การพัฒนาเครื่องตรวจสอบเชิงมองเห็นแบบอัตโนมัติ
สำหรับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

นางสาวจิตติมา วระกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2553

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC VISUAL INSPECTION MACHINE FOR HDD MANUFACTURING PROCESS

Jittima Varagul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

การพัฒนาเครื่องตรวจสอบเชิงมองเห็นแบบอัตโนมัติ
สำหรับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(ผศ. ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล)
ประธานกรรมการ

_____

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(อ. ดร.สมศักดิ์ ศิวดำรงพงศ์)
กรรมการ

_____

(อ. ดร.วุฒิ ด่านกิตติกุล)
รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(รศ. น.อ. ดร.วรพจน์ ขำพิศ)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

จิตติมา วระกุล : การพัฒนาเครื่องตรวจสอบเชิงมองเห็นแบบอัตโนมัติสำหรับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (DEVELOPMENT OF AUTOMATIC VISUAL INSPECTION MACHINE FOR HDD MANUFACTURING PROCESS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์, 136 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ในการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งเป็นการตรวจสอบจากภายนอกว่ามีการขันสกรู การติดแถบรหัส หรือติดตั้งแผงวงจรได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ ให้กับบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตรอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด กระบวนการตรวจสอบนี้เป็นสิ่งที่จำเป็นจะต้องทำก่อนที่จะบรรจุฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งในขณะนี้ได้ใช้แรงงานของพนักงานซึ่งเกิดปัญหาขึ้นหลายอย่างในทางปฏิบัติ กล่าวคือจะต้องมีการฝึกอบรมพนักงานให้มีความชำนาญในการตรวจสอบด้วยตาก่อนจึงจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากงานประเภทนี้จะใช้สมาธิและสายตาเป็นเวลานาน ทำให้พนักงานเกิดความอ่อนล้าและทำให้การตรวจสอบผิดพลาดได้ งานวิจัยนี้จึงได้เน้นไปที่การวิจัยและพัฒนาเครื่องต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพภายนอกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยใช้การมองเห็นของเครื่องจักรเพื่อวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ แต่เนื่องจากข้อจำกัดในการที่จะจัดหากล้องดิจิตอลที่มีคุณภาพสูง ซึ่งมีราคาแพง ข้อกำหนดของทางบริษัทจึงกำหนดให้ใช้กล้องเพียงตัวเดียว และสร้างอุปกรณ์จับยึดและหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพื่อให้เคลื่อนที่ไปสู่ตำแหน่งที่ต้องการถ่ายรูป ทำให้งานวิจัยนี้มีส่วนประกอบสำคัญสองส่วนคือการสร้างกลไกที่สามารถควบคุมได้อัตโนมัติในการจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และการใช้โปรแกรม LabVIEW ร่วมกับโมดูล NI Vision ในการสร้างส่วนของการมองเห็นของเครื่องจักร และต้องให้การทำงานทั้งสองส่วนนั้นสอดประสานและทำงานอย่างถูกต้องไปพร้อมกัน งานวิจัยนี้สามารถสร้างอุปกรณ์ที่สามารถจับหมุนผลิตภัณฑ์เพื่อถ่ายภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ทั้งหกด้าน และสามารถทำงานร่วมกับระบบการตรวจสอบด้วยภาพเป็นอย่างดี จากการทดสอบความสามารถในการค้นหาความผิดพลาดในแต่ละด้านของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เครื่องต้นแบบนี้สามารถตรวจจับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีความผิดพลาดได้ทุกครั้ง และมีความเร็วเป็นที่พอใจของทางบริษัท ซึ่งรายละเอียดของตัวเลขเหล่านี้ไม่สามารถเปิดเผยได้ เนื่องจากเป็นความลับในกระบวนการผลิตของบริษัท

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

JITTIMA VARAGUL : DEVELOPMENT OF AUTOMATIC VISUAL INSPECTION MACHINE FOR HDD MANUFACTURING PROCESS
THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. FLT. LT. KONTORN CHAMNIPRASART, Ph.D., 136 PP.

