามาสู่คอมพิวเตอร์ผ่านทางอุปกรณ์รับภาพซึ่งในงานวิจัยนี้ก็คือกล้องรับภาพ จากนั้นก็ต้องปรับคุณภาพของภาพอาจจะเป็นการปรับความคมชัดของภาพ ความสว่างเพื่อให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ก่อนแล้วเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ภาพซึ่งการวิเคราะห์ก็ใช้สมการทางคณิตศาตร์นั่นเอง ซึ่งในงานวิจัยนี้งานวิจัยนี้สนใจคือแสงสะท้อนที่กระทบกับวัตถุแล้วหักแสงเข้ากล้อง ภาพดั้งเดิมของวัตถุที่นำเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์นั้น หากเป็นภาพที่มืดดำสนิทไม่มีแสงสีขาววัตถุนั้นจะเป็นวัตถุที่ไม่มีรอยตำหนิหรือฝุ่นหรือคราบเปื้อนใด ๆ ที่บนวัตถุก็แสดงว่าวัตถุนั้นเป็นชิ้นงานที่ดีพร้อมนำกลับไปใช้งาน แต่หากว่าภาพที่นำนั้น ๆ พบว่ามีการสะท้อนของแสงเข้ากล้องเป็นจุดสีขาวหรือร่องรอยต่าง ๆ บนภาพที่นำมาวิเคราะห์นั้น ๆ แสดงว่ามีรอยหรือฝุ่นหรือคราบฝุ่นที่เกิดขึ้นบนภาพนั้น ๆ ก็แสดงว่า วัตถุชิ้นนั้นไม่ดีไม่เหมาะกับการนำกลับมาใช้ใหม่นั่นเอง

- โปรแกรม Labview

โปรแกรม Laview ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench เป็นโปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม

จุดประสงค์หลักเพื่อการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัดอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งในตัวโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นที่ช้วยในการวัดมากมายและโปรแกรมนี้มีประโยชน์อย่างมากเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือทางวิศวกรรมต่าง ๆ ตัวโปรแกรม Labview เป็นโปรแกรมประเภท GUI(Graphical User Interface) คือผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเขียน code หรือ ชุดคำสั่งใด ๆ ทั้งสิ้นและที่สำคัญลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้เรียกว่าภาษารูปภาพซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด โปรแกรม Labview มีความสะดวกและสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมให้กับผู้ใช้งานด้วย

- ขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิตอลเบื้องต้น

การประมวลผลภาพมีด้วยกันหลากหลายกระบวนการด้วยกัน ซึ่งกระบวนการเหล่านั้นเป็นองค์ความรู้ที่สามารถค้นคว้าได้จากวิชา การประมวลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) ซึ่งจะพบว่าในสาขาวิชานี้ให้ความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลภาพมากมายเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับงานตรวจชิ้นงานด้วยภาพ เช่น

-การลดทอนสัญญาณรบกวนที่ปรากฏขึ้นในภาพ

-การตรวจจับขอบของวัตถุที่อยู่ในภาพ

-การแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของภาพเช่น การหมุน การเลื่อน หรือการย่อและการขยายภาพ

-การแปลงสี (Color space conversion)

-การวิเคาระห์ภาพในเชิงความถี่

-การบีบอัดข้อมูลภาพ

-อื่น ๆ อีกมากมาย

ซึ่งจะพบว่า ระเบียบวิธี(algorithm) ของวิธีประมวลภาพบางอย่างก็ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับงานบางอย่างเนื่องจากในงานอุตสาหกรรมต้องการการทำงานที่รวดเร็วที่สุดมีความถูกต้องที่สุด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเลือกใช้ระเบียบวิธีที่ง่ายและใช้เวลาในการประมวลผลหรือทำงานน้อยที่สุด ซึ่งเงื่อนไขเหล่านี้จะสามารถเกิดขึ้นได้จริงได้ก็ด้วยการจัดสภาพแวดล้อมในการจับภาพที่ดี นอกจากนั้นแล้วความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ซึ่งผู้ปฏิบัติงานมีอยู่แล้วก็ควรนำมาใช้เพื่อช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้เร็วที่สุดยกตัวอย่างเช่น การระบุบริเวณที่ต้องการตรวจสอบ (Region Of Interest , ROI)การระบุเฉพาะบริเวณที่สนใจรวมทั้งรูปแบบการวัดหรือการตรวจสอบที่ใช้เฉพาะกับบริเวณนั้น ๆ จะทำให้โปรแกรมสามารถตัดการคำนวณของบริเวณที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป ทำให้โปรแกรมสามารถทำงานได้เร็วขึ้น

- การดึงข้อมูลภาพดิจิตอล

กระบวนการดึงข้อมูลภาพคือกระบวนการที่เริ่มตั้งแต่การถ่ายภาพโดยกล้องจนถึงการดึงภาพที่อยู่ในกล้องไปสู่คอมพิวเตอร์ เพื่อประมวลผลของภาพที่ดึงเข้าไป และตัดสินใจจากผลที่ได้จากระเบียบวิธีที่ผู้ใช้ได้กำหนดเงื่อนไขไว้ในโปรมแกรมนั้น ๆ

กระบวนการการดึงข้อมูลภาพมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้ คือ

1. ประเภทของกล้องที่ใช้ในงานตรวจสอบในเชิงอุตสาหกรรม กล้องที่ใช้เป็นกล้องที่ใช้ sensor ประเภท CCD ซึ่งกล้องสำหรับงานตรวจสอบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กล้องประเภท Line Scan และ Area Scan โดยทั่วไปงานตรวจสอบจะใช้กล้องแบบ Area scan ถึงแม้ความละเอียดของภาพจะน้อยกว่า Line scan แต่เป็นกล้องที่ใช้งานได้สะดวกง่ายดายกว่า Line scan จึงไม่ต้องออกแบบให้มีการเคลื่อนที่ให้สัมพัทธ์ระหว่างตัวกล้องกับชิ้นงาน จึงทำให้กล้องชนิด Area scan เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง

2. ภาพที่อุปกรณ์ประมวลผลมองเห็น ภาพที่อุปกรณ์ประมวลผลมองเห็นมีลักษณะเป็นอาร์เรย์ 2 มิติ โดยที่ค่าแต่ละช่องของอาร์เรย์จะแทนความเข้มแสงหรือความเข้มสีที่ตกกระทบเซลล์รับภาพที่ตำแหน่งนั้น ซึ่งค่าความเข้มแสงดังกล่าวจะเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่องและโดยทั่วไปมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 เท่านั้น ดังสมการที่ 2.3 ซึ่งเป็นตัวอย่างภาพที่มีจำนวนแถวหรือความสูงของภาพเท่ากับ m แถว และมีจำนวนหลักหรือความกว้างของภาพเท่ากับ n แถว

$$Image = \begin{bmatrix} I_{(1,1)} & I_{(1,2)} & . & . & I_{(1,n)} \\ I_{(2,1)} & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ I_{(m,1)} & I_{(m,2)} & . & . & I_{(m,n)} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

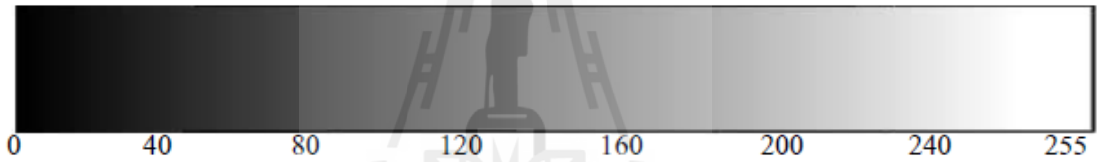
เมื่อ I (m,n) คือ ค่าความเข้มแสง แถว m และหลัก n ของเซ็นเซอร์รับภาพซึ่งเป็นค่าที่ไม่แน่นอน ในทางปฏิบัตินั้นหากเป็นพิจารณาจากแง่ของโปรแกรม การส่งข้อมูลภาพจากกล้องมาสู่คอมพิวเตอร์จะไม่ได้อยู่ในรูปของอาร์เรย์ 2 มิติแต่จะอยู่ในรูป Byte stream ที่เป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง โดยทั่วไปแล้วข้อมูลแรกจะเป็นค่าความเข้มแสงของเซลล์รับภาพที่อยู่มุมล่างขวาของเซ็นเซอร์รับภาพในกรณีที่เป็นกล้องถ่ายภาพแบบ Gray Scale

- การแยกบริเวณ (Segmentation)

กระบวนการนี้เป็นการแยกบริเวณของภาพที่มีลักษณะรวมกันออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งมุ่งเน้นว่าจะใช้วิธีใดหรือเงื่อนไขในการแยกวัตถุที่สนใจออกจากฉากหลัง หรือนัยหนึ่ง ก็คือจะใช้เงื่อนไขใดในการพิจารณาว่าพิกเซลที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นจัดเป็นของวัตถุ (Object) ใดที่อยู่ใน

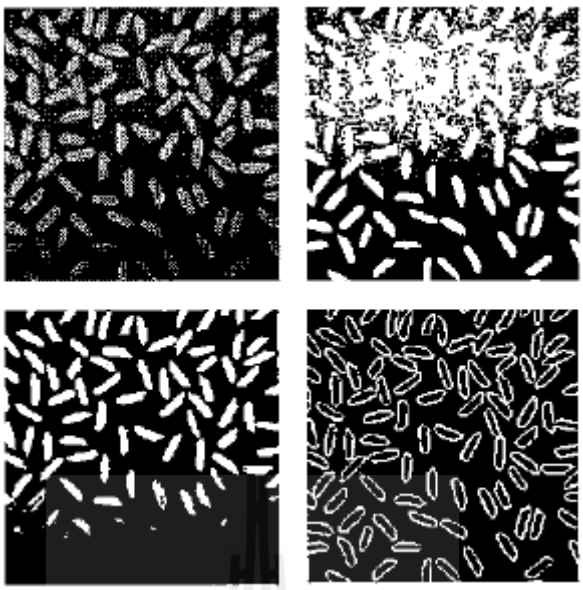
ภาพหรือบริเวณใดที่จัดเป็นฉากหลัง(backgrond) นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงการเก็บข้อมูลของวัตถุที่แยกออกมาให้ในรูปแบบใดจึงจะเหมาะสมสำหรับกระบวนการแยกภาพมีอยู่ 2 วิธี คือ

1. การแยกบริเวณโดยการใช้ค่า Threshold ค่า Threshold เป็นค่าที่เป็นจำนวนเต็มที่มี ค่าระหว่าง 0 ถึง 255 เช่นเดียวกับค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่อยู่ใน ภาพGray Scale สำหรับการแยกบริเวณโดยการใช้ค่า Threshold นั้นจะเป็นการแปลงภาพ Gray Scale ให้เปลี่ยนเป็นภาพที่มีเพียงสองระดับ (binary image) โดยการใช้เงื่อนไขว่าถ้าค่าความเข้มแสงพิกเซลตำแหน่งใดที่มีต่ำกว่าหรือเท่ากับค่า Thresholdให้ค่าพิกเซลในตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 0 หรือเปลี่ยนเป็นด้านมืดไป และถ้าพิกเซลใดที่มีค่าสูงกว่า Threshold แล้วให้พิกเซลนั้นมีค่าเป็นค่า 255 หรือเปลี่ยนเป็นค่าสว่างไป ซึ่งการแยกบริเวณด้วย Threshold นี้ยังสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 วิธีด้วยกันได้แก่ใช้ Threshold ค่าเดียวกันทั้งภาพ เรียกว่า Global threshold และการแบ่งภาพออกเป็นภาพย่อยที่มีขนาดเล็ก ๆ ซึ่งแต่ละภาพย่อยก็มีค่า Threshold เป็นของตัวเองหรือเรียกว่า Local Threshold ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ความเข้มแสงเทียบกับค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพ

2. การแยกบริเวณโดยการใช้ขอบของวัตถุ (Edge based segmentation) สำหรับแบ่งบริเวณวิธีนี้จะต้องคำนวณหาขอบของวัตถุเสียก่อน ซึ่งขอบในความหมายของการประมวลภาพดิจิตอลคือ พิกเซลที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเกินค่าที่กำหนด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถตรวจจับได้โดยการใช้ตัวตรวจจับขอบ (Egde detector) ที่มีอยู่หลายชนิด ดังรูปที่ 2.23



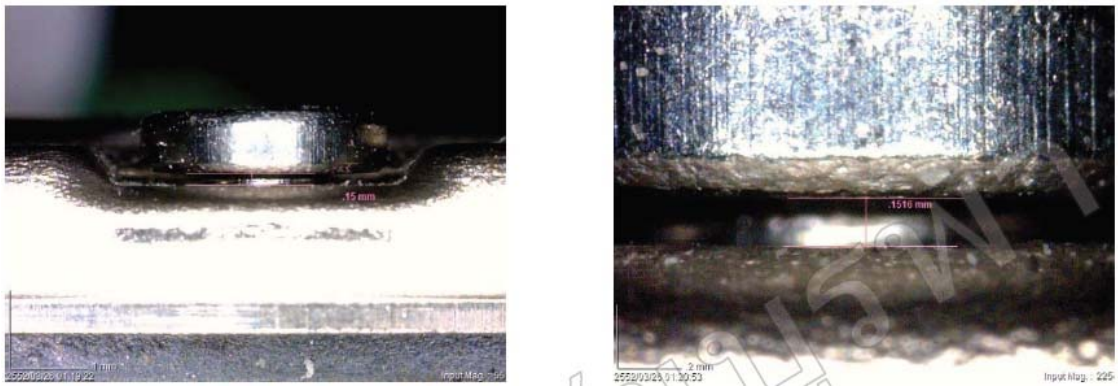
รูปที่ 2.23 การแยกบริเวณทั้งสองวิธี (a) รูป Gray Scale ดั้งเดิม (b) รูป Binary image โดยการใช้ค่า Threshold เท่ากับ 100 (c) รูป Binary image โดยการใช้ค่า Threshold เท่ากับ 153 (d) รูป Binary image ที่เกิดจากการใช้ตัวตรวจจับขอบแบบ Sobel และใช้ค่า Threshold เท่ากับ 153ที่มาของภาพต้นฉบับ : Image Processing Toolbox, Mathwork <http://mathwork.com>

จะสังเกตเห็นว่า การใช้ค่า Threshold ค่าเดียวกันทั้งภาพ (Global Thresholding) เพื่อแยกเม็ดข้าวออกจากฉากหลังนั้น จะพบว่าไม่ว่าเลือกใช้ค่า Threshold เท่าใดเม็ดข้างบางเม็ดก็ยังหายไปจาก binary image ทั้งนี้เนื่องจากแสงในภาพ Gray scale นั้นมีการกระจายไม่สม่ำเสมอ ทำให้ความสว่างของแต่ละบริเวณภายในภาพไม่เท่ากันและในทางกลับกัน การแยกขอบของเม็ดข้าวโดยการใช้ตัวตรวจจับแบบ Sobel นั้นเราจะได้ของของเม็ดครบทุกเม็ดแม้ว่าการใช้ค่า Threshold ค่าเดียวกันทั้งภาพ (Global Thresholding) เพื่อแบ่งวัตถุในภาพออกเป็นส่วน ๆ นั้นจะให้ผลที่ไม่ดีเท่ากับวิธีการแบ่งวัตถุในภาพด้วยการตรวจจับขอบแต่อย่างไรก็ตามจะพบว่าวิธีนี้จะเหมาะสมกับการนำไปใช้เพื่อการตรวจสอบผลิตภัณฑ์มากกว่า เนื่องจากได้ตัดขั้นตอนการตรวจจับขอบ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องเสียเวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก และผลที่ได้จากวิธีการใช้ค่า Thresholdนั้นสามารถนำไปคำนวณหาคุณสมบัติพื้นฐาน เช่น พื้นที่ หรือจุดศูนย์กลางของบริเวณได้อย่างสะดวกมากกว่าด้วย นอกจากนั้น เราสามารถจัดแสงให้มีความสม่ำเสมอมากกว่านี้ เพื่อขจัดปัญหาที่เกิดขึ้นกับการใช้วิธี Global thresholding ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามการตรวจขอบก็เป็นวิธีการที่ต้องเรียนรู้ควบคู่ไปด้วยเช่นกันเนื่องจากสามารถนำไปใช้ได้ในสภาพแบบเปิดที่มีความแตกต่างระหว่าง

วัตถุและฉากหลังไม่สม่ำเสมอ เช่น ระบบการมองเห็นของหุ่นยนต์เตะบอลหรือหุ่นยนต์กู้ภัยได้ผลที่ได้จากกระบวนการแยกบริเวณของภาพที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งทำให้เกิดการแยกบริเวณที่เป็นวัตถุออกจากบริเวณที่เป็นฉากหลัง(Background) ด้วยซึ่งผลที่ได้จริง ๆ ทางกายภาพคือ ภาพที่มีความเข้มเพียง 2 ระดับ (binary image) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานแต่ละอย่างว่าส่วนที่จัดเป็นวัตถุนั้นจะเป็นสีขาวหรือสีดำและขั้นตอนต่อไปนั้นเราจะทำการพิจารณาว่าพิกเซลใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อ (connect) กัน เพื่อที่จะจัดให้พิกเซลเหล่านั้นให้อยู่ในบริเวณเดียวกันหรือวัตถุเดียวกัน กระบวนการย่อยนี้เรียกว่า Connected components labeling การแยกบริเวณออกเป็นส่วน ๆ นั้นจะสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยหลักด้วยกันคือการเลือกแหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่นแสงใกล้เคียงกับความไว (Sensitivity) หรือ ความสามารถในการตอบสนองต่อแสงที่ความยาวคลื่นของตัวกล้องอีกทั้งความเข้มแสงจะต้องไม่มากหรือน้อยจนเกินไปและต้องไม่ทำให้เกิดเงามืดของวัตถุขึ้นในภาพ นอกจากนั้นอีกปัจจัยหนึ่งที่สุดคือการจัดฉากหลัง (Background) ให้มีความเข้มแสงต่างกันมาก ๆ กับตัววัตถุที่พิจารณา เพื่อให้สามารถแยกส่วนที่เป็นวัตถุและส่วนที่เป็นฉากหลังออกจากกันโดยวิธี Global Thresholding ได้อย่างชัดเจน

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

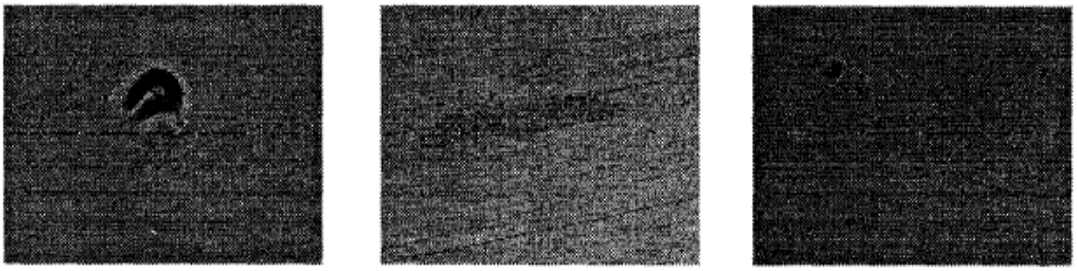
Kanitta, Wantanee Rattiyakorn and Kuhlmann (2008) จากผลงานการวิจัยเรื่อง TOP COVER SCREW FLOATING CHECK AT FINAL INSPECTION เป็นระบบตรวจสอบความบกพร่องของชิ้นงานแบบอัตโนมัติโดยวิธีประมวลผลภาพ จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและทดลองการตรวจสอบสกรูที่ฝาปิดด้านบนของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งจากการทดลองนี้จะช่วยลดปัญหาความผิดพลาด ที่อาจเกิดขึ้นได้จาก การตรวจสอบ ด้วยสายตาของมนุษย์ โดยอาศัยการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้กับโครงงาน โดยนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาตรวจสอบและเปรียบเทียบเพื่อหาข้อแตกต่างระหว่างภาพของวัตถุกับภาพต้นแบบระบบตรวจสอบความบกพร่องของชิ้นงานแบบอัตโนมัติโดยวิธีประมวลผลภาพประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ส่วนที่หนึ่งคือการออกแบบกระบวนการการทำงานในส่วนการติดต่อกับ ส่วนที่สองคือการทดลองในส่วนการประมวลผลและตรวจสอบระยะการลอยของสกรูบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ พร้อมแสดงผลลัพธ์ และส่วนที่สามคือ กระบวนการทำงานในส่วนของการติดต่อกับฐานข้อมูลจากผลการทดลองที่ได้ โปรแกรมสามารถตรวจสอบการลอยของสกรูบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ พร้อมแสดงผลลัพธ์ และยังสามารถติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อทำการเก็บค่าของผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบ ที่การลอยของหัวสกรูที่ระยะ 0.05 มม, 0.10 มม และ 0.15 มม ในการหาระยะโดยใช้ การเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากโปรแกรมกับค่าพิกัดฉาก สามารถทำได้ โดย หาขนาดของความกว้างและความยาวของภาพ เทียบกับจำนวนจุดพิกเซลบนภาพ ซึ่ งได้ ทำ การวัดที่อัตราขยายต่าง โดยใช้โปรแกรม DinoCapture ในการเก็บภาพและวัดระยะ ดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 เส้นบอกระดับความสูงเทียบกับสกรูซึ่งมีระยะห่างขนาด 0.15 mm.
ที่อัตราขยาย 255 เท่า

รูปที่ 2.25 ผลลัพธ์จากการทดลองของการลอยของหัวสกรูที่ระยะ 0.15 mm.
ที่อัตราขยาย 255 เท่า

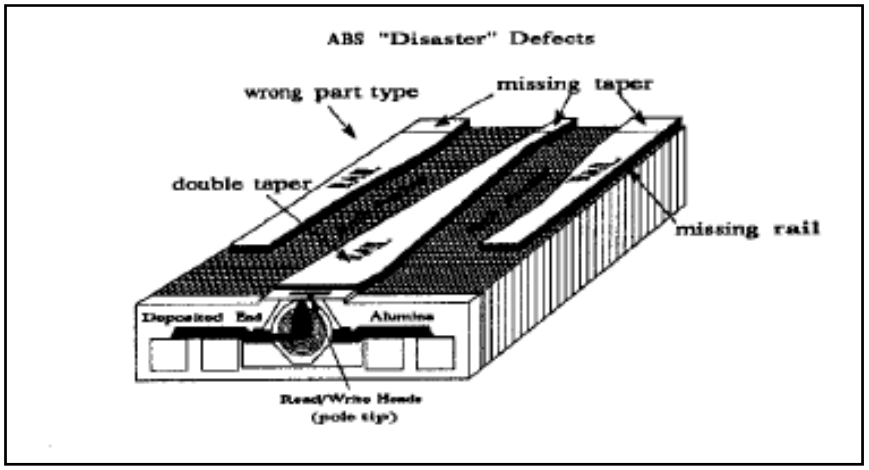
Hepplewhite, Stonham and Glover (1994) จากผลงานการวิจัย เรื่อง “Autmatin Visual inspection of magnetic disk meia” ผลงานวิจัยนั้นเน้นหนักในเรื่องของการตรวจจับและจำแนกจุดบกพร่องเสียหายออกเป็น 3 แบบด้วยกัน คือ Head ding, Substrat thin flim defect และ pool handling on the media เพื่อรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ที่จะขยายตัว กว่าร้อยละ 30 ในช่วงเวลานั้น ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยมีความแม่นยำ แต่ไม่สามารถนำมาใช้จริงได้อันเนื่องมาจาก ข้อจำกัดที่ในระบบเดียวนั้นไม่สามารถตรวจสอบได้ทั้งแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีและเสียหายอยู่ในระบบเดียวกันได้ ตัวอย่างลักษณะรูปแบบของรอยตำหนิดังรูปที่ 2.26



Head ding Substrate Contamination

รูปที่ 2.26 พื้นผิวที่เกิดรอยตำหนิ และ พื้นผิวมีสิ่งสกปรก

Dom, Steel, Petkovic and Kuhlmann (1994) จากผลงานการวิจัย เรื่อง “Algorithms for Automatic Disk Head/Slider Inspection” ผลงานวิจัยนี้นำเสนอแนวคิดในการอธิบายอัลกอริทึม เพื่อการตรวจสอบรูปร่างลักษณะของ Air Bearing Surface (ABS)ของหัวอ่าน(Slider) แบบอัตโนมัติเพื่อดูว่าความเสียหายนั้นเกิดขึ้นเมื่อไหร่ ความเสียหายเกิดขึ้นที่บางตำแหน่งบางแถวหรือเกิดขึ้นทั้งหมดของ Carrierซึ่งมีความเสียหายที่ทำการศึกษาได้แก่ wrong part, missing rail, geometry error, missing taper, extra taper, misplace taper, missing pole tip และ misplace pole tip ซึ่งผลของงานวิจัยนี้ได้นำไปใช้ในการตรวจสอบแบบอัตโนมัติในการตรวจสอบ Air Bearing Surface ในกระบวนการผลิตในโรงงานซึ่งช่วยในเรื่องการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นและช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานลงอย่างมีนัยยะสำคัญ ตัวอย่างลักษณะรูปแบบของรอยตำหนิดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 รูปหัวอ่าน (Slider) และแสดงจุดบกพร่องต่าง ๆ

Lorusso and De Micheli (1996) นำเสนอวิธีการตรวจจับสิ่งกีดขวางและการควบคุมระบบนำทางสำหรับความปลอดภัยในการขับขี่พาหนะบนพื้นฐานการวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบ 3 มิติ และโครงสร้างพารามิเตอร์การไหลของแสงจากภาพต่อเนื่องที่ได้จากกล้องโทรทัศน์ที่ติดตั้งบนพาหนะที่เคลื่อนที่ไปตามถนนชุมชนเมือง ถนนชุมชนชนบท และทางด่วน โดยกระบวนการเริ่มจากกระบวนการปรับเทียบ (calibration process) ซึ่งเป็นการพิจารณาใช้ประโยชน์ภายใต้เงื่อนไขทางกายภาพของพื้นผิวแนวราบ จากนั้นจึงทำการคำนวณพารามิเตอร์การไหลของแสงของการเคลื่อนที่ในการประมาณค่าที่เหมาะที่สุดของพารามิเตอร์ในแต่ละสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงเพื่อพิจารณาหาค่าน้อยสุดของความไม่แน่นอนของการไหลของแสงด้วยการพิจารณามุมของความเร็วโดยรอบแกนตั้งฉากแนวระนาบพื้นผิว และอัตราส่วนระหว่างความลึกของมุมมองภาพกับการเปลี่ยนแปลงความเร็ว หรือ เวลาในการสวนกันของพาหนะ จากนั้นจึงนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้มาพิจารณาตรวจจับสิ่งกีดขวางจากข้อมูลการไหลของแสง โดยที่พารามิเตอร์มุมของความเร็วเป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณารักษาระบบนำทางให้เคลื่อนที่ภายในช่องทางเดินถนน

Microslav Trajkovic and Mark Hedley (1996) นำเสนอกระบวนการแบ่งกลุ่มข้อมูลสำหรับการประยุกต์การคัดแยกวัตถุที่เคลื่อนที่จากภาพต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วย 2 วิธีการ คือ วิธีการแบ่งกลุ่มวัตถุบนพื้นฐานการวิเคราะห์ทางสถิติและวิธีการแบ่งกลุ่มวัตถุบนพื้นฐานของแรงโน้มถ่วงของพาหนะ โดยทำการพิจารณาความเร็วที่จุดมุมของวัตถุเพื่อจัดเตรียมข้อมูลความเร็วของวัตถุแต่ละชนิดภายในภาพต่อเนื่อง จากนั้นจึงทำแบ่งกลุ่มวัตถุที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ที่ความเร็วเหมือนกันจัดให้เป็นกลุ่มเดียวกัน จากนั้นจึงทำการคัดแยกวัตถุที่เคลื่อนที่ออกจากภาพ Eren, Altunbasak, and Tekalp (1997) นำเสนอการคัดแยกวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยข้อมูลสีบนพื้นฐานของขอบเขต (Region-based) ซึ่งการพิจารณาขอบเขตของวัตถุจะเกี่ยวข้องกับ 34 พารามิเตอร์การแบ่งกลุ่มการเคลื่อนที่ประกอบด้วย เวกเตอร์การเคลื่อนที่ ระดับความคล้ายและความเหมือนของลักษณะขอบของวัตถุที่เคลื่อนที่จริง โดยขอบเขตที่พิจารณาอาจไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางรูปแบบ และพื้นที่รูปร่างวัตถุสามารถระบุได้ด้วยข้อมูลทางสีหรือข้อมูลเนื้อองค์ประกอบของวัตถุ ซึ่งรายละเอียดขององค์ประกอบภายในภาพต่อเนื่องที่พิจารณาจะมีอิทธิพลต่อการแบ่งกลุ่มข้อมูลเป็นผลให้ประสิทธิภาพการคัดแยกวัตถุที่เคลื่อนที่จะอยู่กับการกำหนดขอบเขตเริ่มต้นสำหรับการแบ่งกลุ่มข้อมูลของระบบ