AUTOMATIC VISUAL INSPECTION / VISION SYSTEM

This research is to build a laboratory prototype for inspection of completeness of hard disk drive assembly processes. The inspection is required for external completeness such as all screws must be tightens, bar code must be attached and readable, print circuit board must be installing at the right position and securely screwed. Hitachi Global Storage Technology (Thailand) Ltd., required inspecting every hard disk drive before shipping to the customer. At the present time this process is done by using human visual inspection this required training period for personal to take this responsibility. However, workers who work for long period of time can be fatigue and affect the inspection quality. This research is to build a laboratory prototype for inspection of completeness of hard disk drive assembly processes by using machine vision technology for inspects the completeness the hard disk drive assembly process. Due to the coast of high resolution digital camera Hitachi Global Storage Technology (Thailand) Ltd., required to use only one camera to inspect the hard disk drive. This make this research divided into two major parts. First is design automated mechanism to hold and rotated the hard disk drive to facing the camera. Secondly, this research must be design machine vision system using LabVIEW and NI Vision module to create a machine vision system. The two system must be synchronized and work well with each other. This project complete all task required

and deliver the laboratory prototype that work perfectly. The mechanism can rotate all six side of hard disk drive to facing the camera and the machine vision system can detected all fault assembly of the hard disk drive with acceptable speed. However due to production confidential of Hitachi Global Storage Technology (Thailand) Ltd., this research cannot be exposed to public.

School of Mechanical Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2010 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ทั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ที่ได้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งเสมอมา ดังนี้

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่ได้มอบเงินทุนสนับสนุนในการทำโครงงานวิจัย

บริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตรอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด และบุคลากรของบริษัททุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนและให้ข้อมูลในการทำโครงงานวิจัยนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี รวมถึงบุคลากรประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัยนี้

รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ อบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษา ชี้แนะข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงานวิจัย และแนวทางการแก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยความเมตตากรุณาเสมอมา

รองศาสตราจารย์ นาวาอากาศเอก ดร.วรพจน์ ขำพิศ คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ และคณาจารย์ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ด้วยความเมตตากรุณา

คุณสุรพัฒน์ สกุลภักดี ผู้ร่วมในโครงงานวิจัยนี้ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ แนะแนวทางแก้ปัญหาและให้ข้อมูลในการทำโครงงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณเฉลิมพงศ์ สรรพทรัพย์ศิริ คุณวันชัย ป่าขมิ้น คุณอรศิริ แสงสี คุณธวัลรัตน์ ทองปัน และเพื่อนบัณฑิตศึกษาทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การอุปการะอบรมเลี้ยงดู ส่งเสริมด้านการศึกษา ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ

จิตติมา วระกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 5
1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น 5
1.4 ขอบเขตการวิจัย 6
1.5 สถานที่ทำงานวิจัย 6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 กล่าวนำ 7
2.2 ประวัติความเป็นมาและปริทรรศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 8
2.3 พื้นฐานของภาพดิจิตอล 12
2.3.1 ภาพดิจิตอล (Digital Image) 12
2.3.2 นิยามของภาพดิจิตอล (Definition of a Digital Image) 13
2.3.3 คุณสมบัติของภาพดิจิตอล 14
2.3.4 ประเภทของภาพ (Image Types) 16
2.3.5 ประเภทของไฟล์ภาพ (Image File) 18
2.3.6 รายละเอียดของรูปภาพของ NI Vision 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 พื้นฐานของการประมวลผลภาพและการมองเห็นของเครื่องจักร 26
2.4.1 ความเป็นมาของการมองเห็นของเครื่องจักร 26
2.4.2 เทคโนโลยีของการมองเห็นของเครื่องจักร 26
2.5 การตรวจจับขอบ 27
2.5.1 การนำเทคโนโลยีการตรวจจับขอบไปใช้งาน 28
2.5.2 หลักการของการตรวจจับขอบ 31
2.5.3 วิธีการตรวจจับขอบของ NI Vision 35
2.5.4 การเพิ่มการตรวจจับของพื้นที่ค้นหา 2 มิติ 39
2.6 การจับคู่รูปแบบ (Pattern Matching) 43
2.6.1 ลักษณะของโปรแกรมการใช้จับคู่รูปแบบที่ดี 44
2.6.2 เทคนิคของการจับคู่รูปแบบ 47
2.6.3 การหาความสัมพันธ์ร่วม 49
2.7 การวัดมิติ (Dimension Measurements) 51
2.7.1 หลักการของการวัดด้วยภาพ 52
2.7.2 การกำหนดระบบพิกัดในการวัด 53
2.8 การควบคุมด้วยพีแอลซี 56
2.8.1 หลักการทำงานพื้นฐานของพีแอลซี 57
2.8.2 การโปรแกรมพีแอลซี 60
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 63
3.1 กล่าวนำ 63
3.2 กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ต้องการตรวจสอบ 63
3.3 การสร้างกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 64
3.3.1 การออกแบบชุดกลไกสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 64
3.3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ต้นกำลัง 66
3.3.3 การเลือกใช้เซนเซอร์ในตำแหน่งต่าง ๆ 70
3.3.4 การควบคุมการทำงานของชุดกลไกสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การสร้างระบบการตรวจสอบด้วยภาพ 74
3.4.1 การออกแบบกระบวนการตรวจสอบด้วยภาพ 74
3.4.2 ส่วนประกอบของระบบการตรวจสอบด้วยภาพ 75
3.4.3 การควบคุมการทำงานของระบบการตรวจสอบด้วยภาพ 84
3.4.4 การทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ 85
3.4.5 การแสดงผลการตรวจสอบด้วยภาพ 92
3.5 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ 93
4 ผลการทดลอง 97
4.1 ผลการทดสอบระบบการทำงานของกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 98
4.2 ผลการทดสอบระบบตรวจสอบด้วยภาพ 98
4.2.1 ผลการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ 98
4.2.2 ผลการทดสอบเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบด้วยภาพ 100
4.2.3 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ 101
4.3 ผลการตรวจสอบระบบการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เชิงมองเห็นแบบอัตโนมัติ 102
4.4 สรุปผลการทดสอบ 104
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 105
5.1 สรุปผลการวิจัย 105
5.2 ข้อเสนอแนะ 106
รายการอ้างอิง 107
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. รายละเอียดขนาดชิ้นส่วนของเครื่องจักรต้นแบบ 108
ภาคผนวก ข. รายละเอียดวงจรการควบคุมการทำงานของวงจร PLC 118
ภาคผนวก ค. รายละเอียดโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ 123

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง. ผลการทดสอบวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ 126
ภาคผนวก จ. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ 130
ประวัติผู้เขียน 136