Nitsawat , Jin, and Hudson (2000) นำ เสนอการคัดแยกวัตถุที่เคลื่อนที่จากข้อมูลภาพวีดิทัศน์ด้วยกระบวนการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบฟัซซีและแบบจำลองผสมผสานแบบดั้งเดิม (classical mixture model หรือ CDWT) สำหรับกรรมวิธีการดึงคุณลักษณะเด่นของข้อมูลวัตถุที่เคลื่อนที่ กระบวนการนี้จะเริ่มจากการพิจารณาการแก้ไขปัญหาความแตกต่างของข้อมูลความลึกของภาพจากการไหลของแสงด้วยการใช้ระบบการแปลงเวฟเลทเชิงซ้อนแบบดีสครีตโดยผลที่ได้นี้จะเป็นข้อมูล

ที่ได้จากการแปลงเวฟเลทของระดับพื้นผิวที่เหมาะสมกับการไหลของแสงในแต่ละภาพ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองการเคลื่อนที่ของระบบ จากนั้นจึงทำการพิจารณาการแบ่งกลุ่มโดยใช้หลักการการแข่งขัน (Competitive Agglomeration หรือ CA) มาใช้สำหรับการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ เพื่อให้ได้จำนวนกลุ่มและจุดศูนย์กลางที่เหมาะสมของแต่ละกลุ่ม จากนั้นจึงนำข้อมูลพารามิเตอร์จากผลที่ได้จากหลักการการแข่งขันนี้ มาทำการพิจารณาการคัดแยกวัตถุภายในภาพ ด้วยแบบจำลองผสมผสานแบบดั้งเดิม (classical mixture model) ร่วมกับการคาดการณ์สูงสุด (expectation maximization algorithm หรือ EM algorithm) โดยข้อจำกัดของระบบการคัดแยกวัตถุขึ้นอยู่กับคุณภาพของเวกเตอร์การไหลของแสง

Braillon et al. (2006) นำเสนอการตรวจจับสิ่งกีดขวางที่เคลื่อนที่ในเวลาจริงด้วยแบบจำลองการไหลของแสงของรถจำลองในสภาพแวดล้อมจริงด้วยการติดตั้งกล้องที่บริเวณด้านหน้ารถจำลองเป็นผลให้ภาพที่นำมาพิจารณาเป็นภาพต่อเนื่องจากการเคลื่อนที่ของกล้องโดยกระบวนการเริ่มจากการสร้างแบบจำลองการไหลของแสงของแนวระนาบพื้นดิน จากนั้นจึงนำแบบจำลองที่ได้มาทำการพิจารณาลักษณะความคล้ายของแบบจำลองและข้อมูลจุดภาพของวัตถุภายในภาพเพื่อทำการค้นหาวัตถุที่เป็นสิ่งกีดขวาง ซึ่งถ้าลักษณะจุดภาพที่พิจารณาไม่มีลักษณะความคล้ายกับแบบจำลองแนวระนาบพื้นดินแสดงว่าวัตถุดังกล่าวอาจเป็นสิ่งกีดขวางที่อยู่ภายนอกแนวระนาบพื้นดิน หรืออาจเป็นวัตถุที่เคลื่อนที่อยู่ในแนวระนาบพื้นดิน อย่างไรก็ดีข้อจำกัดของระบบคือ ระบบมีความผิดพลาดในการตรวจจับสิ่งกีดขวางในกรณีที่ภายในข้อมูลภาพที่มีเงาอยู่ในแนวระนาบพื้นดินเป็นผลให้ระบบตรวจจับเงาว่าเป็นสิ่งกีดขวาง

Yan and Tjahjadi (2004) นำเสนอการคัดแยกวัตถุที่เคลื่อนที่จำนวนมากด้วยวิธีการประมาณที่แม่นยำของการไหลของแสงและการคัดแยกวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยวิธีการหาการประมาณความหนาแน่นมากสุดของการเปลี่ยนแปลงแถบความถี่ (variable bandwidth Quick Maximum Density Power Estimation หรือ vbQMDPE) ซึ่งจะประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ การหาแบบจำลองที่เหมาะที่สุดอย่างคร่าว ๆ สำหรับการประมาณการไหลของแสงด้วยวิธีความแม่นยำถดถอยเฉพาะที่ (robust localregression) โดยการประมาณการไหลของแสงจะพิจารณาบนพื้นฐานของความสัมพันธ์ของจุดภาพภายใต้เงื่อนไขการประมาณแบบ M (Mestimator) อย่างไรก็ตามประสิทธภาพการคัดแยกของระบบขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลเนื้อองค์ประกอบ ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุและระดับความสว่างของภาพ

Giachetti, Compani, and Torre (1998) นำเสนอการใช้เทคนิคการไหลของแสงสำหรับช่องทางเดินถนน ซึ่งเป็นการพิจารณาความลึกของภาพด้วยข้อมูลการไหลของแสงจากกล้องโทรทัศน์ที่ติดตั้งภายในรถพาหนะในแนวขนานระนาบพื้นดินเป็นผลให้ภาพที่พิจารณามีองค์ประกอบของการกระทบกระเทือนและการสั่นของข้อมูลภาพ โดยที่ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุสามารถคาดการณ์

ได้จากสมการกำลังสอง (quadratic) และลักษณะโครงสร้างเฉพาะของวัตถุ และทำการพิจารณาแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบตนเอง (ego motion) สำหรับการประมาณความเร็วและทิศทางของรถที่เคลื่อนที่ด้วยข้อมูลการไหลของแสงเป็นผลให้สามารถทำการคัดแยกวัตถุที่เคลื่อนที่ที่ความเร็วแตกต่างกันได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกวัตถุที่เคลื่อนที่จึงทำการพิจารณาข้อมูลขอบของวัตถุรวมกับข้อมูลการไหลของแสงและแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบตนเอง

2.4 สรุป

บทนี้ได้กล่าวถึงงานวิจัย และ ทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ประกอบด้วยการปรับปรุงคุณภาพของภาพ ความสำคัญของกล้องและเลนส์ตลอดจนการควบคุมแสงที่มีความสำคัญมากในงานวิจัยนี้ ซึ่งงานวิจัยนี้ให้ความสนใจที่จะทำการพัฒนาระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบรอยตำหนิบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลเพื่อทำการแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ไม่มีรอยตำหนิและแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิโดยนำไปสู่การทำแบบจำลองขึ้นเพื่อจำลองเป็นระบบการตรวจสอบด้วยการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ในบทต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
การออกแบบอัลกอริทึมในการปรับปรุงการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่

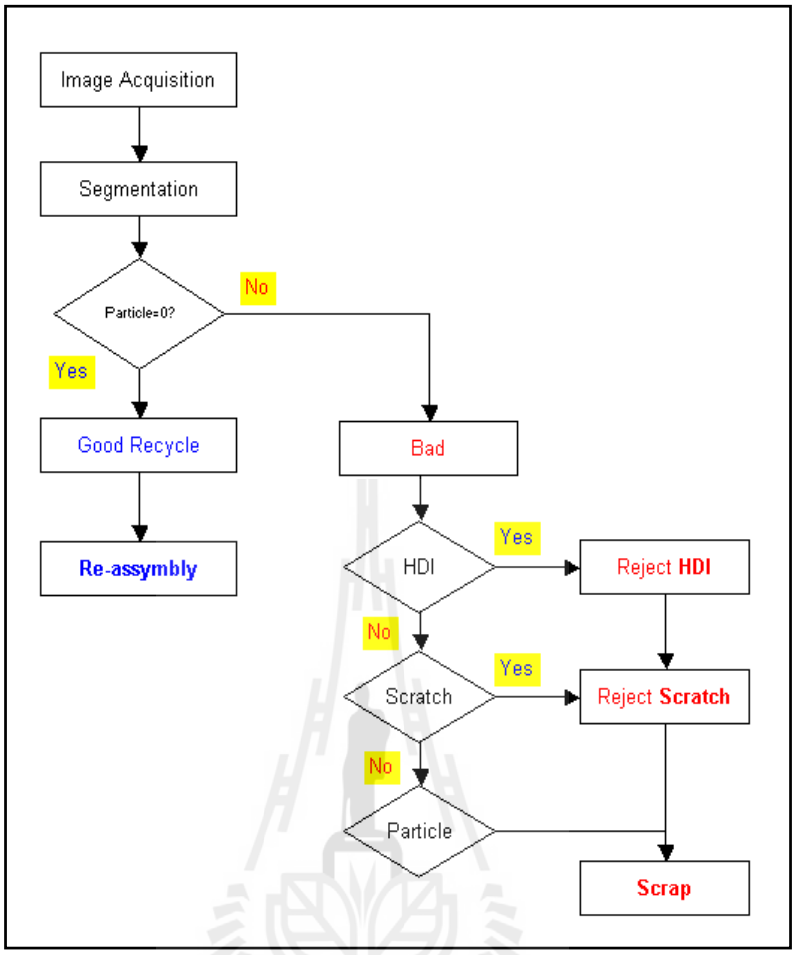
3.1 บทนำ

การออกแบบอัลกอริทึมเพื่อแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิ หรือการออกแบบกระบวนการแก้ไขปัญหาเพื่อให้สามารถแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิออกจากแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีซึ่งจะนำกลับไปใช้ใหม่นั้น ได้นำเสนอเป็นแผนผังเพื่อง่ายต่อความเข้าใจซึ่งนำเสนอเป็นลำดับขั้นตอนแบ่งเป็นการออกแบบอัลกอริทึมในส่วนของการพิจารณาแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีที่ไม่มีรอยตำหนิใดบนผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล และอีกส่วนหนึ่งคือส่วนของกลุ่มของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิบนผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลซึ่งจะได้อธิบายต่อไป

3.2 อัลกอริทึมของการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่

อัลกอริทึมของการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ นำเสนอในรูปแบบของแผนผังเพื่อง่ายต่อความเข้าใจ ดังรูปที่ 3.1

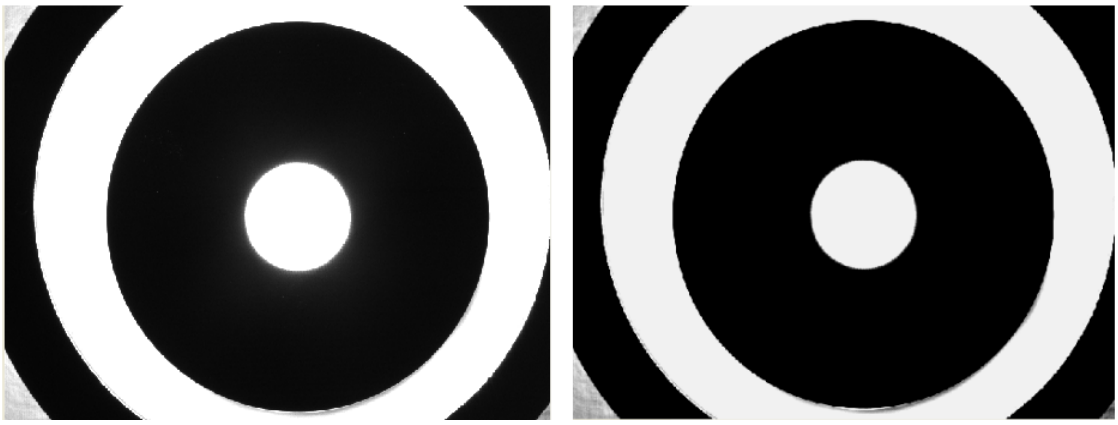
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.1 แผนผังการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่

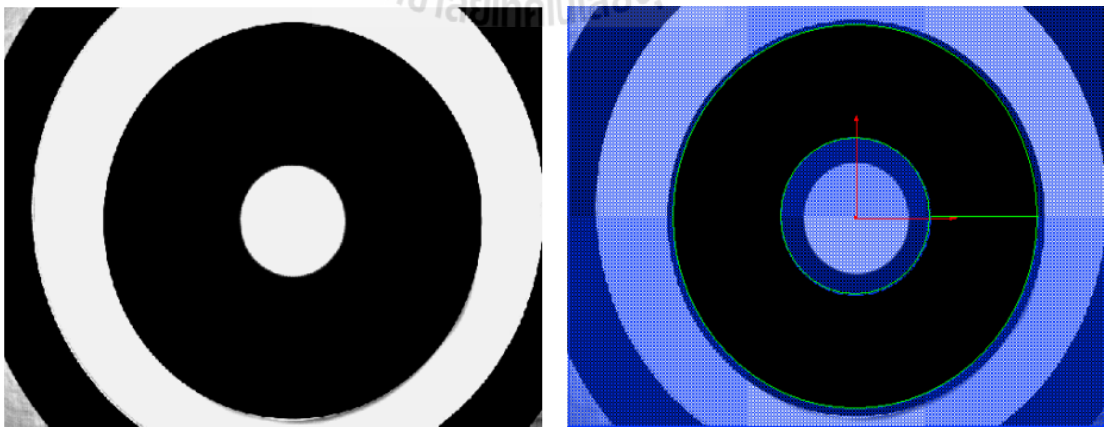
อัลกอริทึมที่ได้ออกแบบไว้ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอในรูปแบบของแผนผัง เพื่ออธิบายเป็นขั้นตอนในแต่ละขั้นตอนจากจุดเริ่มต้นจนถึงกระบวนการสุดท้ายในการแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีและแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหาย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การนำภาพเข้ามาในระบบนั้นภาพที่นำเข้านั้นได้ต้องถูกควบคุมและจัดการสิ่งแวดล้อมจากภายนอกที่อาจจะส่งผลถึงคุณภาพของรูปภาพที่จะนำเข้าเพื่อประมวลผล ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมสภาวะอันก่อให้เกิดฝุ่นละอองที่อาจจะไปตกบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล หรือการควบคุมแหล่งกำเนิดแสงจากภายนอกที่จะส่งผลโดยตรงกับวัตถุที่ตรวจสอบหลังจากนั้นภาพถ่ายจะถูกปรับสมดุลของความสว่างของภาพ ซึ่งเป็นกระบวนการในการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้ดีขึ้นดังรูปที่ 3.2



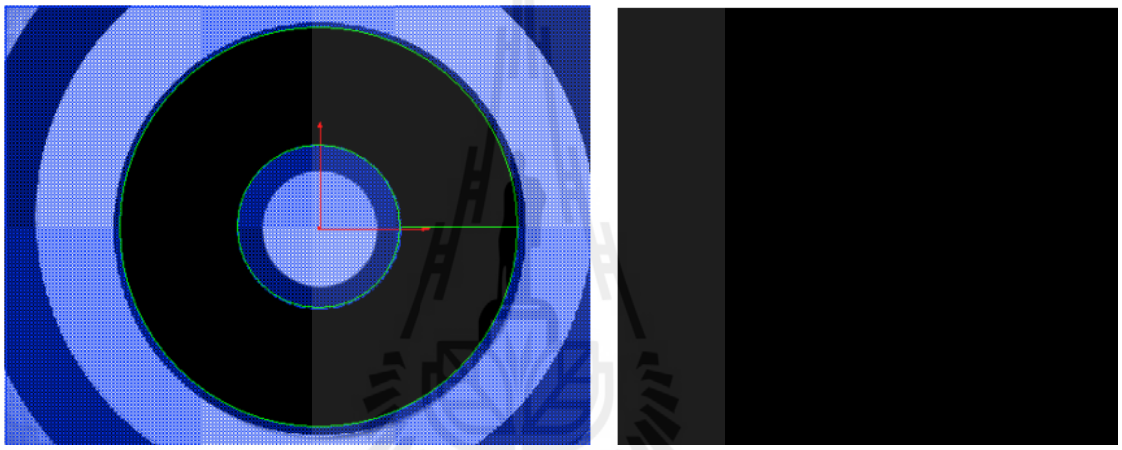
รูปที่ 3.2 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลก่อนปรับคอนทราสต์ (ซ้าย)
และหลังการปรับคอนทราสต์ (ขวา)

ภาพที่นำเข้ามาเมื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพแล้ว ภาพจะถูกกำหนดขอบเขตพื้นที่ในการพิจารณาเฉพาะพื้นที่ที่สนในการตรวจสอบแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลโดยขอบเขตของภาพจะถูกกำหนดทั้งขอบเขตด้านในและขอบเขตด้านนอกของภาพ เนื่องจากลักษณะของวัตถุที่ตรวจสอบนั้นมีลักษณะทางกายภาพเป็นวัตถุทรงกลม การกำหนดขอบเขตในและขอบเขตนอกจะถูกกำหนดให้ขอบเขตมีลักษณะที่เป็นขอบเขตแบบวงกลมโดยกระบวนการดังกล่าวคือกระบวนการทำ “ROI” ซึ่งย่อมาจาก Region Of Interest เพื่อไม่ต้องพิจารณาในส่วนของขอบภาพที่อาจจะเบลอหรือไม่ชัดเจนซึ่งเกิดขึ้น ในระหว่างกระบวนการถ่ายภาพนั่นเอง ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลก่อนทำ ROI (ซ้าย)และหลังการทำ ROI (ขวา)

การพิจารณาเพื่อแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลภาพที่เสียหายหรือมีตำหนิออกจากแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีที่พร้อมนำกลับมาใช้ใหม่นั้น จะถูกกำหนดจากเงื่อนไขของการตรวจสอบรอยตำหนิที่เจอบนผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล โดยกำหนดให้แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีที่พร้อมนำกลับมาใช้ใหม่นั้น ต้องไม่มีรอยตำหนิ (particle = 0) หากการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนั้น ได้ผลลัพธ์ตรงตามเงื่อนไขที่ได้ให้ไว้ระบบจะตัดสินให้แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนั้น เป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีที่พร้อมนำกลับมาใช้ใหม่ หากระบบตรวจสอบแล้วพบเจอรอยตำหนิหรือจุดบกพร่องบนผิวแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลระบบตัดสินให้แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนั้นเป็นแผ่นที่ไม่ดี หรือไม่ผ่านกระบวนการตรวจสอบในการกลับนำกลับไปใช้ใหม่



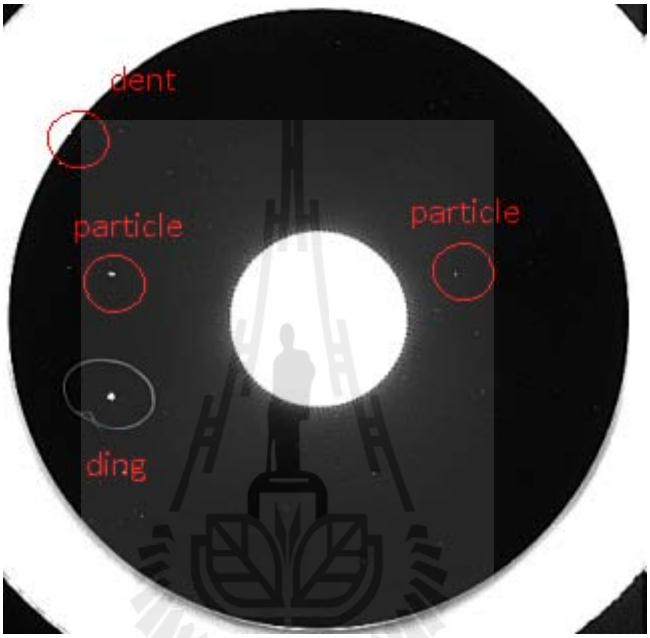
รูปที่ 3.4 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลหลังทำ ROI (ซ้าย) และแสดงผลผ่านหน้าจอของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ไม่มีรอยตำหนิ (ขวา)

ขั้นตอนในการแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ไม่ผ่านกระบวนการตรวจสอบออกเป็นกลุ่มของความเสียหายที่มีรูปร่างลักษณะความเสียหาย ที่แตกต่างกัน ซึ่งในที่นี้ได้แยกแยะรอยตำหนิตามรูปร่างหน้าตาของรอยตำหนิเป็น 3 ลักษณะจาก เดิมที่มีรอยตำหนิอยู่ 5 ลักษณะ คือ

1. ความเสียหายที่มีลักษณะรอยตำหนิบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลแบบเป็นวงกลมซึ่งมีรัศมีที่เท่ากัน โดยอาจจะมีรอยตำหนิรูปวงกลมจำนวนหนึ่งหรือมากกว่าก็ได้ โดยแยกแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนั้นเป็นรอยตำหนิ ที่เรียกว่า “ รอยตำหนิจากหัวอ่าน Head Disc Interference (HDI) ”

2. แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีลักษณะรอยตำหนิบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลแบบรอยขีดข่วนแบบเส้น ซึ่งรอยขีดข่วนนั้นไม่มีแบบแผนที่ซ้ำแต่มีลักษณะที่เป็นรอยขีดรอยข่วนเป็นเส้นบนแผ่นแม่เหล็กบนทึกข้อมูล ได้จัดอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า “รอยตำหนิขีดข่วน หรือ Scratched Defect”

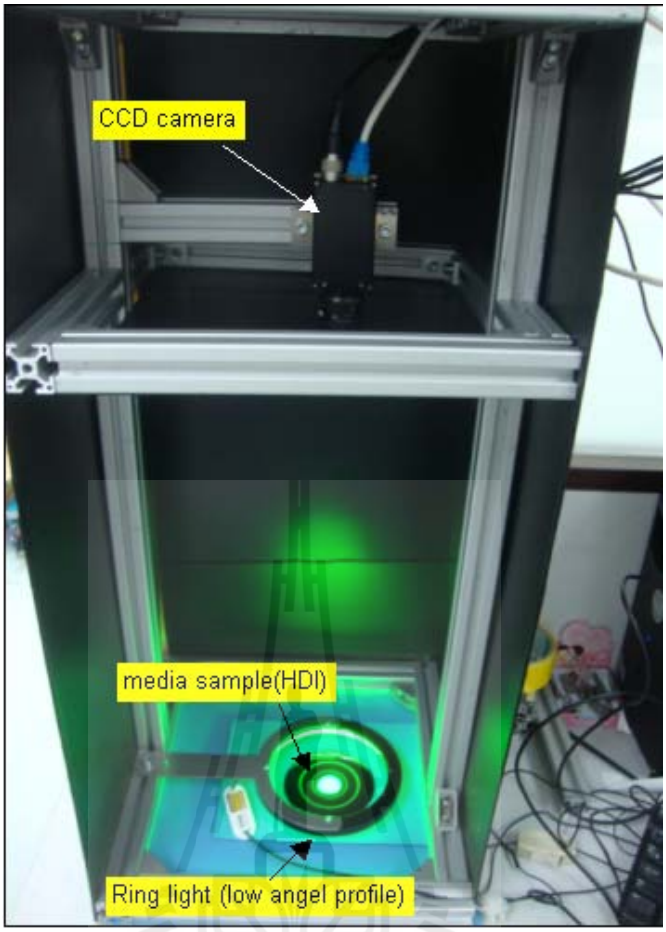
3. กลุ่มนี้ได้รวมลักษณะรอยตำหนิแบบ Ding, Dent, Particle หรือ Contamination เข้ารวมเป็นกลุ่มเดียวกัน เนื่องจากกลุ่มนี้มีลักษณะรอยตำหนิที่คล้ายคลึงกันคือ มีลักษณะเป็นจุด ๆ ซึ่งแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีลักษณะรอยตำหนิบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลแบบจุดกลม ๆ เล็ก ๆ หรือใหญ่ หรือ มีลักษณะเป็นคราบเปื้อน หรือมีลักษณะรอยนิ้วมือสัมผัสแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า “รอยตำหนิจากอนุภาคเม็ดฝุ่น หรือ Paricle defect “ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่3.5 ลักษณะรอยตำหนิที่คล้ายกันของรอยตำหนิแบบ Particle defect

3.3 แบบจำลองระบบการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่

จากอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบไว้เป็นขั้นตอนตามแผนผัง ดังรูปที่ 3.6 นั้นการนำอัลกอริทึมนี้มาทำให้เป็นไปตามขั้นตอน ต้องเริ่มที่การออกแบบที่จะนำภาพเข้ามาในระบบเพื่อประมวลผลซึ่งได้แบบจำลองต้นแบบเพื่อติดตั้งกล้อง แหล่งกำเนิดแสง อีกทั้งการควบคุมแหล่งกำเนิดแสงจากภายนอกเพื่อได้คุณภาพของภาพที่ดีและเหมาะสมในการนำเข้าไปเพื่อประมวลผล ดังรูปที่ 3.6

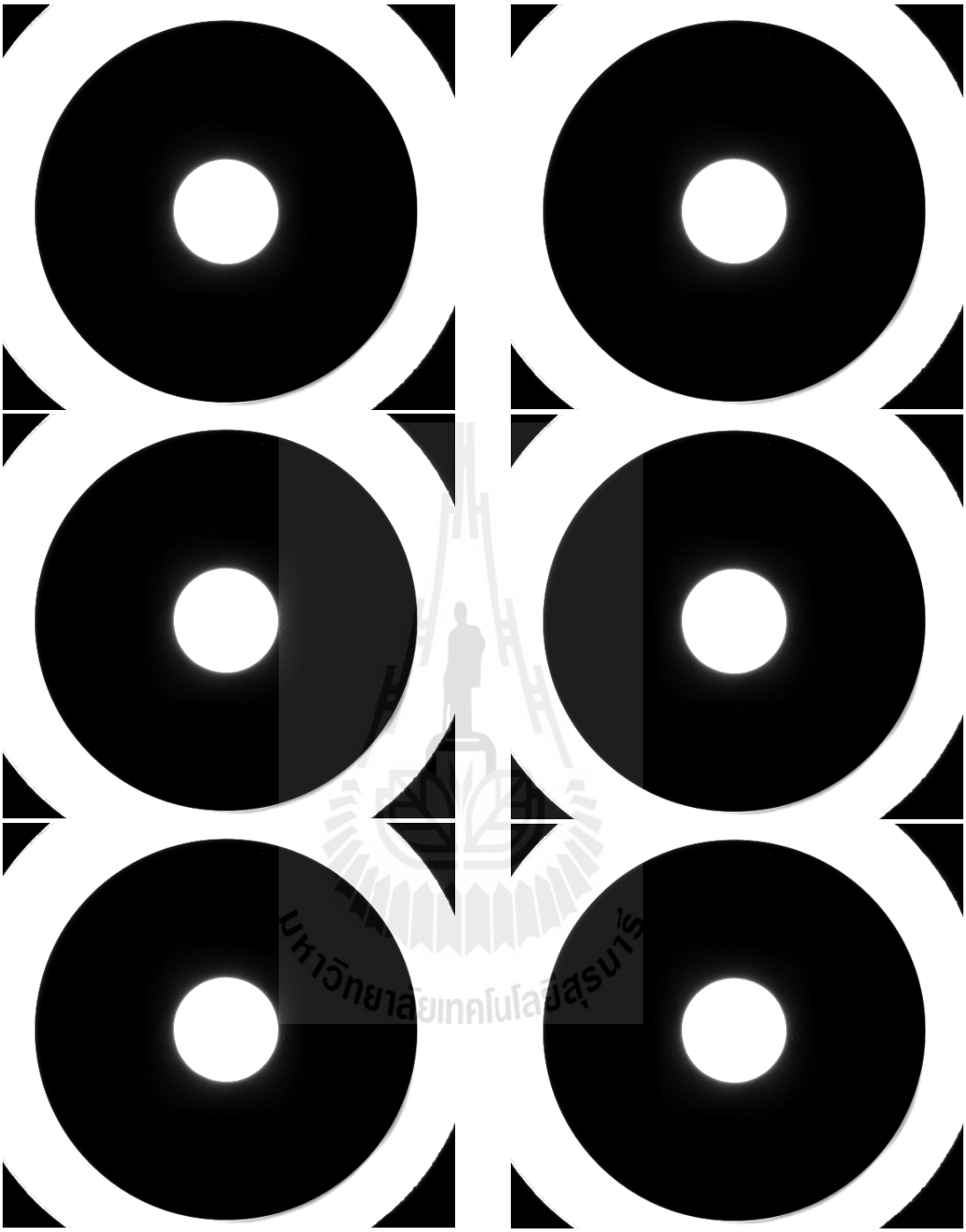


รูปที่ 3.6 แบบจำลองของระบบการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่

3.4 ประเภทของตำหนิที่ใช้ในการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล

หลังจากได้ทำแบบจำลองสำหรับระบบการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับไปใช้ใหม่ เพื่อทดสอบอัลกอริทึมและเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้โดยได้นำแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลตัวอย่าง มาจากสายการผลิตที่มีการควบคุมอนุภาคฝุ่นละอองทั่วไปหรือที่เรียกว่าห้องสะอาด (Clean room) ซึ่งมีแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลตัวอย่าง 4 ตัวอย่างคือ

1. ตัวอย่างของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่พร้อมนำกลับไปใช้งานใหม่ หรือ Recycle ซึ่งได้มาจากการตรวจสอบจากผู้ปฏิบัติงานในสายการผลิต ดังรูปที่3.7