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 5
1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น 5
1.4 ขอบเขตการวิจัย 6
1.5 สถานที่ทำงานวิจัย 6
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 กล่าวนำ 7
2.2 ประวัติความเป็นมาและปริทรรศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 8
2.3 พื้นฐานของภาพดิจิตอล 12
2.3.1 ภาพดิจิตอล (Digital Image) 12
2.3.2 นิยามของภาพดิจิตอล (Definition of a Digital Image) 13
2.3.3 คุณสมบัติของภาพดิจิตอล 14
2.3.4 ประเภทของภาพ (Image Types) 16
2.3.5 ประเภทของไฟล์ภาพ (Image File) 18
2.3.6 รายละเอียดของรูปภาพของ NI Vision 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 พื้นฐานของการประมวลผลภาพและการมองเห็นของเครื่องจักร 26
2.4.1 ความเป็นมาของการมองเห็นของเครื่องจักร 26
2.4.2 เทคโนโลยีของการมองเห็นของเครื่องจักร 26
2.5 การตรวจจับขอบ 27
2.5.1 การนำเทคโนโลยีการตรวจจับขอบไปใช้งาน 28
2.5.2 หลักการของการตรวจจับขอบ 31
2.5.3 วิธีการตรวจจับขอบของ NI Vision 35
2.5.4 การเพิ่มการตรวจจับของพื้นที่ค้นหา 2 มิติ 39
2.6 การจับคู่รูปแบบ (Pattern Matching) 43
2.6.1 ลักษณะของโปรแกรมการใช้จับคู่รูปแบบที่ดี 44
2.6.2 เทคนิคของการจับคู่รูปแบบ 47
2.6.3 การหาความสัมพันธ์ร่วม 49
2.7 การวัดมิติ (Dimension Measurements) 51
2.7.1 หลักการของการวัดด้วยภาพ 52
2.7.2 การกำหนดระบบพิกัดในการวัด 53
2.8 การควบคุมด้วยพีแอลซี 56
2.8.1 หลักการทำงานพื้นฐานของพีแอลซี 57
2.8.2 การโปรแกรมพีแอลซี 60
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 63
3.1 กล่าวนำ 63
3.2 กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ต้องการตรวจสอบ 63
3.3 การสร้างกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 64
3.3.1 การออกแบบชุดกลไกสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 64
3.3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ต้นกำลัง 66
3.3.3 การเลือกใช้เซนเซอร์ในตำแหน่งต่าง ๆ 70
3.3.4 การควบคุมการทำงานของชุดกลไกสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การสร้างระบบการตรวจสอบด้วยภาพ 74
3.4.1 การออกแบบกระบวนการตรวจสอบด้วยภาพ 74
3.4.2 ส่วนประกอบของระบบการตรวจสอบด้วยภาพ 75
3.4.3 การควบคุมการทำงานของระบบการตรวจสอบด้วยภาพ 84
3.4.4 การทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ 85
3.4.5 การแสดงผลการตรวจสอบด้วยภาพ 92
3.5 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ 93
4 ผลการทดลอง 97
4.1 ผลการทดสอบระบบการทำงานของกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 98
4.2 ผลการทดสอบระบบตรวจสอบด้วยภาพ 98
4.2.1 ผลการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ 98
4.2.2 ผลการทดสอบเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบด้วยภาพ 100
4.2.3 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ 101
4.3 ผลการตรวจสอบระบบการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เชิงมองเห็นแบบอัตโนมัติ 102
4.4 สรุปผลการทดสอบ 104
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 105
5.1 สรุปผลการวิจัย 105
5.2 ข้อเสนอแนะ 106
รายการอ้างอิง 107
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. รายละเอียดขนาดชิ้นส่วนของเครื่องจักรต้นแบบ 108
ภาคผนวก ข. รายละเอียดวงจรการควบคุมการทำงานของวงจร PLC 118
ภาคผนวก ค. รายละเอียดโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ 123

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง. ผลการทดสอบวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ 126
ภาคผนวก จ. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ 130
ประวัติผู้เขียน 136

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงจำนวนไบท์ที่ใช้ในแต่ละพิกเซลของภาพประเภทต่าง ๆ 17
3.1 แสดงรายละเอียดของชิ้นงานทดสอบ 77
4.1 แสดงตารางแสดงเวลาการทำงานของชุดกลไกอัตโนมัติ
สำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์..... 98
4.2 แสดงผลการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม
กับการประมวลผลด้วยภาพ..... 99
4.3 แสดงผลการเลือกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสม
กับการประมวลผลด้วยภาพ..... 100
4.4 แสดงผลการทดสอบเวลาที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพ 100
4.5 แสดงตารางแสดงเวลาในการตรวจสอบด้วยภาพ..... 101
4.6 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องของการตรวจสอบด้วยภาพ..... 102
4.7 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องของการทำงานเครื่องจักรต้นแบบ..... 103
4.8 แสดงตารางแสดงเวลาการทำงานเครื่องจักรต้นแบบ 103
ง.1 แสดงผลการทดสอบวัสดุที่ใช้ทำฝาปิดด้านบน
ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จริง 128
ง.2 แสดงผลการทดสอบวัสดุที่ใช้ทำฝาปิดด้านบน
ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำลอง..... 129

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 แสดงตัวอย่างฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว 2
1.2 แสดงตัวอย่างตำแหน่งการติด Barcode Label 2
1.3 แสดงตัวอย่างด้านแผงวงจรที่ต้องการตรวจสอบ 3
2.1 แสดงการกำหนดตำแหน่งของพิกเซล 14
2.2 แสดงระนาบที่บรรจุภาพสี 18
2.3 แสดงองค์ประกอบภายในของภาพที่ใช้ในโปรแกรม NI Vision 20
2.4 แสดงวิธีการกำหนดค่าพิกเซลที่อยู่ในขอบด้วยวิธีต่าง ๆ 22
2.5 แสดงหลักการทำงานของการจัดส่วนแบ่งภาพ 23
2.6 แสดงการกำหนดค่าเยื้องให้กับหน้ากากของภาพ 24
2.7 แสดงผลกระทำของการกำหนดค่าเยื้องให้กับหน้ากากของภาพ 25
2.8 แสดงการวัดระยะห่างของเขี้ยวหัวเทียน 29
2.9 แสดงการตรวจนับวัตถุโดยวิธีการตรวจจับขอบ 30
2.10 แสดงการตรวจสอบแนวการวางตัว 31
2.11 แสดงตัวอย่างการกำหนดขอบ 32
2.12 แสดงการเปลี่ยนแปลค่าพิกเซลเพื่อค้นหาขอบ 32
2.13 แสดงตัวอย่างภาพที่มีระดับความเข้มของขอบที่ต่างกัน 33
2.14 แสดงขั้วของขอบ 34
2.15 แสดงการตรวจจับขอบอย่างง่าย 36
2.16 แสดงการตรวจจับขอบขั้นสูง 37
2.17 แสดงการใช้ฟังก์ชันหาความแม่นยำระดับซับพิกเซล 39
2.18 แสดงการทำงานของฟังก์ชัน Rake 40
2.19 แสดงการทำงานของฟังก์ชัน Spoke 41
2.20 แสดงการทำงานของฟังก์ชัน Concentric Rake 42
2.21 แสดงตัวอย่างของการจับคู่รูปแบบ 44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.22 แสดงการตรวจจับในสภาพการวางตัวเปลี่ยนไป ... 45
2.23 แสดงตัวอย่างภาพที่สภาพแสงต่างไป ... 46
2.24 แสดงตัวอย่างของภาพไม่ชัดและมีสัญญาณรบกวน ... 46
2.25 แสดงเทคนิคการตรวจจับด้วย Image Understanding ... 49
2.26 แสดงขั้นตอนการหาความสัมพันธ์ ... 50
2.27 แสดงการกำหนดระบบแกนและพื้นที่ค้นหาเพื่อการวัด ... 55
2.28 แสดงอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับพีแอลซีเพื่อใช้ในการควบคุม ... 57
2.29 แสดงส่วนประกอบของพีแอลซี ... 58
2.30 แสดงรอบการทำงานหนึ่งรอบของพีแอลซี ... 60
2.31 แสดง Contact ในพีแอลซีตามข้อกำหนดของ Mitsubishi ... 61
2.32 แสดงสัญลักษณ์ของ Coil ที่นิยมใช้สามแบบตามบริษัทผู้ผลิต ... 62
2.33 แสดงสัญลักษณ์ของ Box ในรูปแบบต่าง ๆ ... 62
3.1 แสดงชุดกลไกสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ... 65
3.2 แสดงส่วนประกอบของชุดกลไกสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ... 66
3.3 แสดง SAYAMA Geared Motor รุ่น RB-350GM-N574-24 ... 67
3.4 แสดงกระบอกสูบสองทางแบบก้านคู่ SMC รุ่น MGPM25TF-40 ... 68
3.5 แสดงกระบอกสูบทำงานในแนวหมุน SMC รุ่น MSQB10R-A93L ... 68
3.6 แสดงกระบอกสูบทำงานแบบเชิงเส้น SMC รุ่น MXS12-75B ... 69
3.7 แสดงกระบอกสูบสองทางแบบก้านเดี่ยว SMC รุ่น CDM2YB-40TF-75 ... 69
3.8 แสดงเครื่องจักรต้นแบบสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ... 70
3.9 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์แบบใช้แสงในการควบคุมมอเตอร์ ... 71
3.10 แสดงตำแหน่งการติดตั้งรีดสวิตซ์เพื่อการบอกตำแหน่งของ Gripper ... 72
3.11 แสดงตำแหน่งการติดตั้งรีดสวิตซ์เพื่อควบคุมการหมุนชุดจับยึด ... 72
3.12 แสดงตำแหน่งการติดตั้งรีดสวิตซ์เพื่อควบคุม
ตำแหน่งการหยุดหมุนรอบแกน y ... 73
3.13 แสดง PLC ของบริษัท Misubishi รุ่น FX1N-24MR-ES/UL ... 74