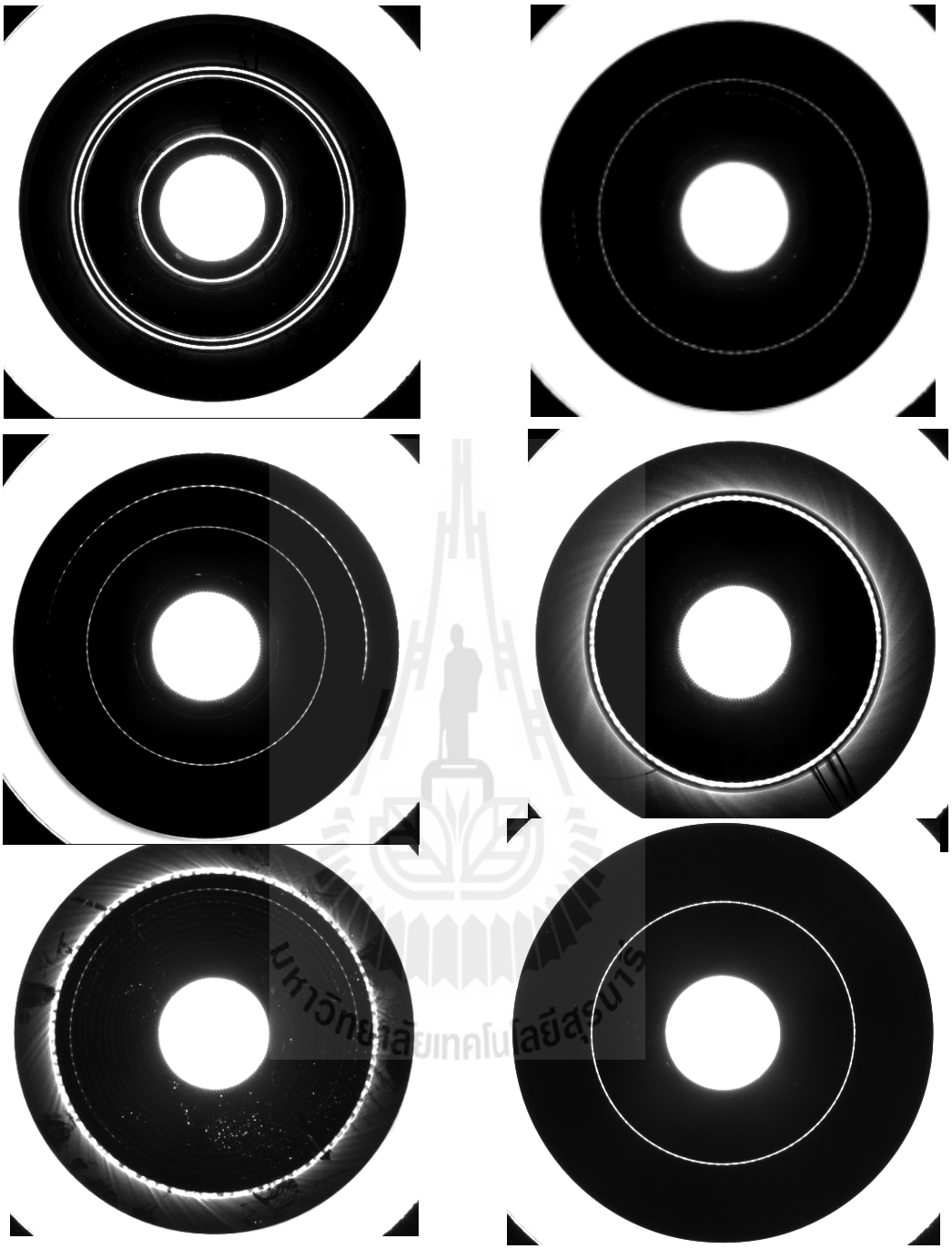
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ไร้รอยตำหนิ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2. ตัวอย่างเป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายจากรอยขีดข่วนดังรูปที่ 3.8

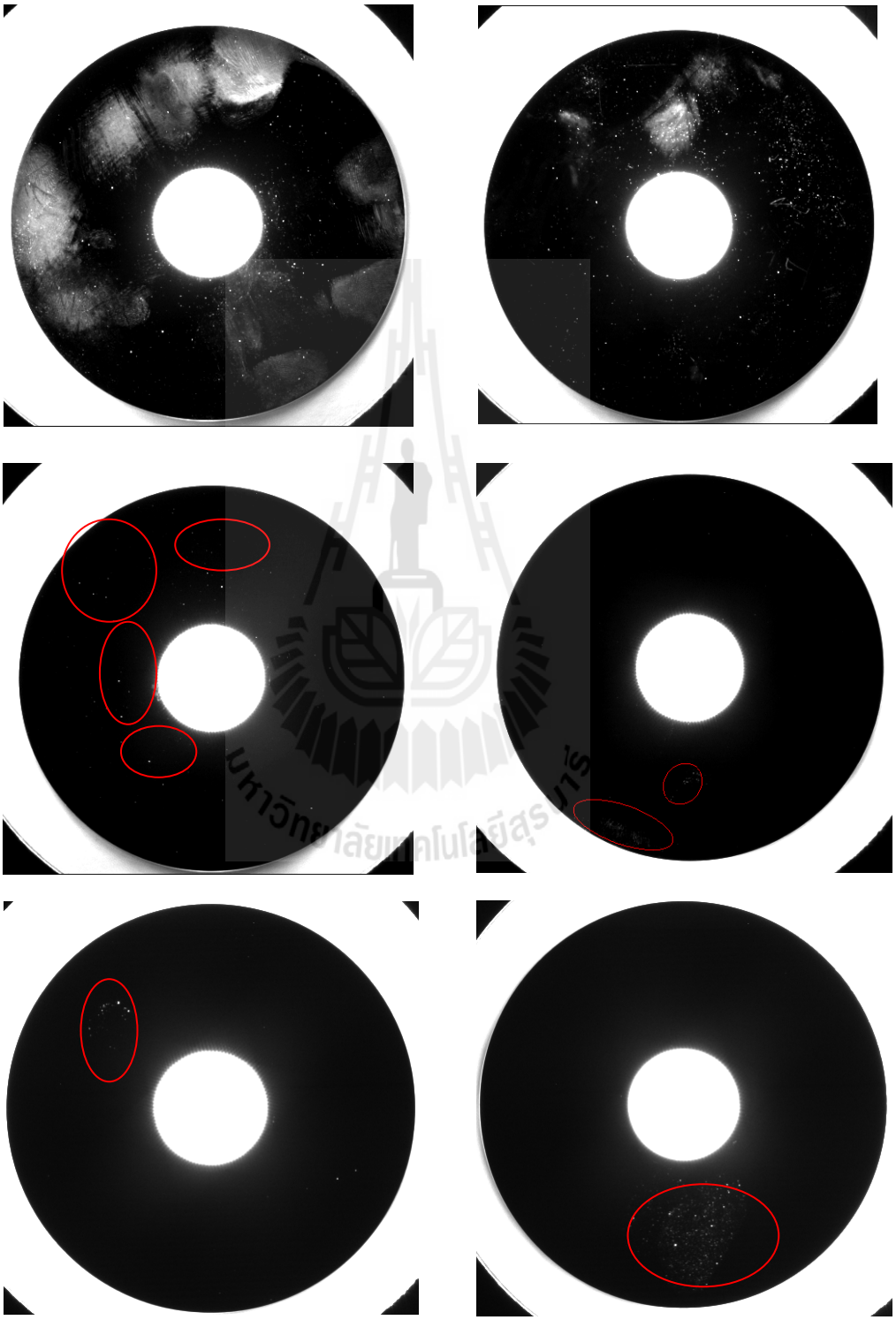
รูปที่ 3.8 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายจากรอยตำหนิแบบขีดข่วน

3. ตัวอย่างเป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายจากหัวอ่านถูกับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลหรือที่เรียกกันว่า รอยตำหนิจากหัวอ่าน (Head Disc Interference) ดังรูปที่3.9



รูปที่ 3.9 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายจากรอยตำหนิจากหัวอ่าน

4. ตัวอย่างเป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายจากอนุภาคฝุ่นละอองหรือ Particle ที่อยู่บนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายจาก ฝุ่นและคราบเปื้อนหรือ particle

จากเนื้อหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการแยกแยะ แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล และนำเสนอภาพตัวอย่างของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ในลักษณะต่าง ๆ ทั้งแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีและแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายที่ต้องคัดแยกออก ซึ่งจะอยู่ในกระบวนการการประมวลผล โดยขั้นตอนที่ยุ่งยากและซับซ้อนจะอยู่ที่การคัดแยกแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายของกลุ่มแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีลักษณะเป็นรอยขีดข่วนและเป็นรอยคราบเปื้อนหรือเป็นอนุภาคของเม็ดฝุ่นซึ่งเหตุผลที่งานวิจัยนี้ได้จัดแยกแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลโดยเรียงลำดับตามลักษณะของรูปร่างหน้าตาของรอยตำหนิเสียหายที่คล้ายคลึงกันและส่งผลในเรื่องความสะอาดที่ต้องนำกลับไปใช้ใหม่ ซึ่งแบ่งรอยตำหนิออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

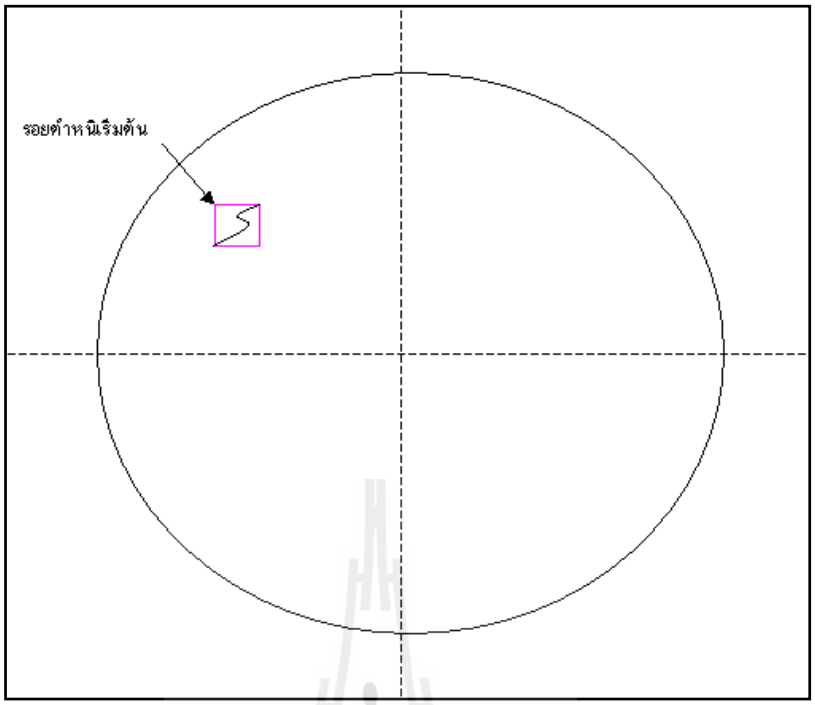
1. รอยตำหนิความเสียหายแบบ HDI ซึ่งลักษณะของความเสียหายที่มีรูปแบบเป็นรอยตำหนิแบบวงกลม อันเกิดจากสาเหตุของหัวอ่านข้อมูลไปสัมผัสที่แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลอย่างรุนแรงหรือหัวอ่านข้อมูลไม่สามารถยกตัวลอยเหนือแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลได้ หัวอ่านจึงดูดติดกับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลทำให้เกิดเป็นรอยตำหนิแบบวงกลมขึ้น ซึ่งผลของรอยที่เกิดขึ้นนั้นทำให้มีอนุภาคของเม็ดฝุ่นในปริมาณที่สูงมาก ส่งผลโดยตรงในเรื่องความสะอาดของการผลิตอย่างมาก

2. รอยตำหนิความเสียหายแบบรอยขีดข่วนที่มีลักษณะรอยความเสียหายเป็นลายเส้นขีดข่วนไปมา แบบไร้ทิศทางมีลักษณะความเสียหายซึ่งไม่มีแบบแผนหรือตำแหน่งที่เกิดไม่แน่นอนแต่มีลักษณะของความเสียหายเป็นแบบรอยขีดข่วนเป็นเส้น

3. รอยความเสียหายแบบรอยคราบเปื้อนต่าง ๆ หรือมีอนุภาคเม็ดฝุ่นบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล โดยมีลักษณะรอยความเสียหายเป็นจุด ๆ อาจจะเล็กหรือใหญ่ไม่มีขนาดที่แน่นอนและสามารถเกิดขึ้นได้ทุกตำแหน่งบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล

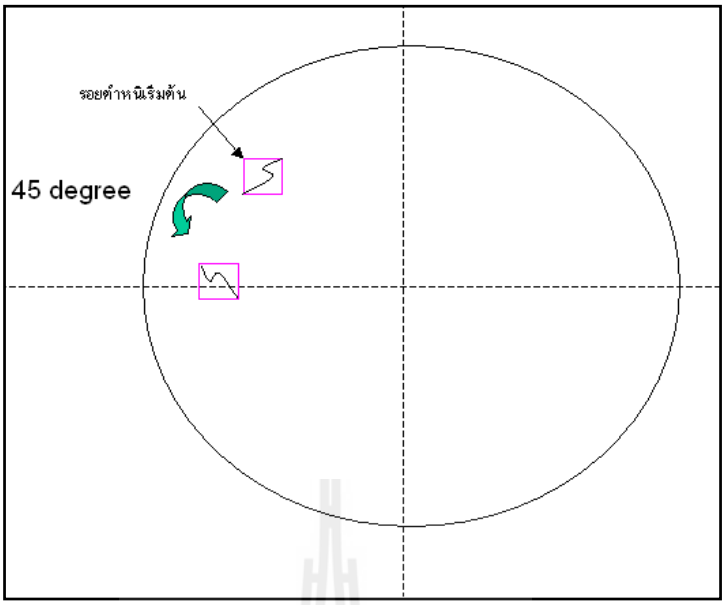
อัลกอริทึมในการแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลของรอยตำหนิทั้ง 3 แบบนั้น ขั้นตอนที่ซับซ้อนคือกระบวนการแยกแยะ รอยตำหนิแบบรอยขีดข่วนและรอยตำหนิแบบรอยคราบเปื้อนหรืออนุภาคเม็ดฝุ่น กล่าวคือ โดยปกติแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนั้นอาจจะมีรอยตำหนิทั้งรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนและรอยตำหนิจากคราบเปื้อนหรืออนุภาคเม็ดฝุ่น ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอขั้นตอนในการแยกแยะรอยตำหนิทั้งสองด้วยการใช้ขนาดของรอยตำหนิและผลลัพธ์จากการประมวลผลจาก โดยขอนำเสนอด้วยแบบจำลองรูปภาพเพื่อง่ายต่อการเข้าใจ ดังนี้

จากรูปที่ 3.11 เป็นการจำลองรอยตำหนิขนาดใหญ่ที่ระบบตรวจจับได้ บนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนั้น หากทำการหมุนรอยตำหนิที่จุดเริ่มต้นไป ทุก ๆ 45 องศานั้น ขนาดของพิกเซลของรอยตำหนิจะไม่เปลี่ยนแปลงแต่ขนาดของพื้นที่ของพิกเซลแกนแนวนอนและพิกเซลของแกนแนวตั้งจะเปลี่ยนไป



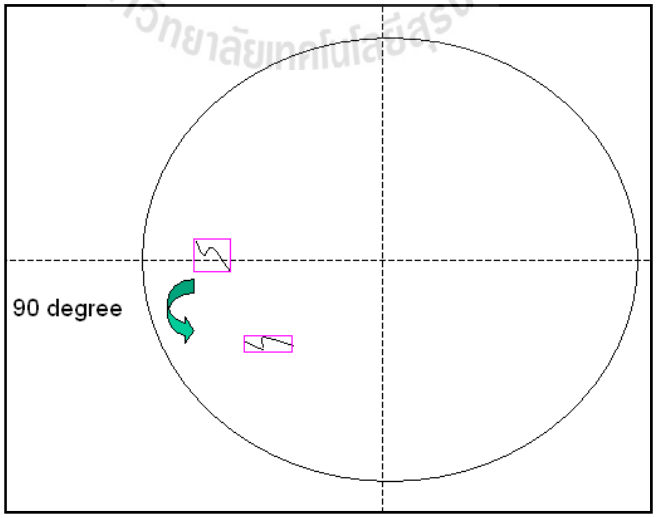
รูปที่ 3.11 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้น

จากจุดที่มีรอยตำหนิที่จุดเริ่มต้นหากทำการหมุนรอยตำหนิไป 45 องศา เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงขนาดพิกเซลของรอยตำหนิและขนาดพิกเซลของพื้นที่แนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง จะเห็นว่าพื้นที่ของรอยตำหนิจะไม่เปลี่ยนแปลงแต่พื้นที่พิกเซลของแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจะเปลี่ยนไปเล็กน้อย ดังรูปที่ 3.12



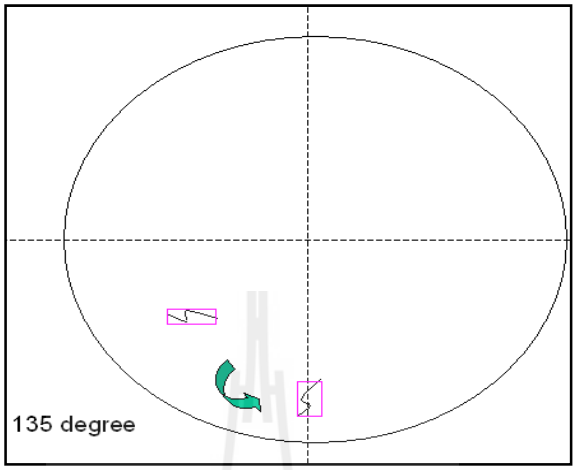
รูปที่ 3.12 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้น ที่ มุม 45 องศา

หากทำการหมุนรอยตำหนิไปอีก 45 องศา แปลงขนาดพิกเซลของรอยตำหนิและขนาดพิกเซลของพื้นที่แนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจะเห็นว่าพื้นที่ของรอยตำหนิจะไม่เปลี่ยนแปลงแต่พื้นที่พิกเซลของแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งจะเปลี่ยนไปเล็กน้อย ดังรูปที่ 3.13



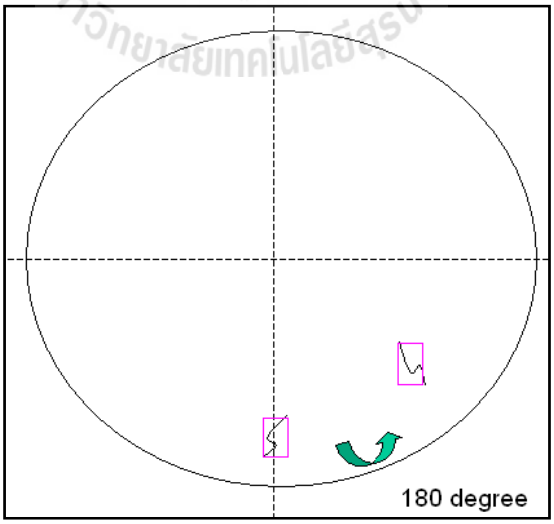
รูปที่ 3.13 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้น ที่ มุม 90 องศา

หากทำการหมุนรอยตำหนิไปอีก 45 องศาจะได้ตำแหน่งและขนาดของรอยตำหนิที่ตำแหน่งมุม 135 องศา ดังรูปที่ 3.14



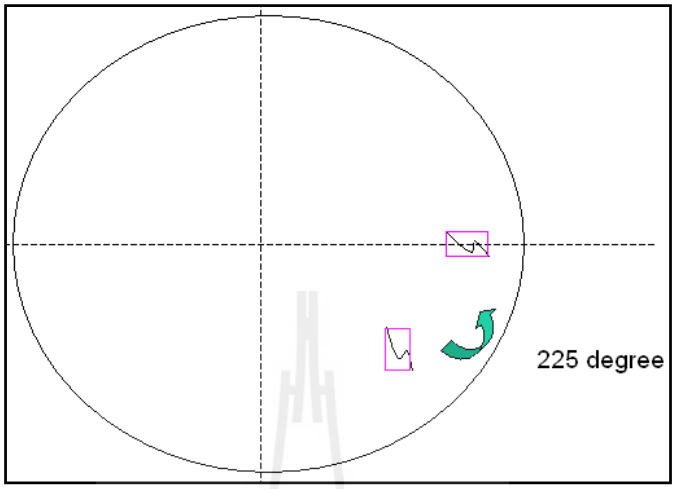
รูปที่ 3.14 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้น ที่ มุม 135 องศา

หากทำการหมุนรอยตำหนิไปอีก 45 องศาจะได้ตำแหน่งและขนาดของรอยตำหนิที่ตำแหน่งมุม 180 องศา ดังรูปที่ 3.15



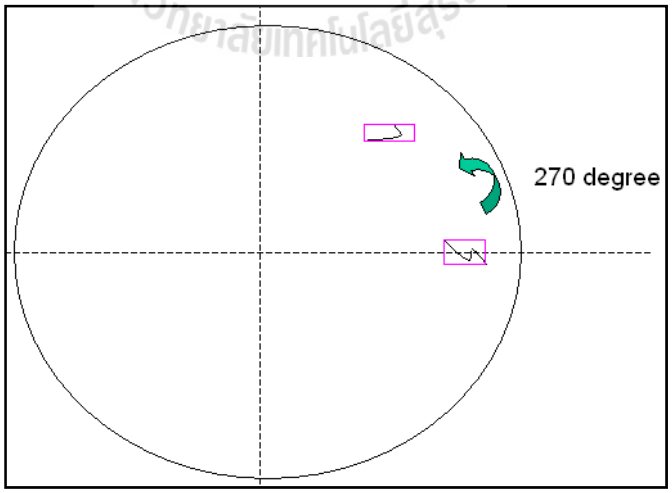
รูปที่ 3.15 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้น ที่ มุม 180 องศา

หากทำการหมุนรอยตำหนิไปอีก 45 องศาจะได้ตำแหน่งและขนาดของรอยตำหนิที่ตำแหน่งมุม 225 องศา ดังรูปที่ 3.16



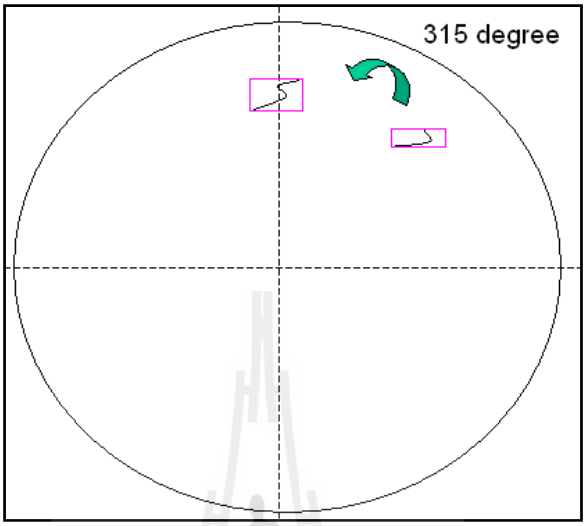
รูปที่ 3.16 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้น ที่ มุม 225 องศา

หากทำการหมุนรอยตำหนิไปอีก 45 องศาจะได้ตำแหน่งและขนาดของรอยตำหนิที่ตำแหน่งมุม 270 องศา ดังรูปที่ 3.17



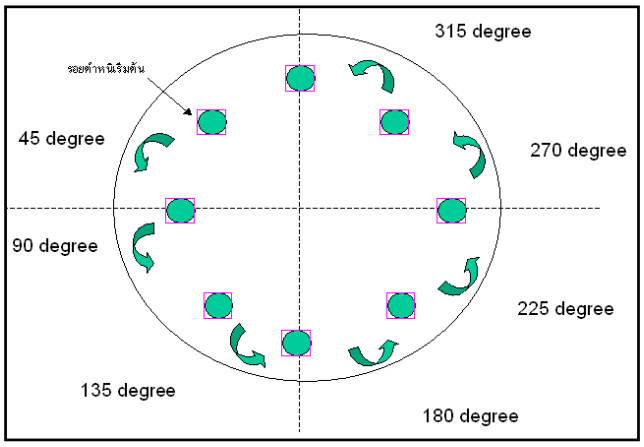
รูปที่ 3.17 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้น ที่ มุม 270 องศา

หากทำการหมุนรอยตำหนิไปอีก 45 องศาจะได้ตำแหน่งและขนาดของรอยตำหนิที่ตำแหน่งมุม 315 องศา ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 จำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตำแหน่งรอยตำหนิเกิดขึ้น ที่ มุม 315 องศา

เมื่อพิจารณาแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลจากรอยตำหนิคราบเปื้อนหรืออนุภาคเม็ดนั้นการหมุนทุก ๆ 45 องศาไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดพื้นที่พิกเซลของรอยตำหนิและพื้นที่พิกเซลของแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 3.19 รูปจำลองการพิจารณาแยกแยะรอยตำหนิจากรอยเปื้อนหรืออนุภาคเม็ดฝุ่น

จากข้อสังเกตข้างต้นของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการหมุนรอยตำหนิจากรอยขีดข่วน ที่มีการเปลี่ยนแปลงในส่วนของพื้นที่พิกเซลของแนวแกนนอนและแนวแกนตั้งงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอสูตรขึ้นมาเพื่อนำมาใช้แยกแยะรอยตำหนิจากรอยขีดข่วน โดยกำหนดให้

ผลลัพธ์การแยกแยะรอยตำหนิ = (พื้นที่พิกเซลของรอยตำหนิ / ผลคูณระหว่าง พื้นที่พิกเซลของแนวแกนนอนและแนวแกนตั้ง) (3.1)

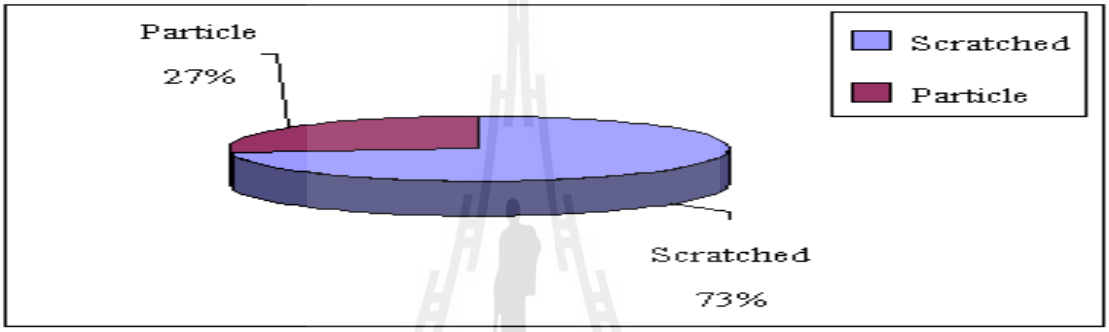
เมื่อ พื้นที่พิกเซลของรอยตำหนิ คือ ขนาดพื้นที่พิกเซลของรอยตำหนิที่ตรวจจับได้
พื้นที่พิกเซลของแนวแกนนอน คือ ขนาดพื้นที่พิกเซลของแกน X
พื้นที่พิกเซลของแนวแกนตั้ง คือ ขนาดพื้นที่พิกเซลของแกน Y

ยกตัวอย่างเช่นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลแผ่นหนึ่ง ระบบตรวจจับรอยตำหนิที่ใหญ่สุดได้ขนาดพื้นที่พิกเซลของรอยตำหนิเท่ากับ 225 พิกเซล ขนาดพื้นที่พิกเซลของแกน X เท่ากับ 17 พิกเซล และ ขนาดพื้นที่พิกเซลของแกน Y เท่ากับ 15 พิกเซล ผลลัพธ์การแยกแยะรอยตำหนิ = (225 / 17x15) = 0.882353