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

3.14 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์การตรวจสอบด้วยภาพ 75
3.15 แสดงตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ 76
3.16 แสดง Dino-Lite Digital Microscope รุ่น AM-311 78
3.17 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Create 78
3.18 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Read File 79
3.19 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Setup Learn Pattern 2 80
3.20 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Learn Pattern 2 81
3.21 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Setup Match Pattern 2 82
3.22 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Match Pattern 2 83
3.23 แสดง DAQ NI USB 6008 84
3.24 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ 85
3.25 แสดงการแสดงผลการตรวจสอบด้วยภาพ 92
3.26 แสดงแผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ 93
4.1 แสดงเครื่องจักรต้นแบบเพื่อตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบอัตโนมัติ 97
ก.1 แสดงรายละเอียดขนาดของ Base of Sensor 109
ก.2 แสดงรายละเอียดขนาดของ Pulley 109
ก.3 แสดงรายละเอียดขนาดของ Flat Needle 110
ก.4 แสดงรายละเอียดขนาดของ Holder Sensor 110
ก.5 แสดงรายละเอียดขนาดของ Mid 111
ก.6 แสดงรายละเอียดขนาดของ Front Pulley 111
ก.7 แสดงรายละเอียดขนาดของ Base of Motor 112
ก.8 แสดงรายละเอียดขนาดของ Base of Right Gripper 112
ก.9 แสดงรายละเอียดขนาดของBase of Left Ripper 113
ก.10 แสดงรายละเอียดขนาดของ Left Gripper 113

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

ก.11 แสดงรายละเอียดขนาดของ Right Gripper 114
ก.12 แสดงรายละเอียดขนาดของ Holder Gripper 114
ก.13 แสดงรายละเอียดขนาดของ Base of Under Gripper 115
ก.14 แสดงรายละเอียดขนาดของ Base Setting..... 115
ก.15 แสดงรายละเอียดขนาดของ Holder Base Setting..... 116
ก.16 แสดงรายละเอียดขนาดของ Lock Base Setting 116
ก.17 แสดงรายละเอียดขนาดของ Holder of Stopper..... 117
ข.1 แสดงวงการควบคุม PLC 119
ค.1 แสดงโปรแกรม LabVIEW สำหรับการรับภาพต้นแบบ 124
ค.2 แสดงโปรแกรม LabVIEW สำหรับการรับภาพที่ต้องการตรวจสอบ 124
ค.3 แสดงโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ..... 125

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการตรวจสอบควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในเกือบจะทุกขั้นตอนของการผลิต แม้แต่ขั้นตอนก่อนที่จะส่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไปบรรจุกล่อง ก็ได้มีการตรวจสอบสภาพภายนอกต่าง ๆ ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยขั้นตอนการตรวจสอบในปัจจุบันนี้ที่บริษัท ฮิตาชิ โกบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด ยังมีการใช้แรงงานคนในสังเกตข้อผิดพลาดเชิงกายภาพที่เกิดขึ้นภายนอกตัวฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยสายตา ซึ่งในการที่จะให้พนักงานรับผิดชอบในหน้าที่นี้ได้ พนักงานจำเป็นต้องผ่านการอบรม เพื่อให้ทราบว่ารายละเอียดการตรวจสอบเพื่อการควบคุมคุณภาพด้วยสายตาว่ามีส่วนใดที่พนักงานต้องให้ความสำคัญบ้าง