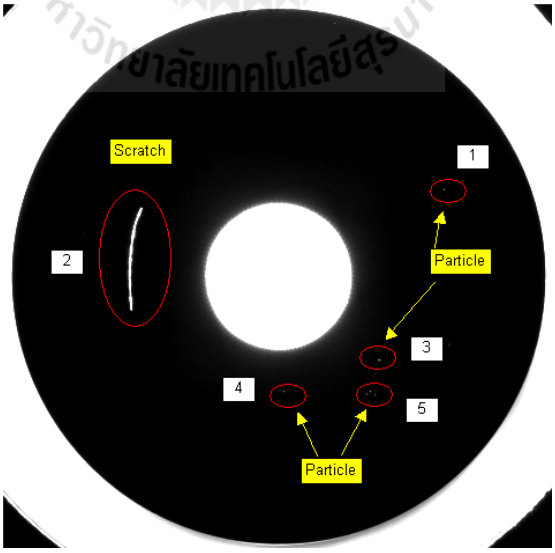
จากผลลัพธ์ที่ได้จาก สมการ 3.1 ข้างต้นนั้น จะได้ผลลัพธ์เป็นตัวเลขคือ 0.882353 ซึ่งจากตัวเลขดังกล่าวยังไม่สามารถบอกได้ว่ารอยตำหนินั้นจัดอยู่ในกลุ่มรอยตำหนิจากรอยขีดข่วนหรือจากคราบเปื้อนหรืออนุภาคเม็ดฝุ่น ลำดับต่อไปจึงทำการทดลองหาค่าอ้างอิงในการแยกแยะรอยขีดข่วนจากการนำแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิขีดข่วนจำนวน 33 แผ่น ซึ่งการเพื่อหาค่าอ้างอิงนั้นได้ทำการเปลี่ยนแปลง “ผลลัพธ์การแยกแยะ” เริ่มต้นที่ค่า 0.4 ไปจนถึงค่า 1.0 ซึ่งจากการเปลี่ยนแปลง ค่าดังกล่าวจะทำให้ได้ผลลัพธ์ของการแยกแยะรอยตำหนิที่ต่างกันออกไปจะพบว่า ค่าอ้างอิงที่ 0.8 เป็นค่าอ้างอิงที่สามารถแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายจากรอยขีดข่วนได้ในจำนวนเยอะโดยสามารถแยกแยะรอยตำหนิขีดข่วนได้ 24 แผ่น จากจำนวน33 แผ่น โดยคิดเป็นร้อยละ 73% ของจำนวนแผ่นที่มีรอยตำหนิขีดข่วนทั้งหมด และส่วนที่เหลืออีก 27% นั้นระบบยังคงแยกแยะเป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ไม่ดี แต่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีรอยตำหนิจากคราบเปื้อนหรืออนุภาคฝุ่น สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเนื่องด้วย ความสามารถของกล้องที่ยังคงมีขีดจำกัดในการมองเห็นในรอยขีดข่วนที่เล็กและบาง โดยยังคงเทียบไม่ได้กับสายตามนุษย์ ในเรื่องของความละเอียดที่ตาคนมองได้ละเอียดกว่ากล้องนั่นเอง ดังตารางผลการทดลองที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 หาค่าอ้างอิงของการแยกแยะรอยตำหนิ

Area / Dimension	Scratched	Particle
0	0	33
0.1	0	33
0.2	5	28
0.3	19	14
0.4	10	23
0.5	14	19
0.6	19	14
0.7	20	13
0.8	**24**	**9**
0.9	24	9
1.0	24	9



ตัวอย่างในการแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีทั้งรอยขีดข่วนและคราบเปื้อนหรืออนุภาคเม็ดฝุ่น ตามอัลกอริทึมข้างต้นที่ได้กล่าวมานั้น ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีทั้งรอยขีดข่วนและอนุภาคเม็ดฝุ่น

จากรูปที่ 3.20 จะเห็นได้ว่าแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนี้มีทั้งรอยขีดข่วนและอนุภาคเม็ดฝุ่น ดังนั้นจะทำอย่างไรในการแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลงและจะจัดอยู่ในกลุ่มรอยตำหนิใด งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิดและและขั้นตอนในการแยกแยะดังนี้

การพิจารณารอยตำหนิเสียหายจะพิจารณาใช้รอยตำหนิเสียหายที่ใหญ่ที่สุด เพื่อเป็นตัวแทน ของรอยตำหนิ ในการนำเข้าสู่กระบวนการแยกแยะ โดยพิจารณาที่ขนาดของรอยความเสียหายจากรูปที่ 3.20 มีรอยตำหนิเสียหายทั้งหมด 5 จุด จุดรอยตำหนินั้น ๆ จะถูกเรียงพิจารณาที่ขนาดพิกเซลของรอยตำหนิ จากขนาดรอยตำหนิที่ใหญ่ไปหาขนาดรอยตำหนิที่เล็กเพื่อพิจารณารอยตำหนิเพียงจุดเดียวในการแยกแยะออกเป็นกลุ่มรอยขีดข่วน หรือกลุ่มรอยคราบเปื้อนหรืออนุภาคเม็ดฝุ่น จากรูปที่ 3.20 จุดที่ 2 เป็นจุดที่มีขนาดรอยตำหนิที่ใหญ่สุด ที่ขั้นตอนนี้ระบบยังไม่สามารถจะตัดสินใจได้ว่าจะแยกแยะรอยเสียหายนั้นเป็นกลุ่มรอยขีดข่วนหรือรอยคราบเปื้อน/อนุภาคเม็ดฝุ่น

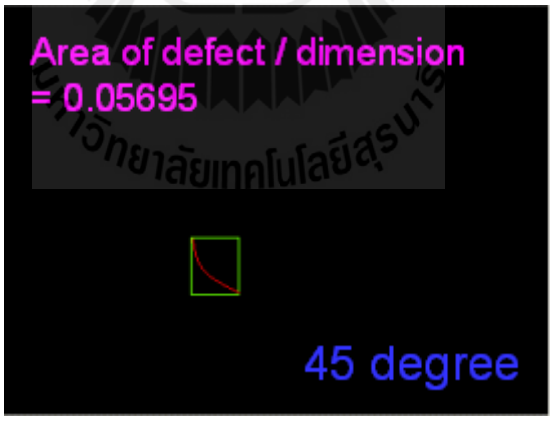
จากขนาดรอยตำหนิที่ใหญ่ที่สุดที่นำมาพิจารณางานวิจัยนี้ ได้กำหนดสูตรการประมวลผลเพื่อใช้แยกแยะลักษณะรอยตำหนิทั้งสอง ด้วย สมการ 3.1 จะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นตัวเลขค่าหนึ่ง โดยจากการทดลอง ได้กำหนดค่าผลลัพธ์ที่ประมวลผลได้ หากน้อยกว่า 0.8 ให้แยกแยะเป็น รอยตำหนิจาก รอยขีดข่วน หรือ Scratch หากผลลัพธ์ที่ประมวลผลได้ มีค่ามากกว่า 0.8 ให้แยกแยะเป็นรอยตำหนิจากคราบเปื้อน หรือ Particle โดยจะทำการประมวลผลทั้งหมด 8 ครั้งและในแต่ละครั้งของการประมวลผลจะทำการหมุนรอยตำหนิ ครั้งละ 45 องศา ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น จะได้ผลลัพธ์จากการประมวลผลด้วย สมการ 3.1 โดยผลลัพธ์จะถูกเก็บไว้ในตัวแปร ที่ชื่อ Scratch และ Particle ซึ่งเมื่อประมวลผลครบ 8 ครั้งแล้วจึงนำตัวแปรที่ชื่อ Scratchและ Particle มาตรวจสอบผลจากการประมวลผลทั้ง 8 ครั้งนั้น ค่าตัวแปรทั้งสองได้ผลลัพธ์เป็นเท่าใด หากตัวแปร ชื่อ Scratch มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ตัวแปรชื่อ Particle แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนั้น ๆ จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มของ Srctahced Defect และถ้าหากตัวแปรชื่อ Particleมีค่ามากกว่า ตัวแปรชื่อ Scratch แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนั้นจะถูกจัดอยู่ในกลุ่ม Particle Defect ซึ่งเป็นไปตามอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบไว้นั่นเอง

จากรูปตัวอย่างที่ 3.20 มีรอยตำหนิทั้งหมด 5 จุด มีทั้ง อนุภาคเม็ดฝุ่น และรอยขีดข่วน แต่จุดที่ 2 เป็นรอยตำหนิที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งจะถูกนำไปเข้ากระบวนการแยกแยะเป็นรอยตำหนิกลุ่มที่เรียกว่า รอยขีดข่วน หรือ กลุ่มที่เป็นอนุภาคเม็ดฝุ่นหรือคราบเปื้อนต่อไป ออกจากกันโดยอาศัยสมการ 3.1 ในการประมวลผลแยกแยะรอยตำหนิ ดังรูปที่ 3.21

รูปที่ 3.21 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ศูนย์องศา

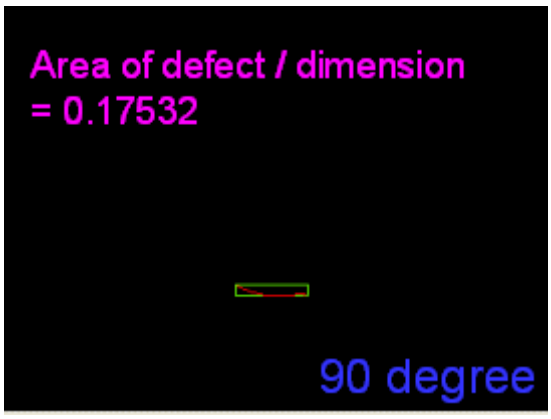
จากตัวอย่าง ขนาดพิกเซลของรอยตำหนิ = 225 pixels ขนาดของพื้นที่ของรอยตำหนิ = 13x89 pixels ผลลัพธ์ที่ได้ = 225 / (13x89) = 0.19446 (ค่า น้อยกว่าค่า 0.8)

เมื่อนำรอยตำหนิจุดใหญ่จุดเดียวมาพิจารณา ด้วยการหมุนรอยตำหนิไปที่มุม 45 องศา จะได้ผลลัพธ์การประมวลผล = 0.05695 (ค่า น้อยกว่าค่า 0.8) ส่วนตำแหน่งรอยตำหนิดังรูปที่ 3.22



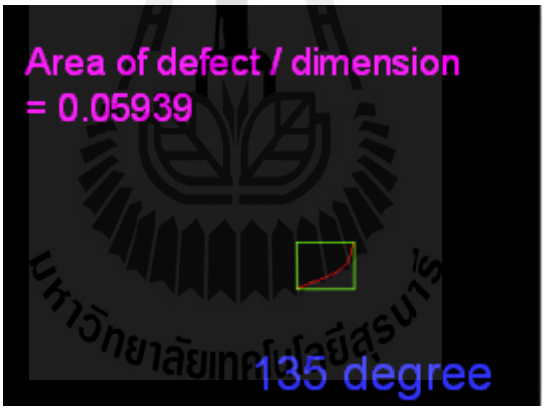
รูปที่ 3.22 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 45 องศา

เมื่อนำรอยตำหนิจุดใหญ่จุดเดียวมาพิจารณา ด้วยการหมุนรอยตำหนิไปที่มุม 90 องศา จะได้ผลลัพธ์การประมวลผล = 0.17532 (ค่า น้อยกว่าค่า 0.8) ส่วนตำแหน่งรอยตำหนิดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 90 องศา

เมื่อนำรอยตำหนิมาทำการหมุนไปอีก 45 องศา คือหมุนไปที่มุม 135 องศาจะได้ผลลัพธ์การประมวลผล = 0.05989 (ค่า น้อยกว่าค่า 0.8) ส่วนตำแหน่งรอยตำหนิดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 135 องศา

เมื่อนำรอยตำหนิมาทำการหมุนไปอีก 45 องศา คือหมุนไปที่มุม 180 องศาจะได้ผลลัพธ์การประมวลผล = 0.21434 (ค่า น้อยกว่าค่า 0.8) ส่วนตำแหน่งรอยตำหนิดังรูปที่ 3.25

รูปที่ 3.25 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 180 องศา

เมื่อนำรอยตำหนิมาทำการหมุนไปอีก 45 องศา คือหมุนไปที่มุม 225 องศาจะได้ผลลัพธ์การประมวลผล = 0.06096 (ค่า น้อยกว่าค่า 0.8) ส่วนตำแหน่งรอยตำหนิดังรูปที่3.26

รูปที่ 3.26 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 225 องศา

เมื่อนำรอยตำหนิมาทำการหมุนไปอีก 45 องศา คือหมุนไปที่มุม 270 องศาจะได้ผลลัพธ์การประมวลผล = 0.18019 (ค่า น้อยกว่าค่า 0.8) ส่วนตำแหน่งรอยตำหนิดังรูปที่ 3.27

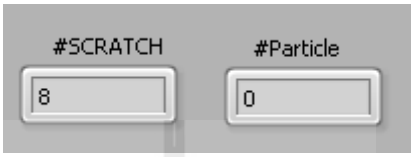
รูปที่ 3.27 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 270 องศา

เมื่อนำรอยตำหนิมาทำการหมุนไปอีก 45 องศา คือหมุนไปที่มุม 315 องศาจะได้ผลลัพธ์การประมวลผล = 0.05989 (ค่า น้อยกว่าค่า 0.8) ซึ่งเป็นการหมุนเป็นครั้งสุดท้ายส่วนตำแหน่งรอยตำหนิ ดังรูปที่ 3.28

รูปที่ 3.28 ตำแหน่งรอยตำหนิที่ 315 องศา

จากการทำการประมวลผลทั้งหมด 8 ครั้งผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลจะถูกเก็บไว้ในตัวแปร ที่ชื่อ Scratch และ Particle ซึ่งเมื่อประมวลผลครบ 8 ครั้งแล้วจึงนำตัวแปรที่ชื่อ Scratch และ Particle มาเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการประมวลผลของตัวแปรทั้งสองได้ผลลัพธ์เป็นเท่าใด หากตัวแปร ชื่อ Scratch มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ตัวแปรชื่อ Particle แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนั้น ๆ จะถูกจัดอยู่ในกลุ่มของ “Srctahced Defect” จากตัวอย่างที่ผ่านมา ได้ผลลัพธ์จากการประมวลผลลัพธ์

ของ ตัวแปร Scratch จะเท่ากับ 8 และตัวแปรชื่อ Particle มีผลลัพธ์เป็น 0 (ศูนย์) ซึ่งเงื่อนไข หากตัวแปร Scratch มากกว่าหรือเท่ากับตัวแปร Particle แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนั้นจะถูกจัดอยู่ในกลุ่มของ “Srctahced Defect” และหากผลลัพธ์ที่ตัวแปรตัวแปรชื่อ Scratch น้อยกว่า ผลลัพธ์ที่ตัวแปรชื่อ Particle แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลนั้นจะถูกจัดอยู่ในกลุ่ม “Particle Defect” เป็นไปตามอัลกอริทึม ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 ผลลัพธ์ในการประมวลผลของแต่ละตัวแปร

จากผลของการประมวลผลข้างต้นนั้นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลตัวอย่างแผ่นดังกล่าวจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มรอยตำหนิจากรอยขีดข่วน ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้นั่นเองซึ่งจากการออกแบบอัลกอริทึมของระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์นั้น สามารถแยกแยะรอยตำหนิได้ตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ ขั้นตอนต่อไปคือการทำการทดลองด้วยแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลตัวอย่างเพื่อนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ ซึ่งจะนำเสนอในบทต่อไป

3.5 สรุป

ระบบการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาให้ใหม่ในงานวิจัยนี้นั้น แบบจำลองของระบบได้สร้างขึ้นและทดลองนำข้อมูลภาพแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล เพื่อประมวลผลได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยแหล่งกำเนิดแสงงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ Ring Light low angle profile ซึ่งได้คุณภาพของข้อมูลภาพที่ดี และในบทนี้ได้นำเสนออัลกอริทึมในการแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิแบบต่าง ๆ ได้ และนำเข้าสู่ขั้นตอนในการทดลองและประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมของระบบในบทต่อไป

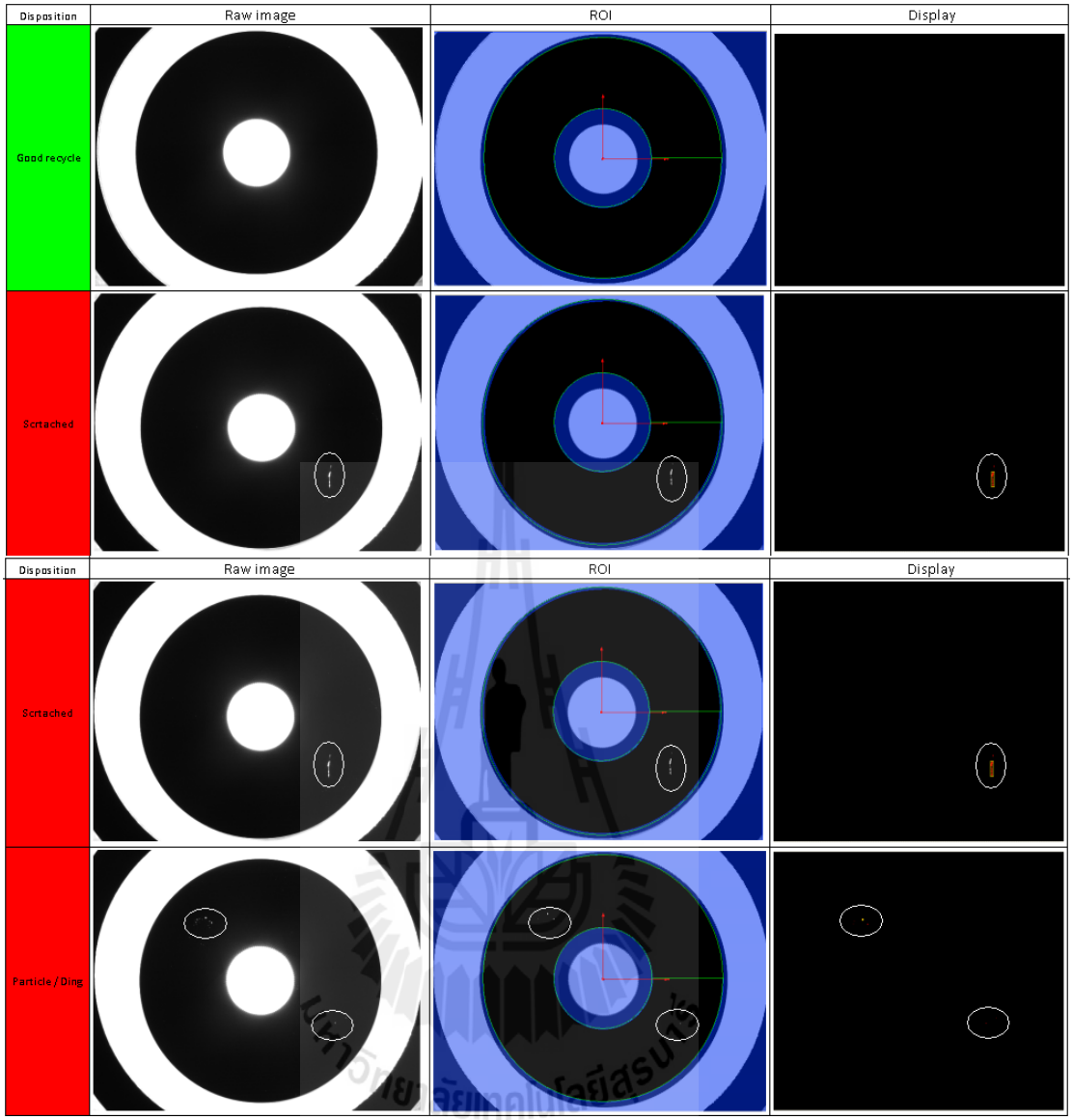
บทที่ 4
การทดลองและอภิปรายผล

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลอง และผลการทดลองจากการออกแบบระเบียบวิธีที่จำแนกลักษณะรอยตำหนิแบบต่าง ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ลักษณะที่สนใจในการแยกแยะคือ รอยขีดข่วนบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล รอยตำหนิที่มีลักษณะเป็นรอยวงกลม และรอยตำหนิจากฝุ่นผงหรือ ฝุ่นละอองหรือคราบรอยเปื้อนต่าง ๆ โดยทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลองตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลตัวอย่างจากการสายผลิตจริงซึ่งเป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ผ่านกระบวนการการตรวจสอบจากสายตาของผู้ปฏิบัติงานโดยแบ่งเป็นแผ่นที่ดีที่พร้อมนำกลับมาใช้งาน และแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่พบรอยตำหนิจากผู้ปฏิบัติงานทำการตรวจสอบ ซึ่งจะทำการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพก่อนประมวลผล ด้วยการปรับความสว่าง การแยกบริเวณที่สนใจ

4.2 ผลการปรับความสว่างและการแยกบริเวณที่สนใจ

ความสำคัญของงานด้านวิชั่นคือเรื่องของการปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพเพื่อให้เหมาะสมในการนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผล เช่นการปรับความสว่างของภาพแสงปรับเนื้อหาในส่วนนี้เป็นการนำเสนอลักษณะข้อมูลรูปภาพที่ได้ออกมาหลังการปรับความสว่าง การแยกบริเวณที่สนใจของตัวอย่างแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลแบบต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การปรับความคมชัดและการแยกบริเวณที่สนใจ (ROI)แถวที่หนึ่งเป็นตัวอย่างจากแผ่นที่ดี พร้อมนำกลับมาใช้ใหม่แถวที่เป็นสองตัวอย่างจากแผ่นทีเสียหายจาก HDIการปรับความสว่างและการแยกบริเวณที่สนใจ(ROI)แถวที่สามตัวอย่างจากแผ่นที่เสียหายจากรอยขีดข่วน scratchแถวที่สี่ตัวอย่างจากแผ่นที่เสียหายจากฝุ่นหรือคราบเปื้อน Particle

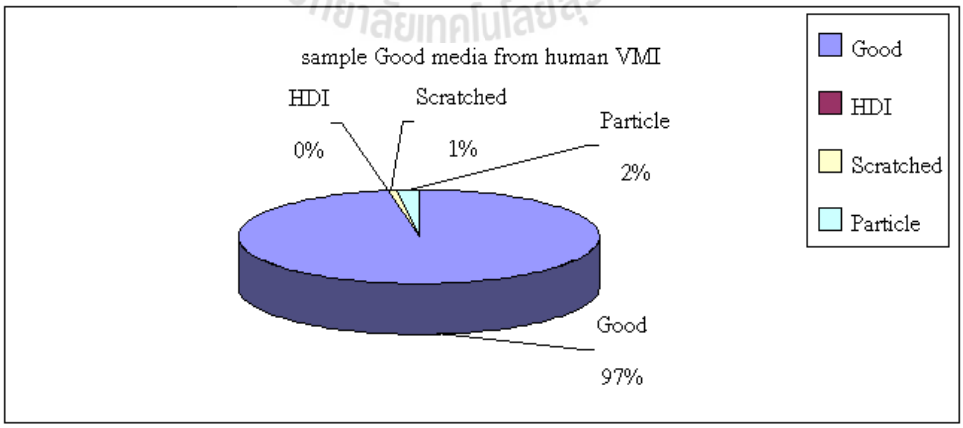
4.2.1 ผลการทดลองระหว่างการตรวจสอบด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานกับระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์

ในการตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการแยกแยะลักษณะของรอยตำหนินั้นงานวิจัยนี้ได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น2 ประเภทคือตัวอย่างแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีพร้อมนำกลับไปใช้งานใหม่ (Recycle) และตัวอย่างกลุ่มงาน ที่เสียหายทั้ง 3 ลักษณะ โดยกลุ่มตัวอย่างนำมาจากแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลจริงจากสายการผลิต

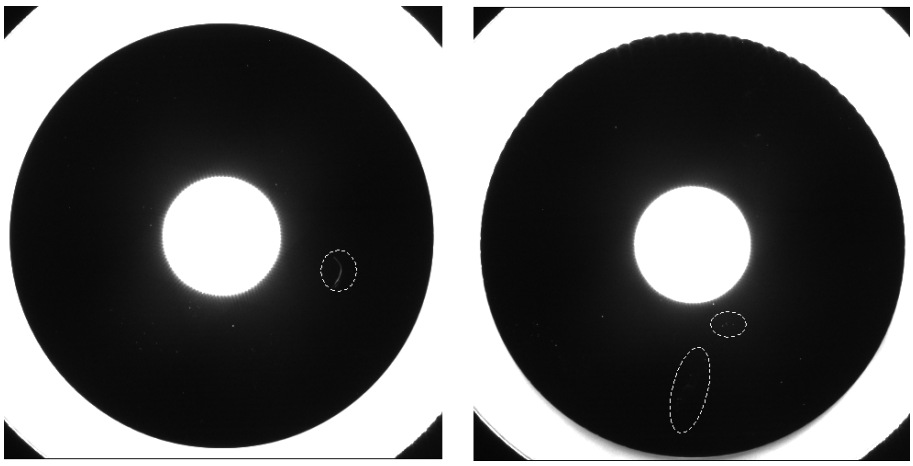
ตารางที่ 4.1 ตารางผลการทดลองเปรียบเทียบผลการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล
ระหว่างสายตาผู้ปฏิบัติงานกับระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์

Sample from human visual inspection		Computer Vision inspection			
Type of recycle media	Sample	Good	HDI	Scratched	Particle
Good	105	102	0	1	2
HDI	35	5	16	0	14
Scratched	35	2	0	24	9
Particle	35	0	0	2	33

จากตารางที่ 4.1 จากการตรวจสอบกลุ่มแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีที่พร้อมนำกลับไปใช้ใหม่นั้นพบว่าจากตัวอย่างจำนวน 105 ตัวอย่างพบว่าระบบสามารถแยกแยะผลออกมาได้คือ ประมาณ 97% (102 /105) เป็นแผ่นที่ดีที่พร้อมนำกลับไปใช้ใหม่, ประมาณ 1% (1/105) เป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีรอยขีดข่วน และ ประมาณ 2% (2/105) เป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มี Particle ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3



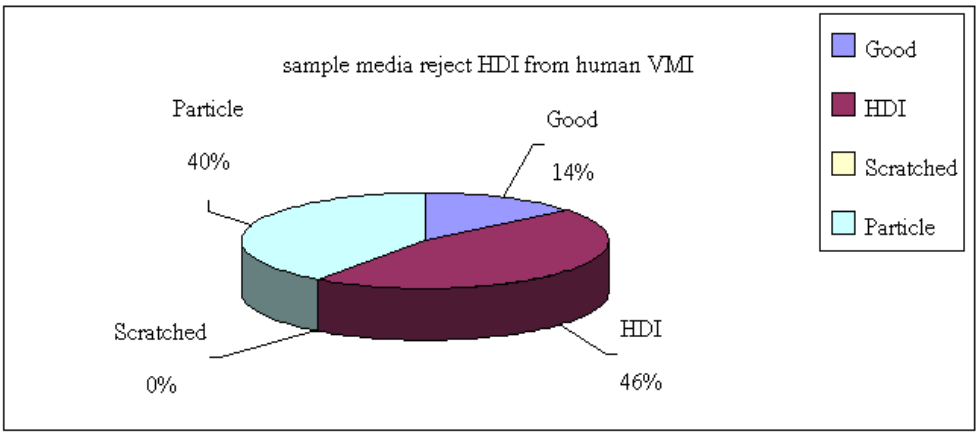
รูปที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบการตรวจแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงาน
กับระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์จากกลุ่มตัวอย่าง
ที่พร้อมนำกลับไปใช้ใหม่ (Over Accepted)



รูปที่ 4.3 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบผิดพลาดโดยสายตาผู้ปฏิบัติงานจากกลุ่มตัวอย่าง ไร้รอยตำหนิที่พร้อมนำกลับไปใช้ใหม่ (Over Accepted)

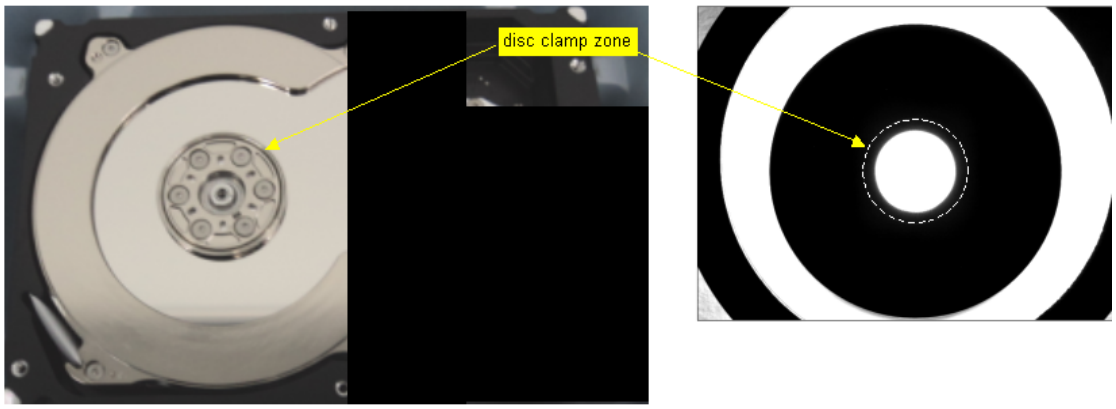
รูปที่ 4.3 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบผิดพลาดโดยสายตาผู้ปฏิบัติงานจากกลุ่มตัวอย่าง ที่ดีที่พร้อมนำกลับไปใช้ใหม่ (Over Accepted) (ต่อ)