เนื่องจากอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นอุตสาหกรรมที่มีจำนวนการผลิตต่อหน่วยเวลาที่สูงมาก ดังนั้นจึงมีผลิตภัณฑ์ที่ต้องได้รับการตรวจสอบเป็นจำนวนมาก ดังนั้นขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพภายนอกด้วยสายตาจึงมีความจำเป็นที่ต้องใช้ปริมาณแรงงานของพนักงานที่ค่อนข้างมาก และเนื่องจากจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มาก ทำให้เวลาที่พนักงานต้องใช้ในการตรวจสอบคุณภาพมีระยะเวลาที่ยาวนาน ส่งผลให้เมื่อดำเนินงานไประยะหนึ่งคุณภาพของการตรวจสอบจะลดลงไม่ว่าจะเป็นสมาธิ การล้าของสายตาของผู้ตรวจสอบที่ลดน้อยลงเมื่อเวลาในการทำงานผ่านล่วงไปและทำให้บางครั้งมีผลิตภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ส่งออกไปสู่มือลูกค้าได้

อีกด้านหนึ่งเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตนั้นมีหลายรุ่น หลายขนาด ดังนั้นพนักงานจะต้องอาศัยระยะเวลาช่วงหนึ่งจึงจะสามารถตรวจสอบผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีคุณภาพ และอาจต้องใช้ระยะเวลาในการอบรมพนักงานค่อนข้างนานในทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงรุ่นของผลิตภัณฑ์ กว่าที่จะมีความชำนาญและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องใช้เวลานาน

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพภายนอกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก่อนที่จะส่งไปบรรจุกล่องเพื่อให้แน่ใจว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นผ่านการประกอบอย่างถูกต้องสมบูรณ์ พร้อมที่จะส่งให้ลูกค้าแล้ว โดยสิ่งต้องการตรวจสอบในเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์แทบทุกรุ่นจะประกอบด้วยสิ่งสำคัญดังนี้

ส่วนแรกคือการตรวจสอบความเรียบร้อยของการขันสกรูที่ด้านฝาปิด ดังนั้นตำแหน่งที่มีรูสำหรับสกรูทุกตำแหน่งจะต้องได้รับการขันสกรูอย่างถ้วนจึงจะถือว่าผ่านการตรวจสอบ ซึ่งการตรวจสอบนี้จะกระทำทางด้านหน้าที่เป็นฝาปิดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ดังแสดงในรูปที่ 1.1

รูปที่ 1.1 แสดงตัวอย่างฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้ว

ส่วนที่สองจะเป็นการตรวจสอบที่ด้านล่างของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อทำการตรวจสอบ Barcode Label ซึ่งเป็นข้อมูลเพื่อทำให้ทราบว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นี้เป็นรุ่นผลิตภัณฑ์ใด และมีประวัติข้อมูลการประกอบที่ติดอยู่ด้วย ซึ่งส่วนนี้จำเป็นต้องมีเพื่อให้ฝ่ายตรวจสอบจำนวนและคุณภาพผลิตภัณฑ์สามารถทราบข้อมูลและรายละเอียดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แต่ละเครื่องได้ การตรวจสอบคุณภาพก็เป็นการดูว่าได้มีการติดแถบรหัสนี้ครบถ้วนและถูกต้องตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างตำแหน่งการติด Barcode Label

ด้านที่สามที่จำเป็นต้องการตรวจสอบคุณภาพคือด้านที่มีการติดตั้งแผงวงจรที่ควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งการตรวจสอบนี้ไม่ได้เน้นไปที่ความถูกต้องของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผงวงจร แต่เป็นการตรวจสอบว่าแผงวงจรอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องหรือไม่และได้รับการขันสกรูอย่างครบถ้วนหรือไม่ ดังแสดงในรูปที่ 1.3

รูปที่ 1.3 แสดงตัวอย่างด้านแผงวงจรที่ต้องการตรวจสอบ

จากที่ได้อธิบายให้ทราบนี้จะเห็นว่าการตรวจสอบไม่ใช่สิ่งที่ยุ่งยากนัก แต่จะเห็นว่าวัตถุต่าง ๆ ที่ต้องการตรวจสอบมีขนาดที่เล็ก ดังนั้นการทำงานด้านการตรวจสอบจึงต้องอาศัยสมาธิและสายตามาก ทำให้งานนี้เป็นงานที่น่าเบื่อและสร้างความล้าให้กับพนักงานได้ง่าย

ปัญหาอีกประการหนึ่งของภาคการผลิตในประเทศไทยในขณะนี้ คือการที่ภาคการผลิตขาดแรงงานในระดับพนักงานในสายการผลิต ซึ่งจะเห็นได้จากมีความต้องการพนักงานเพื่อการผลิตเป็นจำนวนมาก ทำให้ผู้ที่อยู่ในวัยทำงานสามารถที่จะเลือกงานที่ตนเองต้องการได้มากขึ้น ดังนั้นพนักงานในกลุ่มที่ต้องทำงานที่ซ้ำซาก น่าเบื่อและใช้สายตามากเช่นในกรณีของการตรวจสอบคุณภาพด้วยสายตานิยมไปหางานอื่นที่มีความสะดวกสบายมากกว่า ทำให้บริษัทขาดแคลนแรงงานที่จะมาใช้กระบวนการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จากภายนอกนี้ เป็นจำนวนมาก ทำให้จำเป็นต้องลดกำลังการผลิตลงให้เหมาะสมกับจำนวนพนักงานที่มีอยู่

เพื่อที่จะเป็นการแก้ปัญหาในหลาย ๆ ด้านดังที่กล่าวมาแล้ว ระบบการตรวจสอบด้วยสายตาของมนุษย์จึงควรจะถูกทดแทนด้วยเครื่องมือที่มีความน่าเชื่อถือได้เท่าเทียมกับการตรวจสอบด้วยสายตา ทางบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตรอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด ได้หารือร่วมกันกับผู้วิจัย และได้เล็งเห็นตรงกันว่าควรจะนำการตรวจสอบด้วยการมองเห็นของเครื่องจักรและเครื่องจักรอัตโนมัติมาทดแทนการใช้แรงงานของพนักงาน เพื่อลดความผิดพลาดจากแรงงานคนให้ได้มากที่สุด ซึ่งหลักการตรวจสอบโดยการสังเกตด้วยสายตานั้นสามารถทดแทนได้ด้วยระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง โดยได้ทำการออกแบบรายละเอียดอัลกอริทึมการตรวจสอบต่าง ๆ ด้วยภาพให้ได้ตามข้อกำหนดที่ทางบริษัทฮิตาชิ โกลบอล สตรอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด ตั้งเอาไว้ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปสู่การพัฒนาสร้างระบบตรวจสอบอัตโนมัติแบบเต็มระบบต่อไป

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายที่จะสร้างเครื่องต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการและวิธีการที่จำเป็นที่จะต้องใช้ในการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการหารือร่วมกับผู้รับผิดชอบของบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตรอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด ได้หารือในรายละเอียดวิธีการแก้ไขปัญหาที่ทางบริษัทต้องการคือจะให้ใช้กล้องความละเอียดสูงเพียงตัวเดียวที่ใช้ในการจับภาพ ภายนอกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และผู้วิจัยต้องออกแบบกลไกที่สามารถยึดจับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และทำการหมุนให้ด้านต่าง ๆ ที่ต้องการตรวจสอบเข้าหากล้องพร้อมทั้งกลไกนี้จะต้องสามารถปรับระยะให้ได้ระยะโฟกัสของรูปได้อย่างถูกต้องทุกครั้ง ทำให้การทำวิจัยของผู้วิจัยมีงานหลักอยู่สองงานด้วยกันคือการออกแบบระบบกลไกจับยึดและหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยอัตโนมัติ และอีกส่วนหนึ่งคือการออกแบบระบบการมองเห็นของเครื่องจักรเพื่อตรวจสอบคุณภาพของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วตลอดจนจะต้องสามารถทำการเชื่อมโยงการทำงานของทั้งสองส่วนให้สอดประสานกันอย่างแม่นยำอีกด้วย

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้มีข้อจำกัดที่สำคัญมากเช่นกัน เนื่องจากกระบวนการตรวจสอบคุณภาพและผลที่ได้จากการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้น ผู้รับผิดชอบของบริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตรอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด ขอสงวนความลับในกระบวนการทำงานของบริษัท จึงไม่สามารถเปิดเผยผลทั้งหมด ให้กับสาธารณะ ซึ่