จากตารางที่ 4.1 จากกลุ่มตัวอย่างที่มีรอยตำหนิเป็นจากหัวอ่าน (HDI) จำนวน 35 ตัวอย่าง พบว่าระบบสามารถแยกแยะผลออกมาได้คือ ประมาณ 14% (5 /35) เป็นแผ่นที่ดีที่พร้อมนำกลับไปใช้ใหม่, ประมาณ 46% (16/35) เป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึก ข้อมูลที่มีรอยวงกลม และ ประมาณ 40% (14/35) เป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มี Particle ดังรูป ที่ 4.4



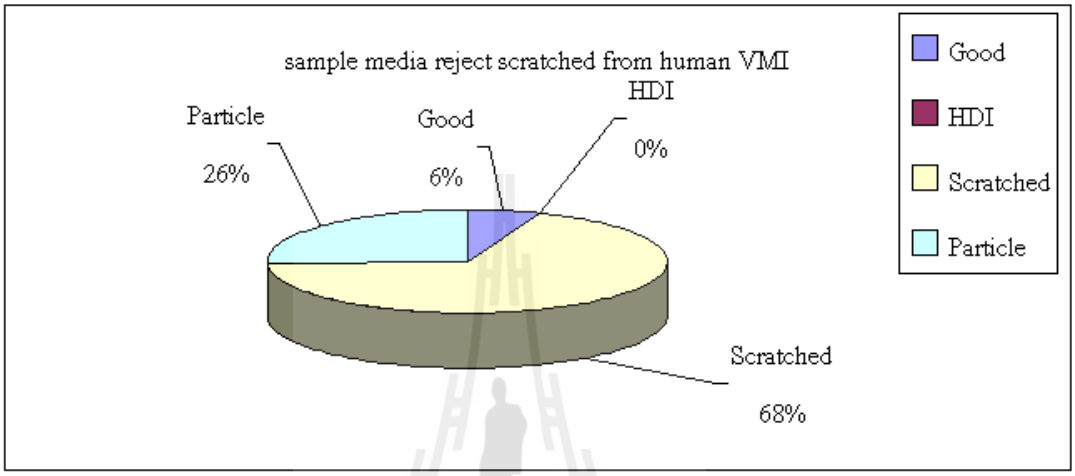
รูปที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบการตรวจแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานกับระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์จากกลุ่มรอยตำหนิจากหัวอ่าน

จากผลการทดลองที่ผ่านมา มีแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีปะปนมากับกลุ่มตัวอย่าง HDI เนื่องจาก มีรอยลักษณะ HDI ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งที่เป็นพื้นที่ของ disc Clampที่ใช้ยึดแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลกับแกนมอเตอร์ซึ่งแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลบางแผ่นที่นำกลับมาใช้ใหม่จะมีรอยวงกลเล็ก ๆ ที่รัศมีด้านในแต่ไม่ถึงโซนที่ใช้เก็บข้อมูล หากผู้ปฏิบัติงานพบเห็นรอยดังกล่าวจะเข้าใจว่าเป็น HDI ซึ่งเป็นการเห็นรอยตำหนิในตำแหน่งของ dics clamp อันเกิดจากกระบวนการการประกอบไดร์พซึ่งไม่ควรนับเป็นจุดเสียหายเพราะในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่นั้นตัว dics clamp ที่บิรเวณดังกล่าวก็จะถูกปิดด้วย disc clamp เมื่อผ่านกระบวนการนำกลับไปประกอบใหม่ โดยในโปรแกรมจะ ตัดส่วนนี้ออกประมาณ 30 pixel (คิดจากขอบในสุดออกมา) นั่นเองดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ตำแหน่งของดิสก์แคล็มพ์ในการประกอบตัวเก็บข้อมูล

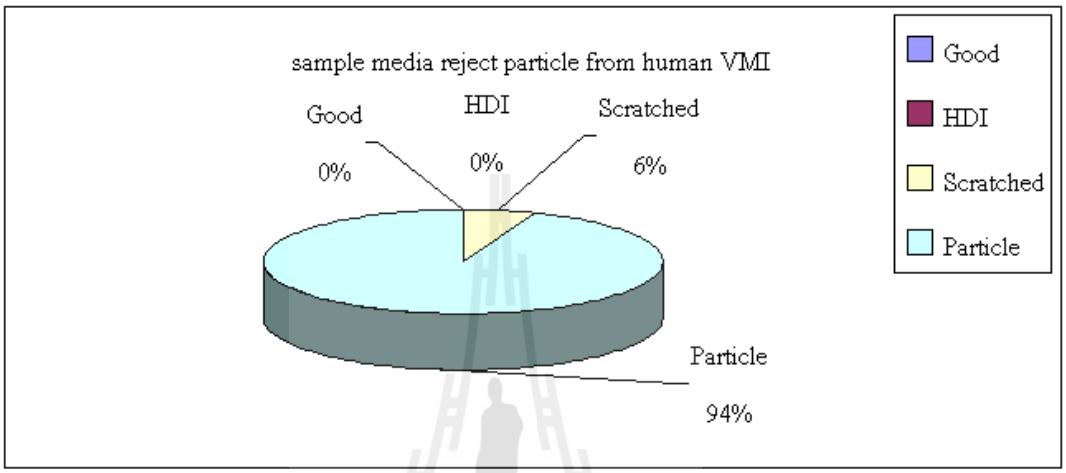
จากตารางที่ 4.1 จากกลุ่มตัวอย่างที่มีรอยตำหนิเป็นรอยขีดข่วนจำนวน 35 ตัวอย่าง พบว่าระบบสามารถแยกผลออกมาได้คือ ประมาณ 5% (2 /35) เป็นแผ่นที่ดีที่พร้อมนำกลับไปใช้ใหม่โดยประมาณ 68% (24/35) เป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึก ข้อมูลที่มีรอยขีดข่วนและ ประมาณ 26% (9/35) เป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มี Particle รูปที่ 4.6 และ 4.7



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบการตรวจแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานกับระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์จากกลุ่มตัวอย่างรอยตำหนิรอยขีดข่วน

รูปที่ 4.7 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบผิดพลาดโดยสายตาผู้ปฏิบัติงานจากกลุ่มงานที่มาจากกลุ่มงาน ที่มีรอยขีดข่วน (Overjected)

จากตารางที่ 4.1 จากกลุ่มตัวอย่างที่มีรอยตำหนิที่มี Particle จำนวน 35 ตัวอย่าง พบว่าระบบสามารถแยกผลออกมาได้คือ ประมาณ 5.7% (2/35) เป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึก ข้อมูลที่มีรอยขีดข่วนและ ประมาณ 94.3% (33/35) เป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มี Particle ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9



รูปที่ 4.8 ผลการเปรียบเทียบการตรวจแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานกับระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์จากกลุ่มรอยตำหนิจาก Particle

รูปที่ 4.9 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบผิดพลาดโดยสายตาผู้ปฏิบัติงานจากกลุ่มงานที่มาจากกลุ่มงาน ที่มีฝุ่นหรือคราบเปื้อน

4. 3 ประสิทธิภาพของระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์

จากผลการทดลองจากตารางที่ 4.2จะเห็นได้ว่าระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์สามารถตรวจพบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ผู้ปฏิบัติงานนั้นตรวจสอบผิดพลาดด้วยสาเหตุต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการมองไม่เห็นจุดเสียหาย การมองข้าม หรือจากความเมื่อยล้าในการตรวจสอบเป็นเวลานาน

ตารางที่ 4.2 ตารางผลการทดลองเปรียบเทียบผลการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ระหว่างสายตาผู้ปฏิบัติงานกับระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์

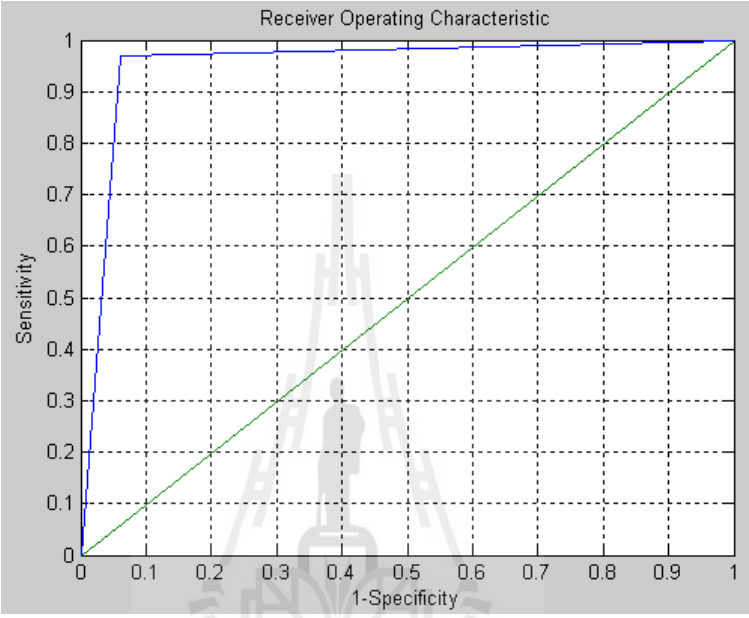
Sample from human visual inspection		Computer Vision inspection			
Type of recycle media	Sample	Good	HDI	Scratched	Particle
Good	105	102	0	1	2
HDI	35	5	16	0	14
Scratched	35	2	0	24	9
Particle	35	0	0	2	33

จากผลการทดลองตามตารางที่ 4.2 หากนำผลดังกล่าวไป ประเมินด้วยการวาดกราฟ ROC (Receiver Operating Characteristic) ซึ่งเป็นกราฟที่นิยมในการนำมาประเมินผลการทดลอง หรืออัลกอริทึม เพื่อประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการแยกแยะแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์โดยสรุปผลการทดลองในรูปแบบของตาราง Confusion Matrix ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ตารางผลการทดลองในรูปแบบของ ตาราง Confusion Matrix

	ผลการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลจากระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์		
ผลการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลจากสายตาของผู้ปฏิบัติงาน	Positive	Negative	Total
Positive	98	7	105
Negative	3	102	105
Total	101	109	210

จาก ตาราง Confusion Matrix ตารางที่ 4.3 ที่ได้จากผลการทดลองของระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ เมื่อนำผลการทดลองไป ประเมินผลลัพธ์จากการทดลองหรือจากอัลกอริทึมด้วยการทำกราฟ ROC หรือ ที่เรียกว่า Receiver Operating Characteristic ซึ่งเป็นกราฟที่ใช้ในการประเมินผลลัพธ์หรือจากอัลกอริทึมจากการทดลองจะได้กราฟ ROC ที่พล๊อตจาก Matlab ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟ ROC ที่ได้จากการประเมินประสิทธิภาพอัลกอริทึมของระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์

จากกราฟ ROC รูปที่ 4.10 เราสามารถประเมินผลค่าความแม่นยำของอัลกอริทึมได้โดยหาได้จาก

$$\%\,\text{Accuracy} = \frac{98+102}{98+7+3+102} x100\% \quad = \frac{200}{210} x100\% \quad = 95.2\%$$

ค่าความแม่นยำ (Accuracy) คือ ค่าของการวัดผลนี้จะสามารถแสดงถึงอัตราที่มีการทำนายที่ถูกต้องต่อจำนวนทั้งหมดของข้อมูล โดย สามารถหาได้จาก

ค่าความอ่อนไหว (Sensitivity) หรือ อัตราความถูกต้องเชิงบวก (True Positive Rate) หรือ ค่าระลึก (Recall) คือ คุณลักษณะการเรียกใช้ในศาสตร์ที่ต่างกัน ซึ่งผลการคำนวณ และวิธีการ

คำนวณจะเหมือนกันโดยที่การวัดผลชนิดนี้ จะวัดผลโดยหาอัตราของค่าความถูกต้องเชิงบวก (True Positive) ต่อจำนวน ของ ข้อมูลที่เป็น Positive โดยหาได้จาก

$$Sensitivity = \frac{98}{101} = 0.9703$$

จากผลลัพธ์ที่ได้ คือ 0.9703 เป็นค่าที่เข้าใกล้ 1 ซึ่ง ยิ่งค่าเข้าใกล้ 1 มากเท่าใดแสดงว่าอัลกอริทึมของระบบดีมาก

ค่าความจำเพาะ (Specificity) หรือ อัตราความถูกต้องเชิงลบ (True Negative Rate) คือ การวัดผลของอัตราค่าความถูกต้องเชิงลบ (True Negatives) ส่วนด้วยข้อมูลที่ เป็น Negativeโดยหาได้จาก

$$Specificity = \frac{102}{109} = 0.94$$

อัตราความผิดพลาดเชิงบวก (False Positive Rate) หรือ ค่า 1-Specificity คือ การประเมินประสิทธิภาพของตัวจำแนก (Classifier) โดยคำนึงถึงค่าความผิดพลาดเชิงบวก (False Positives) ในการวัดผลเป็นหลัก ซึ่งจะนำไปเปรียบเทียบอัตรากับชุดข้อมูลทดสอบ ที่เป็น Negative โดยหาได้จาก

$$False\ Positive\ Rate = 1\text{-}Specificity = 1 - 0.94 = 0.06$$

4. 4 อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่าการตรวจชิ้นงานด้วยสายตานั้นจะมีความผิดพลาดอยู่เสมอด้วยสาเหตุต่าง ๆ มากมายไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของการมองไม่เห็นจุดเสียหาย การมองข้ามจุดเสียหาย จากความเหนื่อยเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงานเอง หรืออาจจะเกิดจากปัจจัยในความสามารถในการตัดสินใจที่ต่างกันของผู้ปฏิบัติงานเองในการตัดสินใจเพราะจะขึ้นอยู่ที่ประสบการณ์ ของผู้ปฏิบติงานเองหรือแม้กระทั่งข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่ในการตรวจสอบชิ้นงานที่แคบ และอาจจะมีเงื่อนไขที่ซับซ้อนในการตรวจสอบและตัดสินใจ ผลจากการทดลองเปรียบเทียบผลการตรวจสอบระหว่างการตรวจด้วยสายตากับระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์นั้น จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีพร้อมใช้งาน ระบบการมองเห็น ด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถตรวจพบว่ามีแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีจุดเสียหายหรือบกพร่องอยู่ ที่ควรถูกแยกออก ประมาณ 3% (3/105) ของกลุ่มตัวอย่างสาเหตุที่เกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นสำหรับกลุ่มงานจากกลุ่มงานที่เป็นแผ่นแม่เหล็ก

บันทึกข้อมูลที่ดีพร้อมใช้งานมีแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายปะปนอยู่ก็มาจากในส่วนของการมองไม่เห็นจุดเสียหายเพราะพื้นที่ใจการตรวจสอบค่อนข้างจะแคบ คือ ประมาณ 3 มิลลิเมตรเอง ดังรูปที่ 4.11 ซึ่งระยะห่างต่อแผ่นที่แคบนี้ทำให้เป็นสาเหตุหนึ่งที่มีโอกาสทำให้เกิดความผิดพลาดจากการตรวจคัดแยกแผ่นที่มีรอยตำหนิได้ หรือแม้แต่ปัจจัยของความเมื่อยล้าจากการตรวจชิ้นงานในเวลานาน ๆ และความชำนาญและทักษะความสามารถของผู้ปฏิบัติงานระหว่างผู้ปฏิบัติงานด้วยกันอาจจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งเป็นสาเหตุโดยธรรมชาติหากระบบการตรวจสอบนั้น ๆ ใช้การตรวจสอบชิ้นงานด้วยสายตาของผู้ปฏิบัติงาน

รูปที่ 4.11 ระยะห่างของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่แคบเพียง3 มิลลิเมตร

เมื่อพิจารณาผลของการเปรียบเทียบของกลุ่มงานที่มีจุดเสียหายหรือบกพร่องนั้น ระบบการมองเห็น ด้วยคอมพิวเตอร์สามารถตรวจพบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีและพร้อมใช้งานถูกรวมไปอยู่ในกลุ่มงานที่จะทิ้งไปประมาณ 7% สาเหตุที่เกิดของการตัดสินใจผิดพลาดเนื่องก็มีสาเหตุปัจจัยเดียวกับความผิดพลาดข้างต้นที่ได้อธิบายไว้ ไม่ว่าจะเป็นระยะความแคบของชิ้นงานที่ตรวจสอบ ความบกพร่อง หรือความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงาน นั่นเอง

จากผลการทดลองดังกล่าวจะเห็นได้ว่าระบบการมองเห็นด้วยความพิวเตอร์มีความแม่นยำ 95.2% ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากคำนวณ จากการจัดรูปแบบข้อมูลตามตาราง Confusion Matrix และจากจากพื้นที่ใต้กราฟของกราฟ ROC ที่มีพื้นที่มากแสดงถึงอัลกอริทึมที่ได้จากการทดลองมีความถูกต้องสูง และอีกประเด็นหนึ่งคือระบบสามารถพิจารณาเงื่อนไขที่ซับซ้อนได้มากกว่าการใช้ผู้ปฏิบัติงาน และมีความเหมาะสม กับการตรวจสอบชิ้นงานบางประเภทที่ต้องการความสะอาดเป็น

อย่างมากหรือชิ้นงานบางอย่างที่ไม่ต้องการให้ผู้ปฏิบัติงานจับชิ้นงาน ระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์จะตอบโจทย์ให้กับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ดีและมีความเชื่อมั่นในระบบการตรวจสอบที่ดีกว่าการใช้ผู้ปฏิบัติงานตรวจอย่างแน่นอน เพราะว่าสามารถจะตรวจสอบชิ้นงานได้ด้วยการไม่สัมผัสชิ้นงานหรือใช้เป็นระบบการวัดได้ด้วยการออกแบบทางกลและโปรแกรมต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการมองเห็นแล้วแสดงผลการวัดออกมาโดยที่ไม่ได้สัมผัสชิ้นงาน

4. 5 สรุป

จากวัตถุประสงค์งานวิจัยนี้ที่ได้กำหนดไว้ประการด้วยกันคือเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบการมองเห็นภาพเพื่อแยกแยะแผ่นบันทึกข้อมูลที่มีจุดบกพร่องบนผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลและเพื่อพัฒนาระบบการมองเห็นภาพเพื่อแยกแยะแผ่นบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิบนผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลเป็นการปรับปรุงกระบวนการการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กเก็บข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากนั้น จากผลการทดลอง สรุป ได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบการมองเห็นด้วยพิวเตอร์มาตรวจสอบและแยกแยะบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิออกโดยเปรียบเทียบจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าผลการตรวจสอบและการแยกแยะบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิดีกว่าการตรวจสอบด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานเพราะมีความผิดพลาดน้อยกว่าการตรวจด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานเพราะระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ไม่มีความบกพร่องการความเมื่อยล้า ซึ่งความแม่นยำในการตรวจสอบและคัดแยกจะขึ้นอยู่ที่ความซับซ้อนของการออกแบบเงื่อนไขต่าง ๆ ตามอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบไว้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากวัตถุประสงค์งานวิจัยที่ได้กำหนดไว้ 2 ประการด้วยกันคือ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบการมองเห็นภาพเพื่อแยกแยะแผ่นบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิบนผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลและเพื่อพัฒนาระบบการมองเห็นภาพเพื่อแยกแยะแผ่นบันทึกข้อมูลที่มีรอนตำหนิบนผิวของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลเป็นการปรับปรุงกระบวนการการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กเก็บข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากนั้น จากผลการทดลอง สรุป ได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบการมองเห็นด้วยพิวเตอร์มาตรวจสอบและแยกแยะบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิออกโดยเปรียบเทียบจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าผลการตรวจสอบและการแยกแยะบันทึกข้อมูลที่มีรอยตำหนิดีกว่าการตรวจสอบด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานเพราะมีความผิดพลาดน้อยกว่าการตรวจด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงาน เพราะระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ไม่มีข้อบกพร่องจากเมื่อยล้าในการ ความแม่นยำในการตรวจสอบของระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์จากการประเมิน ด้วยการวาดกราฟ ROC มีความแม่นยำถึง 95%

สรุปผลที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ได้จากการตรวจด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานกับระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

5.1.1 มีจำนวนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ควรถูกคัดแยกออกทิ้งปะปนกับแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ดีพร้อมนำกลับไปประกอบใหม่ประมาณ 3% (3 จาก 105 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลตัวอย่าง)

5.1.2 มีจำนวนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ควรนำกลับไปใช้ใหม่ปะปนกับแผ่นแม่เหล็กที่คัดแยกออกทิ้ง 7% (7 จาก 105 แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลตัวอย่าง)

จากผลข้างต้นผู้ใช้งานฮาร์ดดิกส์ไม่ต้องกังวัลในส่วนของความผิดพลาดจากการตรวจสอบด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานว่าจะส่งผลมาถึงผู้ซื้อตัวเก็บข้อมูลไปใช้งาน เพราะถึงแม้ว่าจะมีแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลบางส่วนที่ควรถูกแยกทิ้งไปแต่กลับนำมาประกอบใหม่แล้วหลุดส่งมาให้ผู้ซื้อตัวเก็บข้อมูลเพราะเมื่อกระบวนการนำแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลไปประกอบใหม่แล้วนั้น ยังมีขั้นตอนในการทดสอบทางไฟฟ้าต่าง ๆ ให้เป็นไปตามเงื่อนไขในการทดสอบก่อนนำตัวเก็บข้อมูลนั้น ๆ จะส่งออกมาถึงมือผู้บริโภค ซึ่งกระบวนการทดสอบนั้น ๆ ใช้ระยะเวลาค่อนข้างนานในการทดสอบ

อาจจะใช้หลายสัปดาห์ซึ่งเป็นกระบวนการปกติทั่วไปที่แต่ละโรงงานมีการคัดกรองและเน้นคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ดีก่อนส่งถึงลูกค้า ในส่วนของความผิดพลาดจากการตรวจสอบด้วยสายตาผู้ปฏิบัติงานส่งผลถึงใคร ก็ส่งผลโดยตรงกับผู้ผลิตสินค้าในที่นี้คือตัวเก็บบันทึกข้อมูลนั่งเองที่จะเพิ่มค่าใช้จ่ายในการผลิตที่มากขึ้นในส่วนของกระบวนการการถอดประกอบ เพราะเมื่อแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เสียหายและควรถูกทิ้งไปกลับปะปนอยู่ในแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่พร้อมนำกลับมาใช่ใหม่แล้วประกอบเป็นไดร์พเมื่อเข้าสู่กระบวนการทดสอบทางไฟฟ้าและค่าต่าง ๆ จะส่งให้ผลิตภัณฑ์ตัวนั้น ๆ ไม่ผ่านการทดสอบ เมื่อผลิตภัณฑ์ตัวนั้น ๆ ไม่ผ่านการทดสอบก็จะถูกนำไปถอดแยกชิ้นส่วนเพื่อนำชิ้นส่วนบางอย่างกลับมาใหม่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการผลิตนั่นเอง

5.2 ปัญหาที่พบในการทำงานวิจัย

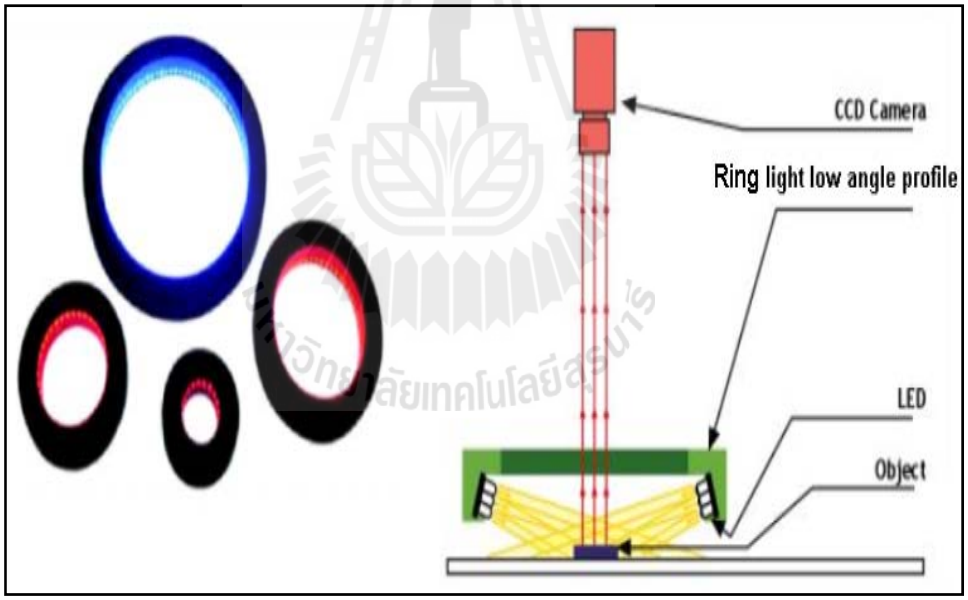
5.2.1 ปัญหาในการใช้แสงสว่างที่ไม่เหมาะสมกับวัตถุที่มีการสะท้อนแสง

ประเด็นแรก การเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ส่งผลต่อคุณภาพของภาพที่จะนำไปประมวลอย่างมาก โดยก่อนหน้านี้งานวิจัยนี้งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปในท้องตลาด ซึ่งส่วนใหญ่จะมีลักษณะที่เรียกกันว่า Ring light high profile ดังรูปที่ 5.1

รูปที่ 5.1 Ring light high angle profleที่มาของรูป http://www.tms-lite.com/en/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=30

ซึ่งการวางตัวของแหล่งกำเนิดหรือการติดตั้งมีความยุ่งยากมาก หากติดตั้งในงานจริงดังรูปที่ 5.2 แสงสว่างจะสะท้อนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกระจกจะสะท้อนเข้ากล้องส่งผลทำให้ได้ภาพที่ขาวสว่างจ้าไม่เห็นรอยใด ๆ เป็นเพียงแสงสะท้อนเข้ากล้อง ซึ่งหากแก้ไขด้วยการติดตั้งไว้ที่ด้านข้างของวัตถุการกระจายของแสงจะไม่ครอบคลุมทั่วทั้งแผ่น ส่งผลให้ในบางตำแหน่งที่แสง กระจายไม่ทั่วทำให้ระบบไม่สามารถจะตรวจจับรอยตำหนิได้และถ้าอยากให้แสงกระจายให้ครอบคลุมวัตถุที่ต้องการจะตรวจจับอาจจะต้องใช้จำนวนของ Ring light high profile ที่มากกว่า หนึ่งตัว จะทำให้ติดตั้งได้ยากมากขึ้นและสูญเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อแหล่งกำเนิดมาโดยไม่จำเป็น

จากปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้ได้ปรึกษาสอบถามแนวทางแก้ไขปัญหาจากอาจารย์ที่ปรึกษา จึงได้นำแหล่งกำเนิดแสงที่เรียกว่า Ring Light low angle profile เพื่อนำมาแก้ปัญหาแทนการใช้ Ring light high angle profile ดังรูปที่ 5.2

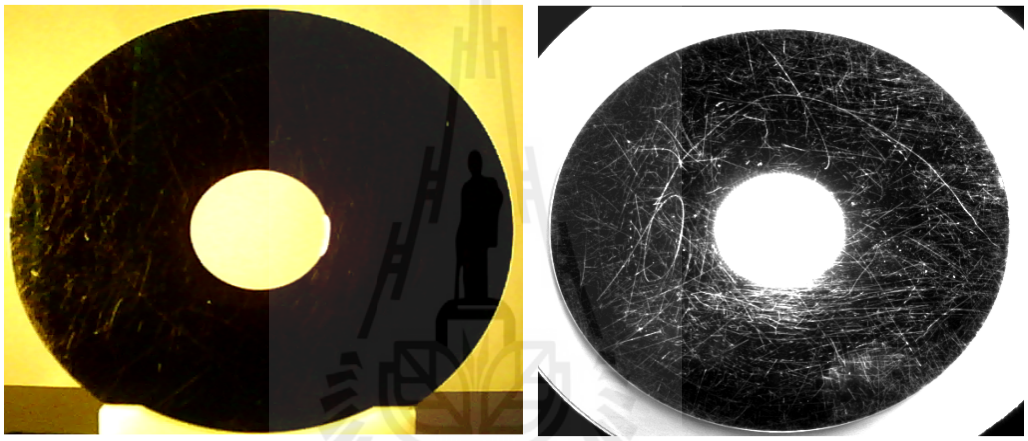


รูปที่ 5.2 Ring light low angle profle ที่มาของรูป http://www.tms-lite.com/en/index.php?option=com_content&view=article&id=9&Itemid=32

จากการเลือกใช้ Ring light low angle profle ตามคำแนะนำของผู้รู้หลาย ๆ ท่านนั้นทำงานงานวิจัยนี้สามารถตรวจจับรอยตำหนิต่าง ๆ ที่มีอยู่บนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล แต่ทั้งนี้มีอีกหนึ่งสิ่งที่ผู้สนใจงานด้าน Vision ควรตระหนักคือ สีของหลอด LED มีอยู่หลายสี เช่น สีแดง

สีน้ำเงิน และสีเขียว สีต่าง ๆ ได้ถูกออกแบบมาให้ใช้ได้กับวัตถุและคุณสมบัติของวัตถุที่ต่างกัน แต่ในที่นี้งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ แสงสีเขียว เนื่องมาจากภายในโรงงานของงานวิจัยนี้ได้ใช้แสงสีเขียวกับกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการหยิบและวางแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้แสงสีเขียวในการทำงานวิจัย และงานวิจัยนี้ไม่ได้ทดลองใช้แสงสีอื่น ๆ กับงานวิจัยนี้เนื่องด้วยเป็นอุปกรณ์ที่ต้องนำเข้าและมีราคาค่อนข้างแพง

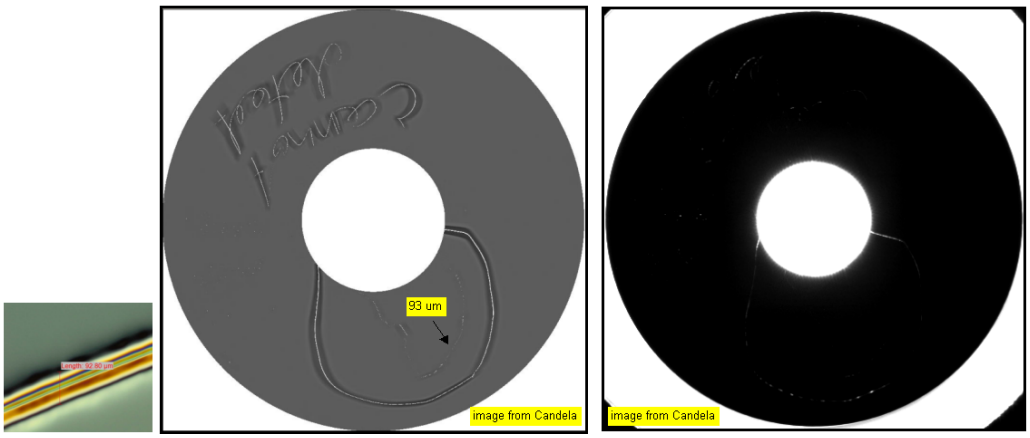
ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้แสดงภาพที่ได้จากการใช้ แหล่งกำเนิดแสงสองอย่างเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแต่กต่างกันของคุณภาพของภาพที่ได้ออกมาเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลต่อไป ดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 ภาพที่ถ่ายจากกล้องที่ใช้ Ring light high angle (ซ้ายมือ) และภาพที่ถ่ายจากกล้องที่ใช้ Ring light low angle (ขวามือ)

5.2.2 ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ใช้ กล้องที่มีขนาดของตัวรับภาพที่มีความละเอียดของภาพไม่มากนักหากเปรียบเทียบกับเครื่องมือบางชนิดที่มีใช้ในด้านการวิเคราะห์ของโรงงานอุตสาหกรรม จึงอาจจะทำให้ในรอยตำหนิขนาดน้อยกว่า 100 ไมโครเมตร อาจจะไม่สามารถตรวจจับได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทดลองขีดรอยตำหนิเป็นเส้นบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาผู้ปฏิบัติงานแล้วนำเข้าได้ประมวลผล ระบบไม่สามารถมองเห็นรอยตำหนิได้ ผู้ทำงานวิจัยนี้จึงนำแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลดังกล่าวไปวัดขนาดของรอยตำหนิด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า เครื่อง Candela ซึ่งใช้งานด้านห้องปฏิบัติการที่สามารถวัดขนาดของรอยขีดข่วนนั้นได้ ซึ่งขนาดที่เล็กที่สุดของรอยตำหนิโดยประมาณ 93 ไมโครเมตร (โดยประมาณ 100 ไมโครเมตร) ดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 ภาพแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่มีขนาดรอยตำหนิขนาด 93 ไมโครเมตร

5.3 ข้อเสนอแนะ

กระบวนการการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์สิ่งที่สำคัญมีอยู่หลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความละเอียดของกล้องที่ใช้ในการตรวจจับรอยเสียหายบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ สิ่งที่สำคัญประเด็นหนึ่งคือการควบคุมแหล่งกำเนิดแสงจากภายนอกที่จะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของข้อมูลภาพที่จะนำเข้าสู่กระบวนการการประมวณผลซึ่งการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงนั้นจะต้องคำนึงถึงลักษณะกายภาพของวัตถุที่ตรวจจับไม่ว่าจะเป็นลักษณะทางเรขาคณิต ขนาด หรือแม้แต่คุณสมบัติของการสะท้อนแสงของวัตถุที่ตรวจจับซึ่งรวมไปถึงวิธีในการติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงโดยมีการติดตั้งอยู่หลายแบบขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบระบบจะนำมาใช้ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของงานแต่ละด้าน

ระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยนี้เป็นการตรวจจับรอยตำหนิบนผิวภายนอกของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล (สามารถมองเห็นได้ด้วยตา) จะไม่ครอบคลุมไปถึงข้อบกพร่องต่างที่เกิดขึ้นในชั้นต่าง ๆ ของแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าที่รอยตำหนิอาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการทำชั้นต่าง ๆ ของกระบวนการผลิตแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล

ข้อเสนอแนะอีกประการหนึ่งในการออกแบบระบบการมองเห็นเพื่อตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการประกอบฮาร์ดดิสก์นั้น สิ่งที่สำคัญมากประการหนึ่งคือเรื่องของการควบคุมความสะอาด เพราะในกระบวนการการประกอบฮาร์ดดิสก์นั้นจะกระทำในห้องที่ควบคุมจำนวนฝุ่นละอองในอากาศ หรือที่เรียกว่า Clean Room ในห้องสะอาดนี้จะควบคุมจำนวนฝุ่นละอองในอากาศเป็นอย่างดี เพราะฝุ่นละอองจะส่งผลต่อกระบวนการอ่านและการเขียนข้อมูลลงแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลถึงขั้นฮาร์ดดิสก์เสียหายไม่สามารถใช้งานได้ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองในห้องสะอาด Class 100

5.4 ข้อสังเกต

ประเด็นหนึ่งที่การตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบด้วยระบบการมองเห็นที่ได้ออกแบบนั้น มีความต่างจากกระบวนการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ตรวจสอบด้วยสายตาของผู้ปฏิบัติงานก็คือ ขั้นตอนการตรวจสอบของระบบมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์นั้นเป็นการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยการหยิบออกมาจากกล่องบรรจุ ซึ่งกระบวนการตรวจสอบในปัจจุบันนั้นจะตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลด้วยการดูทั้งกล่องบรรจุแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ซึ่งหากเปลี่ยนให้ผู้ปฏิบัติงานหยิบตรวจทีละแผ่นทีละแผ่นประสิทธิภาพในการตรวจสอบจะดีมากกว่าแน่นอน และจะมีความผิดพลาดน้อยกว่าการตรวจสอบทั้งกล่องบรรจุอีกด้วย แต่หากต้องทำการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลทีละแผ่นเราจะต้องใช้ผู้ปฏิบัติงานเป็นจำนวนมากกว่าปัจจุบันอย่างมาก เพราะเนื่องมาจากปริมาณแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่ผู้ปฏิบัติงานต้องตรวจสอบมีจำนวนมากกว่าสามหมื่นแผ่นต่อวัน การตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลทีละแผ่นด้วยจำนวนคนที่มีอยู่ 5 คนจะไม่สามารถตรวจสอบเพื่อส่งแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่พร้อมนำกลับไปใช้ใหม่ไม่เพียงพอต่อความต้องการในการประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ส่งให้ลูกค้าได้

การที่จะให้ผู้ปฏิบัติงานตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลทีละแผ่นนั้น ยิ่งมีโอกาสที่จะทำให้เกิดรอยตำหนิบนแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลได้ ซึ่งเกิดจากกระบวนการในการหยิบขึ้นมาตรวจสอบ และหยิบวางคืนในกล่องบรรจุ ในบางบริษัทจึงให้ทำการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลทั้งกล่องบรรจุ เพื่อเลี่ยงเลี่ยงการที่ผู้ปฏิบัติงานทำให้เกิดรอยตำหนิขึ้นนั่นเอง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์. “การวัดเชิงกลด้วย Labview”. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รศ. ดร.สมเกียรติ อุดมหรรษากุล. (2554) “การประมวลผลภาพดิจิตอลเบื้องต้น”.

Braillon, C., Pradalier, C., Crowley, J.L., Laugier, C., (2006). **Real-time moving obstacle detection using optical flow models**

Dom, B., Steele, D., Petkovic, D., and Kuhlmann., L. **Algorithms for Automatic Disk Head/Slider Inspection**. IEEE Conference Publications. 12th Int. Con. Computer Vision and Image Processing: 295–300.

EE, Hongshi Yan, Tardi Tjahjadi, (2004). **Multiple motion segmentation through a highlyrobust estimator**. SMC, (4).: 3082-3087

Eren, P. E., Altunbasak Y., and Tekalp A. M., (1997). **Region-based affine motion segmentationusing color information**, Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing,(ICASSP). Munich, Germany, vol. 4: 3005-3008.

Giachetti, A., Campani, M., and Torre, V., (1998). **The use of optical flow for road navigation**.IEEE Trans. on Robotics and Automation, 14(1).:34-48

Hepplewhite, L., Stonham, T.J., and Glover, R.J. **Automated Visual Inspection of Magnetic Disk Media**. IEEE Conference Publications. 3rd Int. Con. Electronics, Circuits, and Systems. 2: 732 – 735.

Kanitta, H., Wantanee, Ch. and Rattiyakorn, Th (2008). **Top cover screw floating check at final inspection**, BURAPHA UNIVERSITY.

Lorusso, A., and De Micheli E., (1996). **An approach to obstacle detection and steering controlfrom opticalflow**, Intelligent Vehicles Symposium, Proceedings of the 1996 IEEE

Nitsuwat, S., Jin J.S., Hudson H.M, (2000). **Motion-based video segmentation using fuzzyclustering and classical mixture model**, Image Processing, Proceedings, InternationalConference, Vol.1: 300–303.

Trajkovic, M., and Hedley M., (1996). **Two clustering algorithms and their application tomotionsegmentation**, TENCON '96. Proceedings. IEEE

ภาคผนวก ก

ความรู้เกี่ยวกับ โปรแกรม Labview

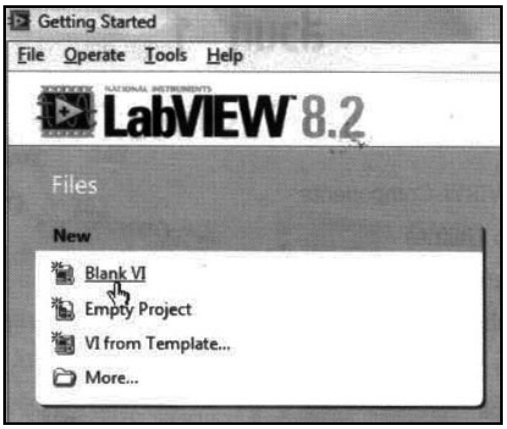
ความรู้เกี่ยวกับ โปรแกรม LabVIEW

LabVIEW เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัด และเครื่องมือวัดสำหรับงานทางด้านวิศวกรรม LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่าเป็นโปรแกรมที่สร้าง เครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ดังนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้ก็คือการจัดการในด้านการวัด และเครื่องมือวัด อย่างมีประสิทธิภาพ และในตัวของโปรแกรมจะประกอบไปด้วย ฟังก์ชันที่ใช้ช่วยในการวัดมากมายและแน่นอนที่สุด โปรแกรมนี้จะมีประโยชน์อย่างสูงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมต่าง ๆ

สิ่งที่ LabVIEW ต่างจากโปรแกรมอื่นอย่างเห็นได้ชัดที่สุดคือ LabVIEW นี้เป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphical User Interface) โดยสมบูรณ์ นั่นคือเราไม่จำเป็นต้องเขียน code หรือคำสั่งใด ๆ ทั้งสิ้น และที่สำคัญลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้เราจะเรียกว่าเป็น ภาษารูปภาพหรือเรียกอีกอย่างว่า(Graphical Language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดอย่างที่เราคุ้นเคยกับภาษาพื้นฐาน เช่น C, BASIC หรือ FORTRAN ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด ซึ่งแม้ว่าในเบื้องต้นเราอาจจะสับสน กับการจัดเรียงหรือเขียนโปรแกรมบ้าง แต่เมื่อเราคุ้นเคยกับการใช้โปรแกรมนี้แล้ว เราจะพบว่า LabVIEW นี้มีความสะดวกและสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมลงไปได้มาก โดยเฉพาะในงานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อใช้ในการวัดและการควบคุม

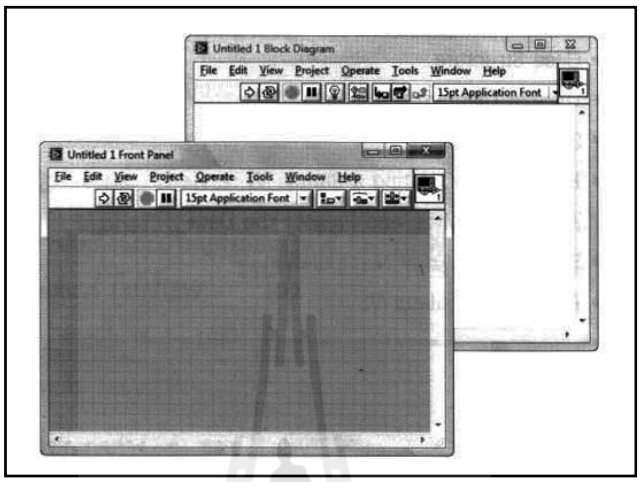
LabVIEW Components

เราสามารถเริ่มต้นเขียน LabVIEW อย่างรวดเร็วได้โดยที่หน้าแรก (Getting Started) ให้เริ่มต้นโดยคลิกที่ Blank VI ซึ่งจะทำให้เราได้ VI เปล่าขึ้นมา



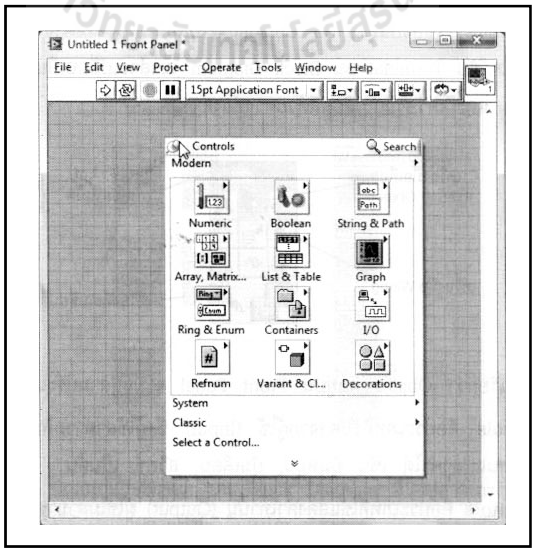
รูปที่ ก.1 หน้าแรก (Getting Started) ของโปรแกรม LabVIEW

ไฟล์ LabVIEW มีนามสกุลเป็น .vi ซึ่งไฟล์นี้จะประกอบด้วยหน้าต่าง User Interface ที่พื้นเป็นตารางสีเทาซึ่งเรียกว่า Front Panel และหน้าต่างพื้นเป็นสีขาวสำหรับเขียนโค้ดรูปภาพเรียกว่า Block Diagram



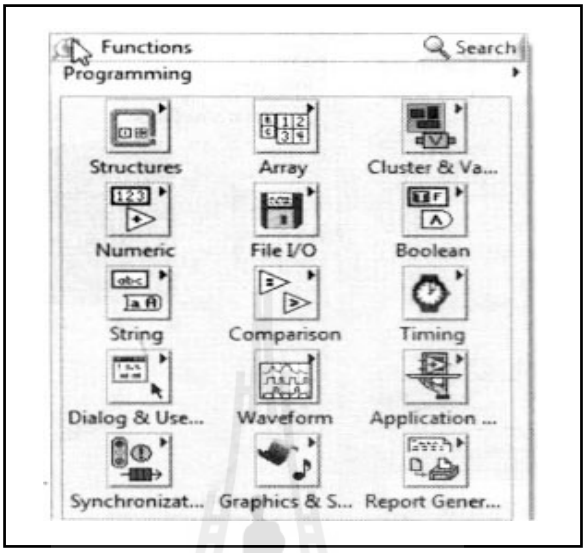
รูปที่ ก.2 หน้าต่าง Front Panel และ Block Diagram

ถ้าคลิกขวาตรงพื้นที่ของ Front Panel จะเจอกับอุปกรณ์สำหรับการสร้าง User Interface ที่เรียกว่า Controls Palette ซึ่งจะถูกแบ่งหมวดหมู่แบ่งตามประเภทของข้อมูล



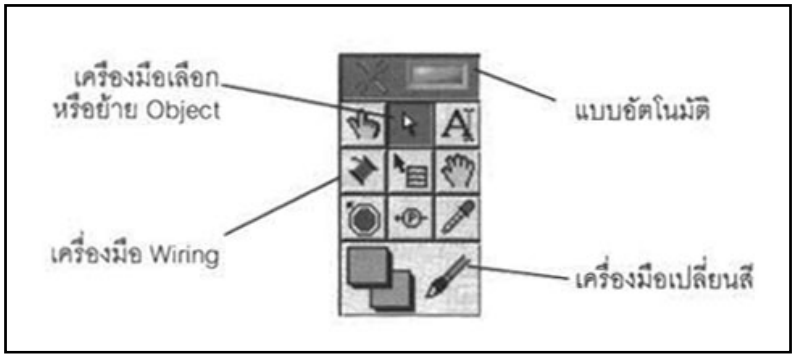
รูปที่ ก,3 หน้าต่าง Controls Palette

ถ้าลองคลิกขวาที่พื้นที่ของ Block Diagram ก็จะได้ Functions Palette ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโค้ดนั่นเอง



รูปที่ ก.4 Functions Palette

เลือกเมนู View >> Tools Palette ก็จะได้ Tool Palette ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับเปลี่ยนรูปแบบ (Cursor) ของเมาส์โดยปกติจะถูกเซ็ตให้เป็นแบบอัตโนมัติอยู่แล้ว (ช่องบนสุด) คือ Cursor จะเปลี่ยนไปเองตามตำแหน่งที่เราเอาเมาส์ไปวาง เช่น ถ้าวางใกล้กับ Terminal บน Block Diagram เมาส์จะเปลี่ยนเป็นรูปเครื่องมือต่อสาย (Wiring) เป็นต้น และมีเครื่องมือเปลี่ยนสีด้วยตรงช่องล่างสุด



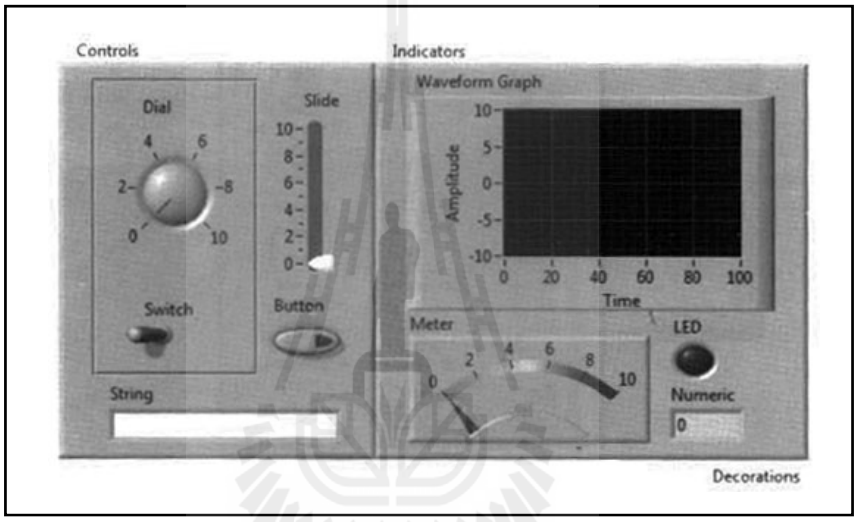
รูปที่ ก.5 หน้าต่างTool Palette

วัตถุหรือที่เรียกว่า Object ที่อยู่บน Front Panel จะมีอยู่สามประเภท คือ

1.1 Controls คือประเภทที่รับค่าจากผู้ใช้ (Input) ซึ่งผู้ใช้สามารถพิมพ์ค่าลงไป หรือใช้เมาส์คลิกเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าได้ เช่น ปุ่มหมุน, ปุ่มเลื่อน, สวิตซ์ เป็นต้น

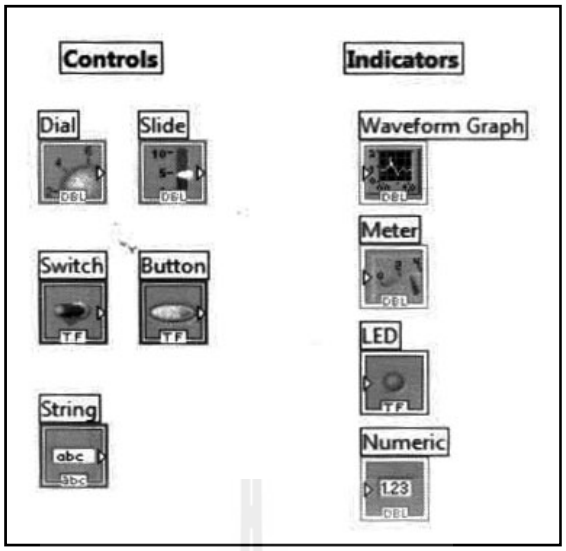
1.2 Indicators คือประเภทที่ใช้แสดงค่าเท่านั้น (Output) ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขค่าบน Front Panel ได้ เช่น กราฟ, มิเตอร์, หลอดไฟ เป็นต้น

1.3 Decorations เป็น Object ที่ไม่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมและโค้ดบน Block Diagram เลย แต่มีไว้เพื่อความสวยงามเป็นระเบียบของ Front Panel เท่านั้น



รูปที่ ก.6 Object ชนิดต่าง ๆ ของโปรแกรม LabVIEW

การดูว่า Object ตัวใดเป็น Control หรือ Indicator ให้ดูที่ทิศทางของ Terminal ของไอคอนบน Block Diagram ถ้า Terminal อยู่ด้านขวาชี้ออกคือเป็น Control และถ้า Terminal อยู่ด้านซ้ายชี้เข้าแปลว่าเป็น Indicator



รูปที่ ก.7 Object ที่เป็น Controls และ Object ที่เป็น Indicators

2. Dataflow Programming Concept

หลักการทำงานของ LabVIEW ซึ่งเป็นภาษาแบบกราฟิก จะมีข้อแตกต่างจากภาษาที่เป็นตัวหนังสือ อย่างเช่น ภาษา C ที่มีการทำงาน (Execute) เป็นบรรทัดจากบนลงล่าง ทีละบรรทัดแต่ LabVIEW จะมีการทำงานแบบ Dataflow ซึ่งก็คือจะทำงานเป็น Node โดย Node ใด ๆ จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อ Node นั้นมี Input ทุกตัวครบ

3. Data Types (ประเภทข้อมูล)

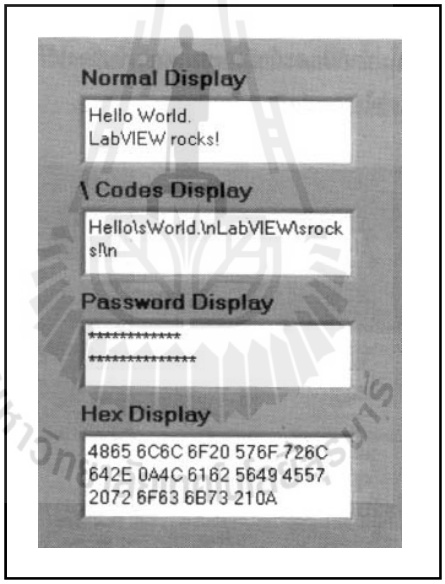
ในการเขียนโปรแกรมทั่ว ๆ ไปจะต้องมีการประกาศตัวแปร (Declare) ก่อนที่จะใช้ตัวแปรนั้น แต่สำหรับ LabVIEW มันจะจัดการให้เองหมดโดยผู้ใช้ไม่ต้องทำเอง เพียงแค่เลือกประเภทของข้อมูลมาวางบนโค้ดเท่านั้น ประเภทของข้อมูลใน LabVIEW มีหลายอย่างที่ใช้กันเหมือนกับในภาษาอื่น ๆ และยังมีอีกบางประเภทที่ใช้ใน LabVIEW เท่านั้น

3.1 Numeric คือข้อมูลประเภทตัวเลข มีทั้งจำนวนเต็ม ซึ่งใน Block Diagram จะเห็นเป็นสีน้ำเงิน และจำนวนที่มีทศนิยามซึ่งจะเห็นเป็นสีส้ม วิธีการเปลี่ยนประเภทของตัวเลข ให้คลิกขวาที่ตัวเลขนั้น (บน Front Panel หรือ Block Diagram ก็ได้) แล้วเลือก Representation และเลือกประเภทตัวเลขได้เลย ซึ่งแถวบนจะเป็นตัวเลขประเภทมีทศนิยม (จำนวนจริง) แถวสองคือเลขจำนวนเต็ม (Integer) แถวสามคือจำนวนเต็มแบบไม่มีเครื่องหมายติดลบ (Unsigned Integer) และแถวล่างสุดคือตัวเลขเชิงซ้อน (Complex Number)

3.2 Boolean คือข้อมูลประเภทที่มีสองค่า คือ TRUE และ FALSE บน Block Diagram จะแสดงสีของข้อมูลประเภทนี้ด้วยสีเขียว และสำหรับบน Front Panel ตัว Boolean Control จะมีคุณสมบัติสวิตซ์ (Mechanical Action)

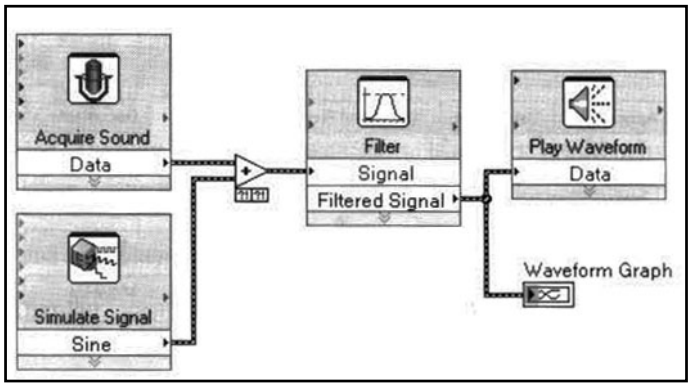
3.3 String คือข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ไอคอนของ String จะเป็นสีชมพู สำหรับการแสดงผลของ String บน Front Panel จะมีอยู่สี่รูปแบบ

- **Normal Display** คือการแสดงผลแบบปกติ
- **'\' Codes Display** คือการแสดงผลแบบ \ โค้ด มีประโยชน์สำหรับแสดงตัวอักษรที่ตาเปล่ามองไม่เห็น เช่น การเว้นวรรค (\s) แท็บ (\t) หรือการขึ้นบรรทัดใหม่ (\n) เป็นต้น
- **Password Display** จะแทนตัวอักษรด้วยเครื่องหมาย *
- **Hex Display** แสดงผลเป็นรหัสเลขฐานสิบหก



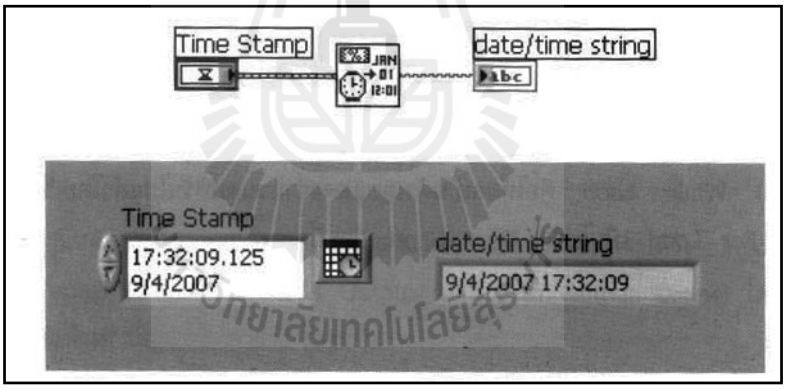
รูปที่ ก.8 การแสดงผลของข้อมูล String

3.4 Dynamic เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปของเวฟฟอร์มสัญญาณ บน Block Diagram ถูกแสดงด้วยสีน้ำเงินเข้ม เส้นหนา ซึ่งภายในประกอบด้วยข้อมูลมากมาย เช่น Array ของเวฟฟอร์ม, Time Stamp, ชื่อของสัญญาณ ฯลฯ ข้อมูลประเภท Dynamic นี้ส่วนใหญ่ใช้ใน Express VI จำพวกการอ่าน, กำเนิด และวิเคราะห์สัญญาณ เป็นต้น



รูปที่ ก.9 Block Diagram ของข้อมูล Dynamic

3.5 Time Stamp เป็นข้อมูลที่ประกอบด้วยวันที่ และเวลาที่มีความละเอียดถึงมิลลิวินามี Time Stamp บน Block Diagram จะมีหน้าตาเป็นสีน้ำตาลเส้นหนา สามารถนำมาแปลงให้เป็นวันที่และเวลา แบบ String ได้ดังนี้



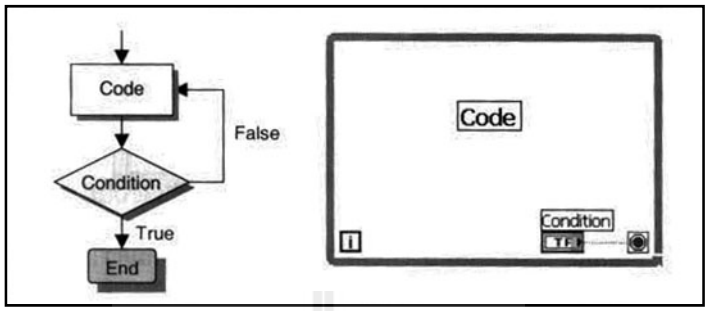
รูปที่ ก.10 Block Diagram ของข้อมูล Time Stamp

4. Loops (ลูป)

การเขียนโค้ดให้มีการทำซ้ำหรือวนลูปเป็นสิ่งที่ใช้บ่อยมากสำหรับการเขียนโปรแกรม เนื่องจากการคำนวณหลายอย่างจำเป็นจะต้องทำในลักษณะซ้ำ ๆ การทำลูปจึงเป็นเทคนิคสำคัญที่ต้องรู้ไว้สำหรับ LabVIEW ลูปคือกรอบสี่เหลี่ยมที่ล้อมรอบโค้ดที่จะรันซ้ำเอาไว้ มีสองประเภทตามลักษณะการใช้งาน

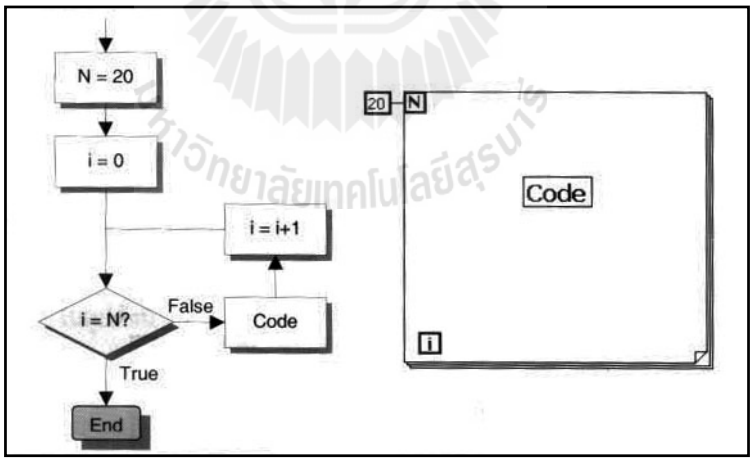
4.1 While Loop เป็นกรอบสีเทา ประกอบด้วย Terminal Index ซึ่งจะส่งค่าตัวเลขออกมาบอกว่าตอนนี้ While Loop วิ่งมากี่ครั้งแล้วโดยเริ่มนับจากศูนย์ และ While Loop จะรันจนกว่า

Terminal เงื่อนไข จะได้รับ Boolean ค่า TRUE จึงจะหยุดรัน ซึ่งเงื่อนไขตัวกลมสีแดงนี้เรียกว่า Stop If True ก็คือหยุดเมื่อได้รับค่าจริงนั่นเอง การรัน While Loop เป็นไปตาม Flow Chart ดังนี้



รูปที่ ก.11 While Loop

4.2 For Loop มีไว้สำหรับการรับลูปที่รู้แน่นอนว่าต้องการรันทั้งหมดกี่ครั้ง โดยเราจำเป็นจะต้องระบุจำนวนครั้ง (N) ของ For Loop ไว้ก่อน มิฉะนั้นจะรันโค้ดไม่ได้ ส่วนตัว Index จะเหมือนกับ While Loop คือให้ผลเป็นตัวเลขแสดงจำนวนลูปที่รันไปแล้วโดยเริ่มนับจากศูนย์ซึ่งกลไกใน For Loop เป็นไปดัง Flow Chart ตามนี้

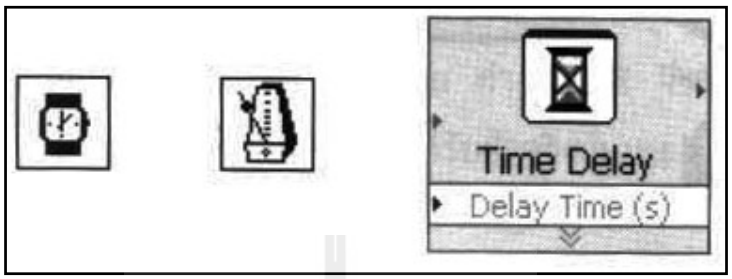


รูปที่ ก.12 For Loop

5. Timing a VI (การกำหนดความเร็วลูป)

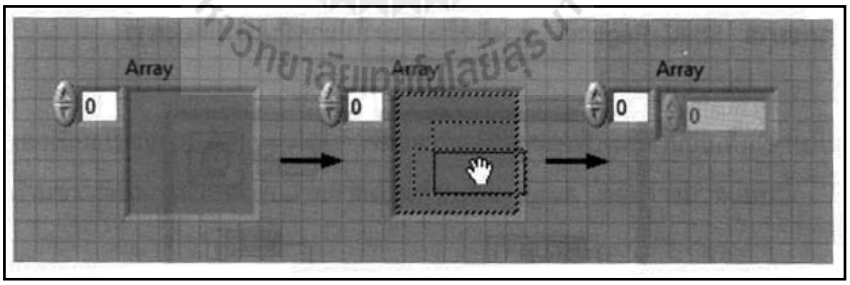
การกำหนดความเร็วของลูปทั้ง For Loop และ While Loop นอกจากจะทำให้โปรแกรมรันด้วยจังหวะความเร็วตามที่ต้องการแล้ว ยังช่วยไม่ให้ CPU ของคอมพิวเตอร์ทำงานมากเกินความ

จำเป็นอีกด้วย โดยปกติโปรแกรมจะรันด้วยความเร็วสูงสุดเท่าที่จะทำได้จน CPU มีการทำงานเต็มที่จนอาจไม่มีเวลาสำหรับงานอื่น ๆ ซึ่งเราสามารถหน่วงเวลาเพื่อให้ลูปรันช้าลงได้ด้วยฟังก์ชั่นหน่วงเวลา (Wait) ซึ่งมีหลายแบบให้เลือกใช้



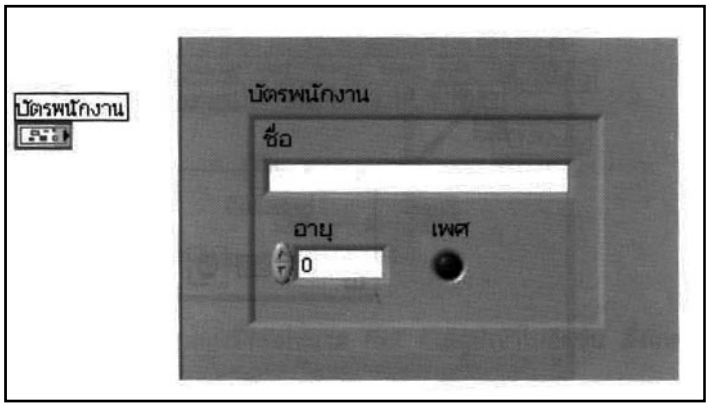
รูปที่ ก.13 ฟังก์ชันหน่วงเวลา (Wait)

6. Array คือกลุ่มของข้อมูลประเภทเดียวกันนำมาเรียงเป็นแถว เช่น Array ของตัวเลขจำนวนเต็ม, Array ของจำนวนจริง, Array ของ Boolean เป็นต้น การสร้าง Array Control/Indicator บน Front Panel ให้เลือก Controls Palette: Array, Matrix & Cluster >> Array นำมาวาง ซึ่งเราจะได้กรอบเปล่า ๆ ของ Array จากนั้นให้นำข้อมูลที่ต้องการไปวางในกรอบ Array เปล่านั้นอีกที เช่น ถ้าต้องการสร้าง Array ของ Numeric Control ก็ให้นำ Numeric Control ไปวาง



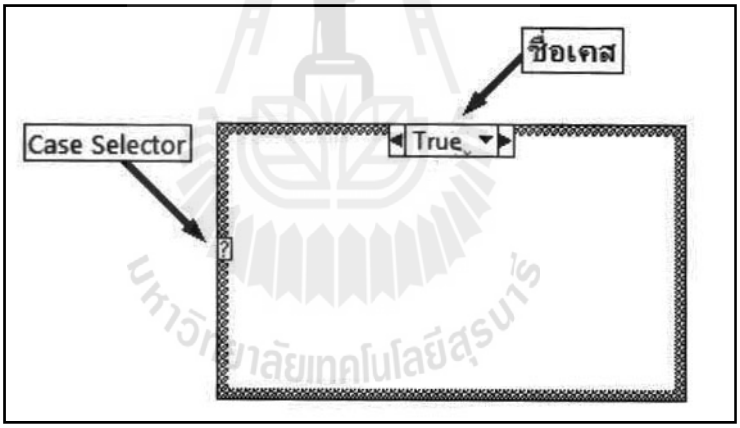
รูปที่ ก.14 Front panel ของ Array

7. Cluster คือ Cluster คือข้อมูลประเภทโครงสร้าง (Structure) ที่ประกอบไปด้วยข้อมูลหลายตัวหลายประเภทอยู่ภายใน Cluster เดียวกันซึ่งถือว่าเป็น Data Type ที่เราสามารถกำหนดขึ้นเองได้ ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลประเภทบัตรพนักงาน ที่มีข้อมูลอยู่ภายในคือ ชื่อ (String), อายุ (Numeric) และเพศ (Boolean)



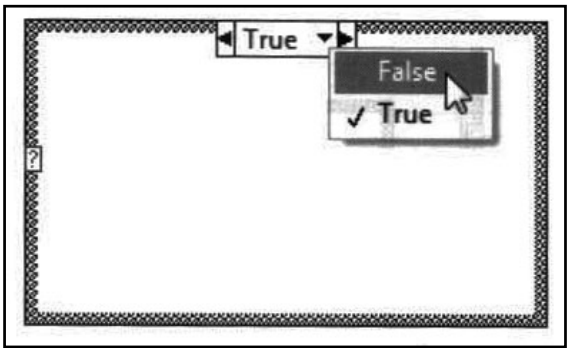
รูปที่ ก.15 Block diagram และFront panel ของ Array

8. Case Structure ประกอบด้วย Diagram Case ย่อยอย่างน้อยสองชั้นซ้อนทับกันอยู่ ซึ่งจะมองเห็นได้แค่ครั้งละหนึ่ง Case และมีตัวเลือก (Case Selector) ว่าจะรัน Case ไหน



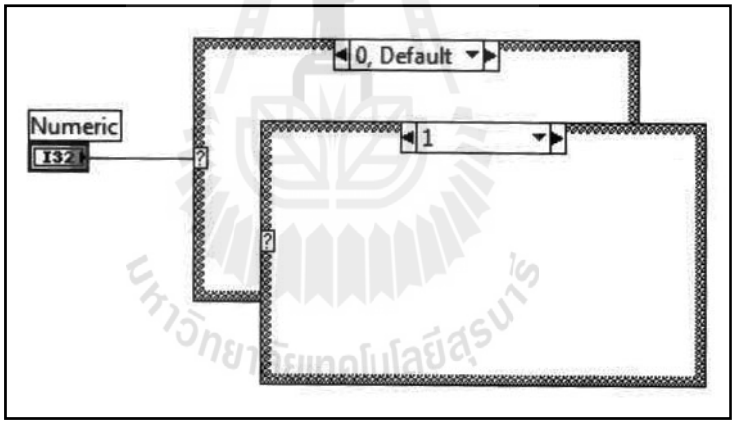
รูปที่ ก.16 Diagram Case

เมื่อเราสร้าง Case Structure ขึ้นมาใหม่ ตัวเลือก Case เริ่มต้นจะเป็นแบบ Boolean (เครื่องหมายคำถามสีเขียว) ซึ่งหมายความว่าจะมีเพียงสอง Case ให้ใช้เท่านั้นคือ Case True และ Case False



รูปที่ ก.17 Diagram Case แบบ Boolean

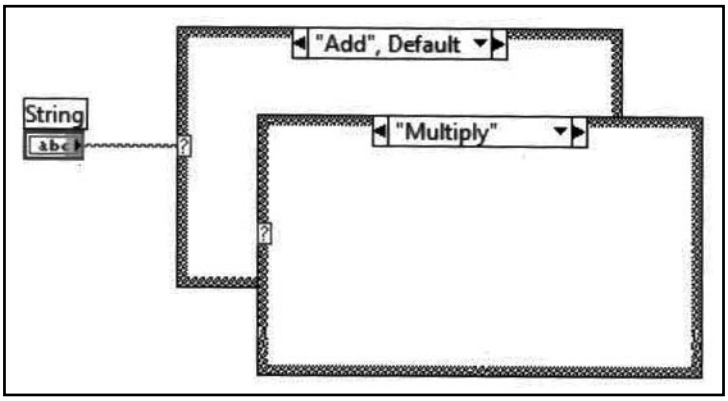
แต่เราสามารถใช้ข้อมูลแบบอื่นนอกจาก Boolean มาเป็นตัวเลือก Case ก็ได้ เช่น Integer โดยสมมติว่าเรามี Case ที่เรียกว่า 0 และ Case ที่เรียกว่า 1 ก็ให้ต่อข้อมูลแบบจำนวนเต็มเข้าไปในตัวเลือก Case ก็จะได้โค้ดดังรูป ก.18



รูปที่ ก.18 Diagram Case แบบ Integer

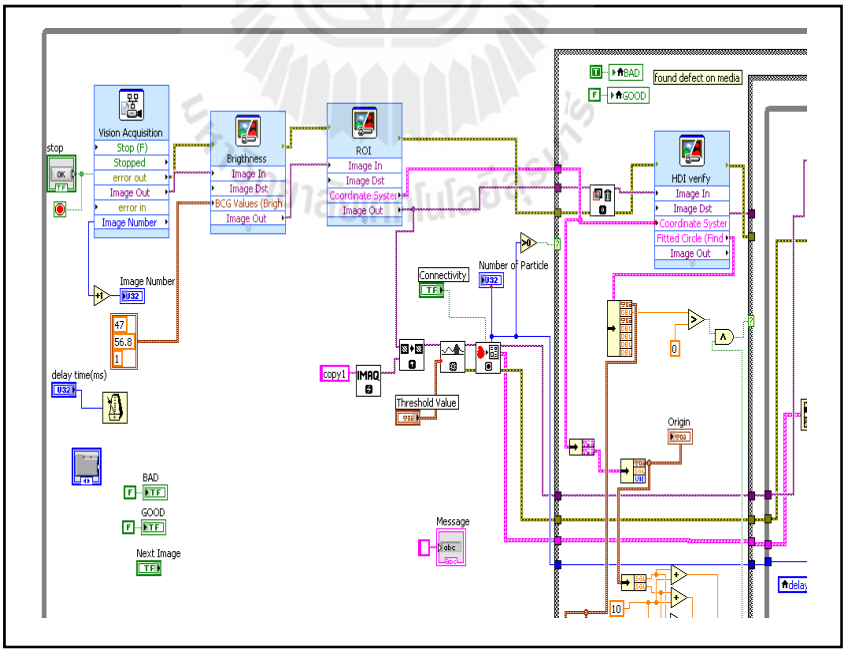
ซึ่งชื่อ Case เราสามารถพิมพ์เข้าไปได้เอง และถ้าต้องการเพิ่มให้มีจำนวน Case มากขึ้น ก็เพียงแค่คลิกขวาที่ขอบของ Case แล้วเลือก Add Case After/Before สังเกตว่า ตอนนี้จะมีอยู่ Case หนึ่งที่มีคำว่า Default อยู่ด้วย Case ที่มีคำว่า Default หมายความว่า ถ้า Input ของตัวเลือก Case เป็นอย่างอื่นที่ไม่ใช่ทั้ง 0 และ 1 ก็ให้ใช้ Case Default ซึ่งในกรณีที่ตัวเลือก Case มีค่าจำกัด อย่างเช่น Boolean ก็ไม่จำเป็นต้องมี Case Default

นอกจากนั้นเราจะใช้ String มาเลือก Case ก็ได้ โดยชื่อ Case จะต้องอยู่ในเครื่องหมายคำพูด และแน่นอนว่าจะต้องมี Case ใด Case หนึ่งเป็น Case Default



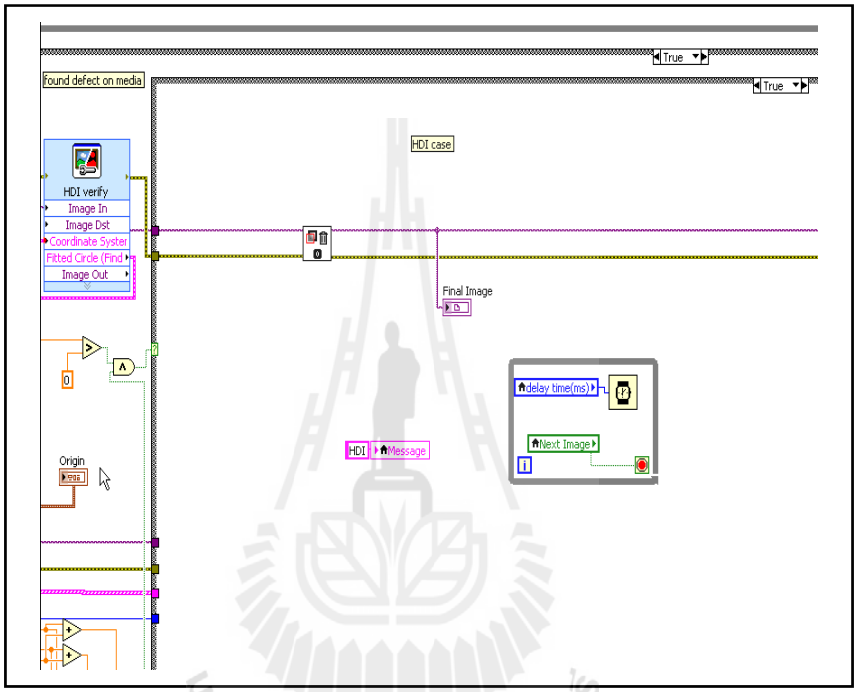
รูปที่ ก.19 Diagram Case แบบ String

ในส่วนของการออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้ประมวลนั้น งานวิจัยนี้ขออธิบายพอสังเขปเพื่อความเข้าใจ สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Labview ข้อมูลภาพ ที่นำเข้ามาประมวลผล จะทำการปรับปรุงภาพ ด้วยการเพิ่มคอนทราสต์ และทำการทำ แยกบริเวณ ที่สนใจ ROIข้อมูลภาพจะเข้าสู่การประมวลผลที่เงื่อนไขแรก คือการตรวจสอบการนับ Particle หากจำนวนการตรวจนับ Particle มีค่าเท่ากับ 0 (ศูนย์) ดังรูปที่ ก.20



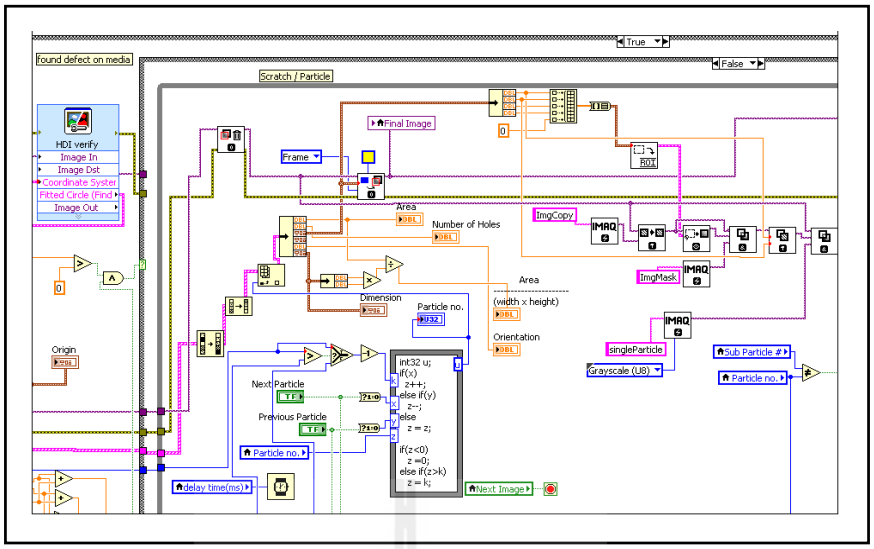
รูปที่ ก.20 ตัวอย่างโปรแกรมในการนำข้อมูลภาพเข้าประมวลผล

หากข้อมูลภาพที่เข้ากระบวนการตรวจสอบนั้น ๆ มีจำนวน Particle ที่มากกว่า 0 (ศูนย์) ข้อมูลภาพจะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบในเงื่อนไขต่อไป คือ กระบวนการตรวจสอบ เพื่อจำแนกงานว่าเป็นงานเสียหายประเภทใด ซึ่งมีด้วยกัน 3 ประเภท คือ HDI, Scratched and Particle defect โดยที่เงื่อนไขเพื่อจำแนกงานว่าเป็นงานเสียหายเงื่อนไขแรกที่ตรวจสอบคือ HDI ซึ่งมีลักษณะรอยเสียหายเป็นรอยวงกลมมีรัศมีที่เท่ากันอาจจะมีรอยวงกลมเดียวหรือมากกว่าหนึ่งวง ดังรูปที่ ก.21



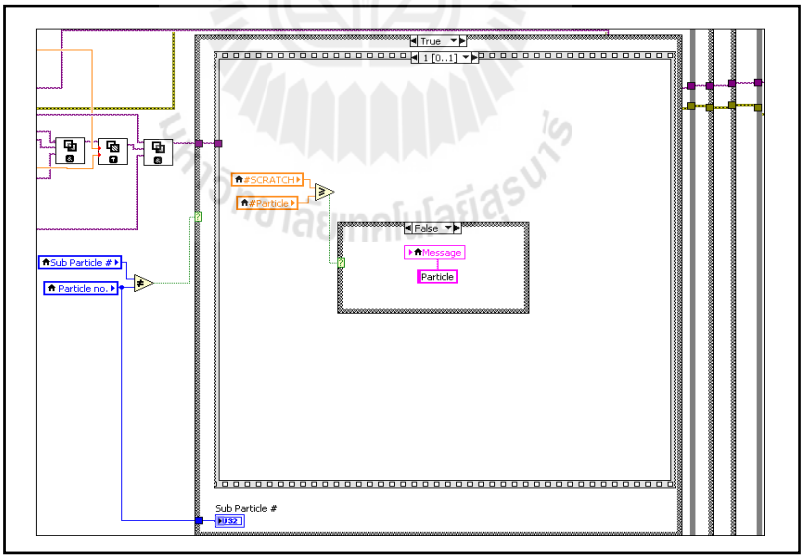
รูปที่ ก.21 ตัวอย่างโปรแกรมในการนำข้อมูลภาพเข้าประมวลผลในส่วนของ HDI

หากข้อมูลภาพที่เข้ากระบวนการตรวจสอบนั้น ๆ มีจำนวน Particle ที่มากกว่า 0 (ศูนย์) ข้อมูลภาพจะเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบในเงื่อนไขต่อไป คือ กระบวนการตรวจสอบเพื่อจำแนกงานว่าเป็นงานเสียหายประเภทใด ซึ่งมีด้วยกัน 3 ประเภท คือ HDI, Scratched and Particle defect โดยที่เงื่อนไขที่จำแนกงานว่าเป็นงานเสียหายเงื่อนไขแรกที่ตรวจสอบคือ HDI ซึ่ง HDIมีลักษณะรอยตำหนิเป็นรอยวงกลมมีรัศมีที่เท่ากันอาจจะมีรอยวงกลมรอยเดียวหรือมากกว่าหนึ่งวงกลม ดังรูปที่ ก.22



รูปที่ ก.22 ตัวอย่างโปรแกรมในการนำข้อมูลภาพเข้าประมวลผลในส่วนของ รอยขีดข่วน

หากข้อมูลภาพที่เข้ากระบวนการตรวจสอบนั้น ๆ ไม่ตกในเงื่อนไขของรอยขีดข่วน ข้อมูลภาพนั้น ๆ ก็จะแสดงผลออกมาเป็น Particle ดังรูปที่ ก.23



รูปที่ ก.23 ตัวอย่างโปรแกรมในการนำข้อมูลภาพเข้าประมวลผลในส่วนของ Particle

ระบบการตรวจสอบแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลที่นำกลับมาใช้ใหม่นี้มีอุปกรณ์ที่เป็นหัวใจสำคัญในระบบการทำงานคือ

1 กล้องชนิด CCD

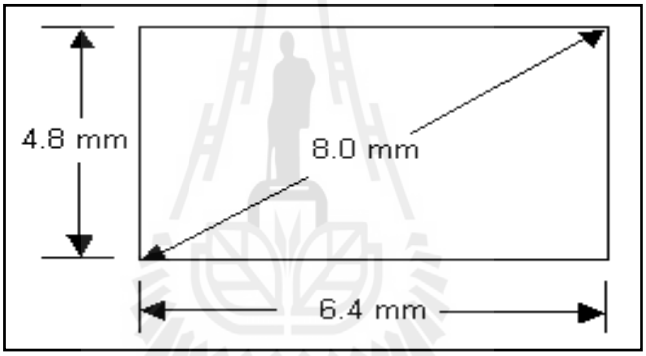
2 เลนส์สำหรับระบบวิชั่น ชนิด CCTV

3 แหล่งกำเนิดแสงชนิด Right light low angel profile

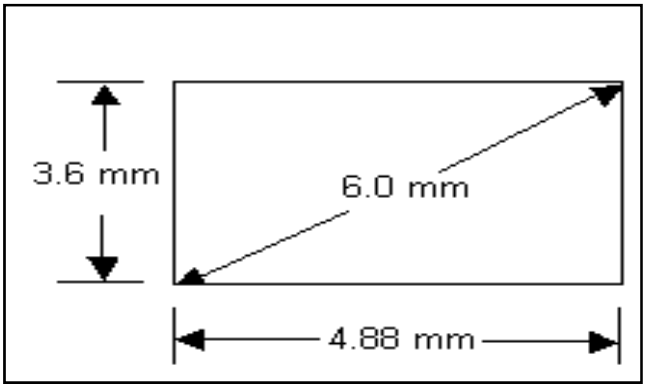
4 โปรแกรมในการประมวลผล

3.1.1 กล้องตรวจจับชนิด CCD

งานวิจัยนี้เลือกใช้ กล้องสำหรับวิชั่น ชนิด scan area ซึ่งมีความง่ายต่อการติดตั้งที่ไม่ต้องติดตั้งให้สัมพันธ์กับวัตถุตรวจจับ แต่ กล้องของงานด้านวิชั่นมีราคาค่อนข้างแพงแต่เป็นที่นิยมใช้กันในงานประมวลผลภาพดิจิตอลโดยโดยเป็นกล้องที่มีความละเอียดสูงกล้องที่มีเซ็นเซอร์ตรวจจับยิ่งมีความละเอียดสูงราคาจะแพง ตัวอย่างเช่น Sensor 1/2” และ 1/3” จะมีขนาดของพื้นที่รับภาพ 4.8mm x 6.4mm และ 3.6mm x 4.88mm ดังรูปที่ ก.24 และ รูปที่ ก.25



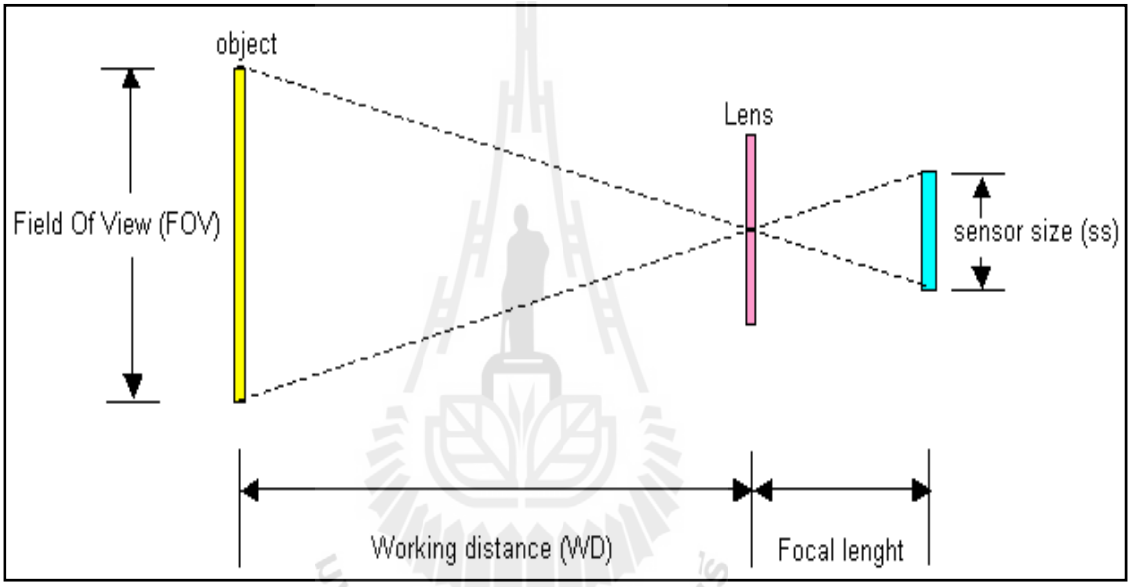
รูปที่ ก.24 ขนาดของพื้นที่รับภาพ ขนาด 1/2”



รูปที่ ก.25 ขนาดของพื้นที่รับภาพ ขนาด 1/3”

3.1.2 เลนส์สำหรับระบบวิชั่นชนิด CCTV

เลนส์สำหรับระบบวิชั่นชนิด CCTVเป็นเลนส์ที่มีความละเอียดสูง โดยปัจจัยที่เลือกใช้สำหรับระบบวิชั่นขนาดเท่าใดนั้น ขนาดของเลนส์สำหรับระบบวิชั่นที่ผู้ใช้นิยมเรียกกันนั้นจะเลือกตาม ความยาวโฟกัส (Focus Lenght “F”) ซึ่งจะหมายถึงระยะห่างระหว่างตัวเลนส์ (Lens) กับเซนเซอร์รับภาพ (Sensor size) ของกล้องมีหน่วยเป็นมิลลิเมตรมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างระยะการทำงาน หรือ Working distance “WD” ซึ่งหมายถึงระยะห่างระหว่างเลนส์สำหรับระบบวิชั่นถึงวัตถุที่ตรวจจับในที่นี่คือ แผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล ดังรูปที่ ก.26



รูปที่ ก.26 ระยะห่างของจุดต่าง ๆ ที่ใช้งานด้านประมวลผลภาพดิจิตอล

มีศัพท์คำหนึ่งที่ผู้สนใจงานด้านการประมวลผลภาดิจิตอลต้องรู้คือ ขอบเขตของการตรวจจับหรือ Field Of View (FOV) ซึ่งปกติจะมีระยะเผื่อในการทำงานไว้เช่นวัตถุที่ต้องการตรวจจับมีระยะ 95 มม งานวิจัยนี้ได้เผื่อระยะการตรวจจับไว้อีก 2 มม เป็นระยะที่ต้องการตรวจจับเป็น 97 มม ค่านี้มีความสำคัญอย่างไร ค่านี้จะนำไปคำนวณหาความยาวโฟกัส Focal Lenght และระยะในการทำงาน Working Distance นั่นเอง

ในงานวิจัยนี้ขอยกตัวอย่างในการคำนวณหาความยาวโฟกัส Focal Lenght และ ระยะการทำงาน Working Distance จากงานวิจัยของงานวิจัยนี้ได้ทำเป็นต้นแบบในการใช้งานจริงดังนี้

จากข้องมูลของกล้องCCD รุ่น Basler SCA640-70gm ที่มีขนาดของพื้นที่รับภาพ Sensor size ขนาด 1/3" หรือมีขนาด 3.6mm x 4.88mm นั่นเอง ดังนั้นค่าที่ใช้คำนวณในงานวิจัยนี้เลือกใช้

คือ ค่าSensor size ที่มีขนาดด้านที่น้อยสุด คือ 3.6mm ระยะติดตั้งกล้องตรวจจับถึงวัตถุที่ต้องการตรวจจับซึ่งก็คือแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้องมูล งานวิจัยนี้กำหนดระยะไว้ที่ 400 mm และขอบเขตของวัตถุในการตรวจจับ 95mm บวก ระยะเผื่อในการตรวจจับ 2mm = 97 mm เป็นค่า FOVที่ใช้ในการคำนวณ Focal Length “F” มีความยาวโฟกัสเท่าไหร่ ซึ่งคำนวณได้จาก

$$Focal\ lenght = \frac{working\ distance\ x\ Sensor\ size\ (\text{H or V})}{FOV + Sensor\ size}$$
$$= \frac{(400\ x\ 3.6)}{(97 + 3.6)}$$
$$= 14.3\ mm$$

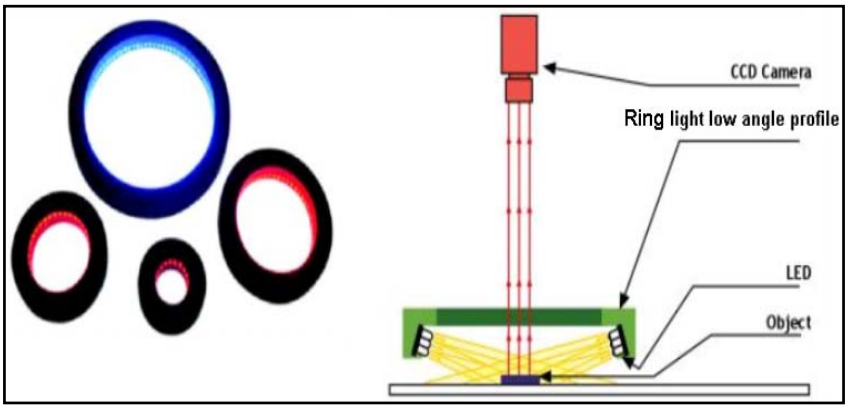
จากการคำนวณจะได้ Focal Lenght = 14.3 mm

แต่ความยาวโฟกัสในท้องตลาดที่ใกล้เคียงคือ ความยาวโฟกัส 16mm งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เลนส์ที่มีความยาวโฟกัส 16mmในงานวิจัยนี้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องหาระยะการทำงานใหม่ซึ่งคำนวณหา ระยะใช้งาน จาก

$$working\ distance = \frac{Focal\ lenght(FOV + Sensor\ size)}{(working\ distance\ x\ Sensor\ size\ (\text{H or V}))}$$
$$= \frac{16(97 + 3.6)}{(400\ x\ 3.6)}$$
$$= 447\ mm$$
$$\approx 450\ mm\ or \approx 45\ cm$$

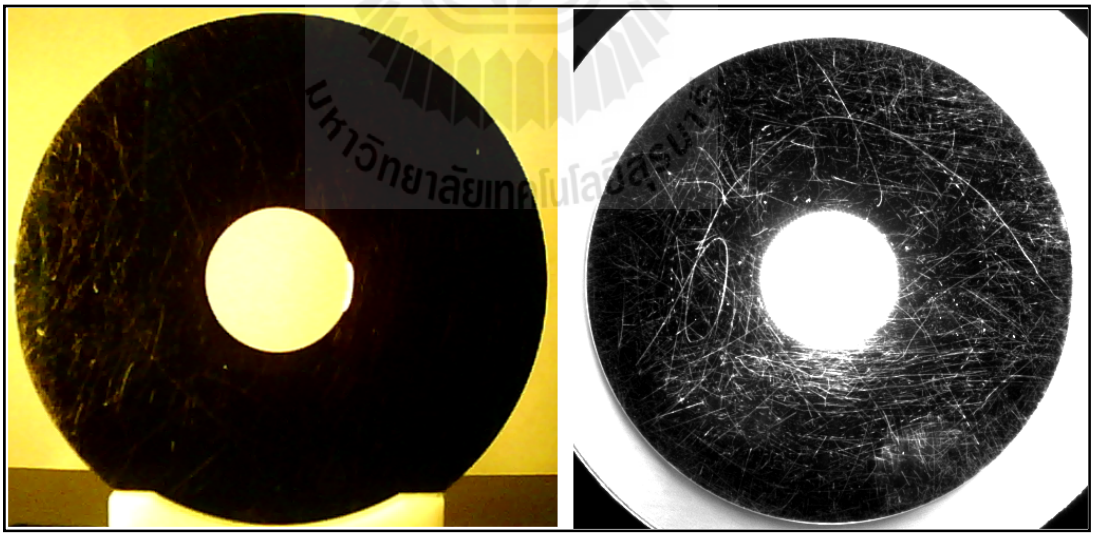
3.1.3 แหล่งกำเนิดแสงชนิด Ring Light Low angle profile

แหล่งกำเนิดแสงเลือกจากคุณสมบัติของวัตถุที่ตรวจจับในที่นี้คือแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูลซึ่งมีลักษณะผิวราบเรียบผิวสะท้อนแสงซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายกับกระจก จากคุณสมบัติดังกล่าวงานวิจัยนี้เลือกแหล่งกำเนิดแสงแบบ Ring Light Low angle profile ที่จะให้แสงสว่างจากหลอด LED แบบ direct illumination คือการให้แสงตรง ๆ กับวัตถุที่ตรวจจับ เป็นอีกหนึ่งแบบของการให้แสงที่มีอยู่หลายแบบขึ้นกับงานที่งานวิจัยนี้สนใจแต่ไม่ขอกล่าวถึงในบทนี้ ซึ่งอุปกรณ์ที่ให้แสงสว่างของ Ring light low angle proflie นี้ ได้จาก หลอด LED ที่วางตัวทำมุม 90 องศา กับ วัตถุที่ตรวจจับ ซึ่งให้คุณภาพข้อมูลรูปภาพดีกว่า Ring Light high angle profile ซึ่งใช้โดยทั่วไปดังรูปที่ ก.27



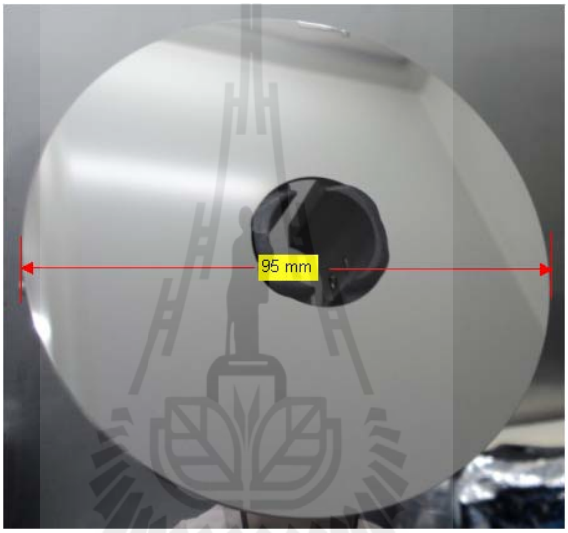
รูปที่ ก.27 แหล่งกำเนิดแสงแบบ Ring Light Low angle profile ภาพประกอบจาก http://www.tms-lite.com/en/index.php?option=com_content&view=article&id=9:-direct-illumination-low-angle-series-lla-series&catid=4:a-direct-illumination&Itemid=32

ทั้งนี้งานวิจัยนี้ได้แสดงภาพที่ได้จากการใช้ แหล่งกำเนิดแสงสองอย่างเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแต่กต่างกันของคุณภาพของภาพที่ได้ออกมาเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลต่อไป ดังรูปที่ ก.28



รูปที่ ก.28 ภาพที่ถ่ายจากกล้องที่ใช้ Ring light high angle (ซ้ายมือ) และภาพที่ถ่ายจากกล้องที่ใช้ Ring light low angle (ขวามือ)

เหตุผลหนึ่งที่งานวิจัยนี้เลือกแหล่งกำเนิดแสงที่มีลักษณะแบบวงกลมและมีรัศมีวงนอกสุดที่ใหญ่กว่ารัศมีของวัตถุตรวจจับเนื่องจากวัตถุที่ต้องการตรวจจับมีลักษณะทางกายภาพเป็นแผ่นวงกลมแบนเรียบ ต้องการแหล่งกำเนิดแสงที่มีลักษณะเป็นวงกลมจะได้กระจายแสงได้สม่ำเสมอทั่วถึงครอบคลุมทั้งแผ่นและที่สำคัญประการหนึ่งในการเลือกแหล่งให้แสงที่มีรัศมีวงในของแหล่งกำเนิดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ 121 mm เพื่อไม่ให้รัศมีขอบของแหล่งกำเนิดแสงไปส่วนหนึ่งของข้อมูลที่จะนำเข้าที่ต้องนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป โดยที่ขนาดของรัศมีวงนอกสุดของวัตถุที่จะตรวจจับนั้นมีขนาด 95 mm ดังรูปที่ ก.29



รูปที่ ก.29 ขนาดของแผ่นบันทึกข้อมูล (95 mm)

ภาคผนวก ข

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

Ratanachai, T., and Srikaew, A. (2013). **IMPROVEMENT OF RECYCLE MEDIA INSPECTION PROCESS BASE ON COMPUTER VISION SYSTEM**. The 5th International Data Storage technology in Bangkok,Thailand, Mechatronics Servo & Automation Technology, p 9

IMPROVEMENT OF RECYCLE MEDIA NSPECTION PROCESS BASED ON COMPUTER VISION SYSTEM

Arthit Srikaew[#], Tawat Ratanachai[*], Wisit Paewkratok[*]

[#] *School of Electrical Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000 Thailand, ra@sut.ac.th*

[*] *School of Mechanical Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima 30000 Thailand, Tawatrata@hotmail.com, Wisit.paewkratok@gmail.com*

Abstract — Currently, the process of recycle media checking before sending back to the drive re-assembly is based on human visual inspection. This screening process is to detect and identify whether recycle media are of good or bad quality, and then scrap for bad media. The human visual inspection still has a possibility to fail in some media surfaces or some defected positions. This error impacts directly on production yield and functional test yield, since the recycle media identified bad will be sent back to the re-assembly line, which will be failed or rejected. To improve the recycle media inspection, the visual inspection system is proposed to detect and separate of bad from good recycle media by using. This visual inspection can help screening and identifying bad from good recycle media, improving functional test yield, and scrap cost on drive assembly, respectively.

Keywords— **recycle media, media inspection, media defect inspection, media defect classification, media image classification**

I. INTRODUCTION

The recycle media inspection process based on human visual inspection uses naked eye to observe the whole media cassette. Apparently in a cassette, there are 35 pieces of media sample with narrow space (3mm) inside to do recycle media visual inspection by naked eye. Consequently, the media defect in some position can not be seen, especially at the bottom of media cassette. This limitation of human based visual inspection causes some samples to be over accepted for production re-assembly. This problem stems from the human inspection method which includes human error, different decision level of person, fatigue from long working hours, and low capacity of inspection process, respectively. Recently, the sampling data of good media recycle in production line that will be passed to re-assembly process has shown some percentage of media defect. This article is to study for an improvement of recycles media inspection process based on computer vision system. The computer vision system is considered as a useful tool nowadays, because of its high-speed computation and accuracy. The benefit on this system will help to improve recycle media process and reduce product cost of Hard Disk Drive (HDD) industry. Therefore, the HDD industry can improve the efficiency and the reliability of production in order to satisfy customers and reduce scrap cost in drive process.

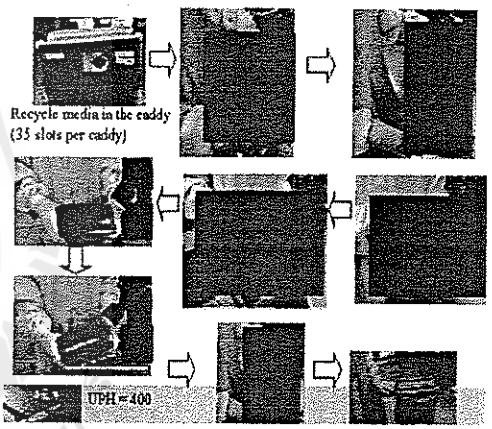


Fig. 1 Current recycles media inspection process

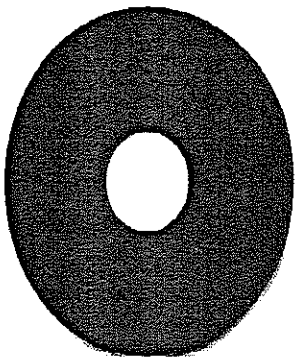


Fig. 2 Recycle media rejected sample (scratched)

Fig. 3 Narrow space (3mm) in recycles media

New disk inspection process with microscope and camera has been presented in [1]. That work has focused on disk detection and disk defect classification. Three defects have been classified including head ding, substrate thin film defect and poor handling on the disk. More accurate rejection of the disk, however was not possible. Due to the image technique limitation at that time, a single system for both good and bad disk inspection and failure analysis could not been implemented.

This paper focuses on inspection on both good and bad samples within the same system. The proposed system can detect three types of defect which are HDI, scratch and particle defect. The CCD camera has been utilized with ring light low angle profile source in order to capture the media surface. Detail of the system is described in the following section.

II. OVERALL SYSTEM CONFIGURATION

Since there is a limitation of human based visual inspection, the computer vision system is employed with an algorithm represented in Fig. 4.

Figure 4, the number of particles found is used in classification as,

1) Good Quality Recycle Media is defined when Particle = 0. This depicts that the media is ready for re-assembly.

2) When the Particle is over zero, some conditions are used to classify the samples as following,

2.1) Sample media that can pass all conditions is defined as Good and ready to use.

2.2) Reject defined when HDI (Head Disc Interference) is found

2.3) Failure because of particle itself.

The process in Fig. 4 starts from loading image data with pre-processing for image enhancement. The image data of sample then will be examined via the first condition whether Particle = 0. If the Particle is zero, the sample defined Good Re-cycle and ready for Re-Assembly process. If Particle is over zero, the sample is disposed as "Bad", and then will be classified for the cause of this Bad defect. The defect by HDI is defined when one circular shaped defect (or more) with the same radius is/are found on the surface of media. If the sample can pass the condition of HDI defect, it will be examined for a condition of Scratched defect. To determine whether the sample was damaged by this kind of defect, the largest defected area on the sample image is determined by bounding the area with a rectangular shape and calculate the pixel number by dividing the area with pixels inside (width of defect multiplied by length of defect). If the calculation result is less than 0.8, the sample is disposed as Scratched defect. However, if the sample can pass both of HDI and Scratch conditions, it is defined "Bad" because of the particle itself.

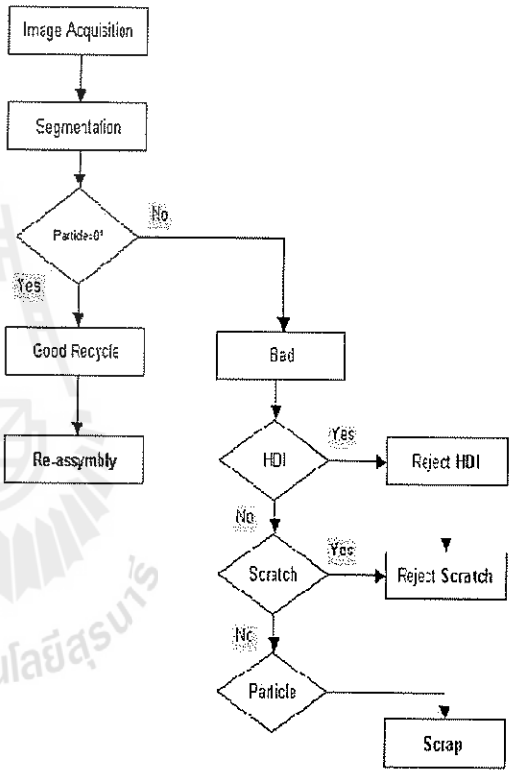


Fig. 4 Recycle media decision algorithm

III. SYSTEM IMPLEMENTATION

The computer vision system model used pictures that were captured from normal recycle media in clean room environment as depicted in Fig. 5. The computer vision model controlled light source from outside to enhance the image quality of the recycle media samples.

The light source is very important in computer visual inspection. Darkness is the main contributor to make good contrast on the examined object. The ring shaped light with low angularity is employed in this research.

High resolution lens with focal length 16 mm had been used at the Working Distance (WD) of 450 mm, and the Field of View (FOV) from the computer vision model was 95 mm.

The file type of image acquisition from CCD camera was png. After the image was captured and named with scene constraint, a segmentation technique was employed to locate interesting media area. Later, the computer was used in the classification process to segregate good and bad media as depicted in Figs. 6-9.

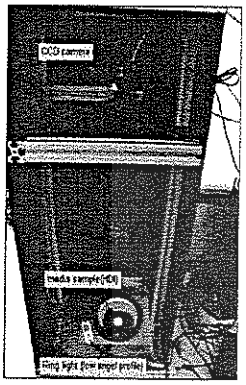


Fig. 5 Computer vision system model

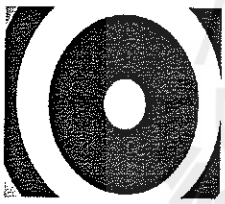


Fig. 6. Good recycle media from visual inspection model

Fig. 7. HDI defect on media from visual inspection model

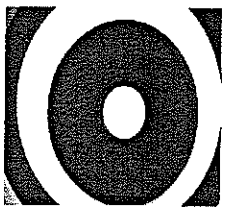


Fig. 8. Scratched defect on media from visual inspection model

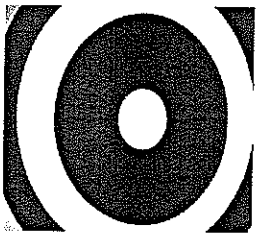


Fig. 9. Contamination defect on media from visual inspection model

IV. RESULT AND DISCUSSION

This research focuses on recycle media inspection process improvement. The system can detect and separate good and bad recycle media. The defects on media surface were separated into 4 groups including Good recycle media, HDI (Head Disc Interference), Scratched on media, and Particle on media, respectively. The result showed that the over-rejection rate by human vision inspection was 7% (7 of 105 surfaces), while the over-accepting rate was 3% (3 of 105 surfaces). The examples of those media groups were depicted in Fig. 10.

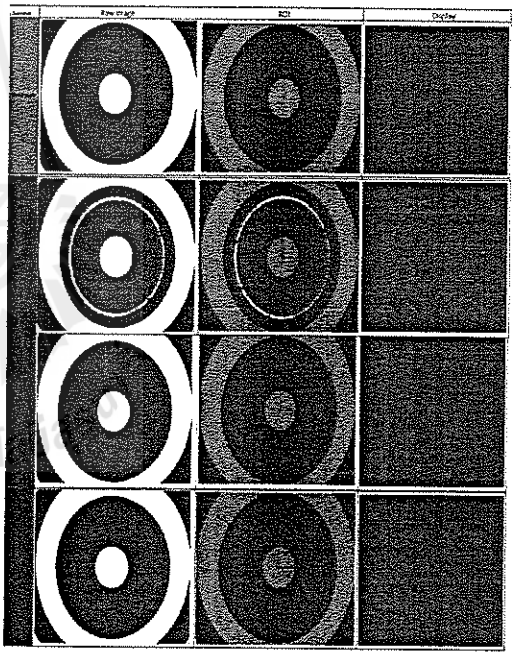


Fig. 10. Media image raw file, ROI, display to user
Row 1) Sample of media defined "Good Recycle".
Row 2) Sample of media defined "HDI (Head Disc Interference)".
Row 3) Sample of media defined "Scratched".
Row 4) Sample of media defined "Particle".

The characterization of damaged are by scratches on media surface more complex vision algorithm than that of HDI and

particle, since the scratches on media have many patterns and non-repeating media location. Therefore, the algorithm used for scratch pattern is considered by image area divided by image dimension in pixel units. After that, the lower limit threshold of 0.8 will be determined as "Scratched". The particle vision inspection accuracy between 72.7% and 28.3% are considered failed by "Particle".

The scratched defect is the most found defect in image quality of visions system. Therefore, the scene constraint is needed for this experiment.

The light source illuminating objects in this vision system uses the ring light with low angle profile. It is suitable for flat objects and has light reflection characteristic of the mirror.

Sample from human visual inspection		Computer Vision Inspection			
Type of recycle media	Sample	Good	HDI	Scratched	Particle
Good	105	102	0	1	2
	35	5	16	0	14
	35	2	0	24	9
	35	0	0	2	33

Fig. 11. Experiment result table

The media examined with naked eyes result showed that

1. The human visual inspection had an error of 3% (3/105 samples) that allowed the defected media to escape and mix with the re-assembly.
2. Under the HDI condition, there was an error of rejecting the Good Recycle approximately 14% (5/35 samples). While a huge error about 40% (14/35 samples) was from classifying the samples out of the particle defect, since the observer found circular –shaped defect at disc clamp. To compare with the computer visual inspection, it was found that we could add more conditions to enhance capability the potential of detection. Therefore, the ROI was included to ease the defect at disc clamp as depicted in Fig. 12.

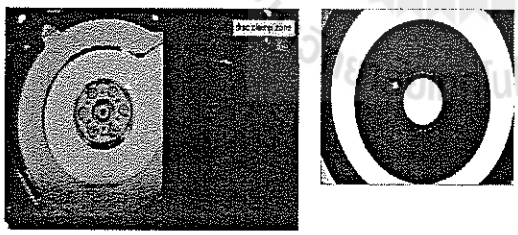


Fig. 12. Disc clamp zone

3. Under the scratch condition, the Good Recycle samples were spoiled about 6% (2/35 samples). While the error at classifying the samples out of the particle defect was quite high about 25% (9/35 samples). This was because we used complex conditions for classification.
4. Under the Particle contaminated condition, it was found that the samples that should be taken out of the scratch defect was 6% (2/35 samples) and the computer vision system could observe and classify the particle at 94%.

However this experiment still has limitation on examining the scratched media, especially when the defect is smaller than 100 µm. This limitation is due to the camera resolution. The sample of scratched media with size less than 100 µm was depicted in Fig13.

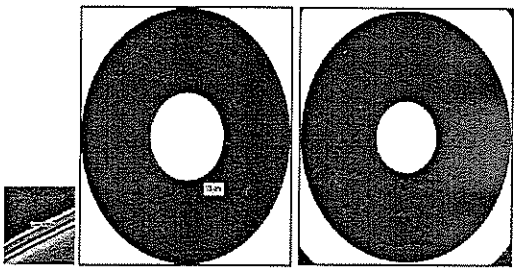


Fig. 13. Media image with scratched defect smaller than 100 µm (left side image from Candela and right side from this experiment)

V. CONCLUSION

Classifying defect on media based on human vision inspection with naked eyes still has possibility of error from many factors such as agronomics working, skipping inspection of damaged media area. Therefore, computer vision system with clean particle environment and light source controlled is needed for recycle media inspection. The most important advantage of the recycle media inspection process by computer vision is that it has high camera resolution which helps increasing reliability of vision inspection system for segregating of good recycle media in hard disc drive assembly. Consequently, the computer vision system can help reducing over-rejection rate of recycle media for re-assembly process in hard disc drive industry and reducing the cost per units.

VI. ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to express their gratitude to Seagate Technology Company Limited and Suranaree University of Technology for the support of the research and some media samples used in the experiments.

REFERENCES

[1] L.Hepplewhite, T.J.Stonham & R.J.Glover. Automated Visual Inspection of Magnetic Disk Media. IEE Conf. Publ. 3th Int. Con. Electronics, Circuits, and Systems. 2: 732 - 735.

[2] W.Cleng,W.Crook. H.Rosen& T.Strand, An Optical Method using a laser and an Intergrating Sphere Combination for Charactorising the Thickness Profile of Magnetic Media, IEEE Transaction on Magnetics, Vol.25,No.5, p.3659-3661,1989.

[3] S.Meeks, W.E.Weresin&H.J.Rosen, Optical Surface Analysis of the Head-Disk-Tnterface of Thin Film Disks.Journal of Tribology, Transaction of the ASME,Vlo.117,p.112-118, 1995.

[4] Rafael C. Gonzales, & Richard E. Woods. Digital Image Processing.Prentice Hall, 2002.

[5] H. Kanitta, & Ch. Wantanee, & Th. Rattiyakorn. "Top cover screw floating check at final inspection. 2008.

ประวัติผู้เขียน

นายธวัช รัตนชัย เกิดเมื่อวันที่ 28 กรกฎาคม พุทธศักราช 2518 ที่อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย ปัจจุบันอาศัยอยู่บ้านเลขที่ 20/28 หมู่ที่ 15 ตำบลสูงเนิน อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จากวิทยาลัยเทคนิคหนองคาย เมื่อปีพุทธศักราช 2538 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมเครื่องกล (สาขาแมคคาทรอนิกส์) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อปีพุทธศักราช 2551

ในปีพุทธศักราช 2540 ได้เข้าทำงานในตำแหน่ง ช่างเทคนิค บริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ปีพุทธศักราช 2553 ได้เข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกร ฝ่ายวิศวกรควบคุมการผลิตบริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ต่อมาได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ (วศ.ม.แมคคาทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พุทธศักราช 2552–2555 โดยได้รับเงินทุนการศึกษา ตลอดหลักสูตรจากหลักสูตรแมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปัจจุบันทำหน้าที่ในตำแหน่งวิศวกร ฝ่ายวิศวกรควบคุมการผลิตบริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี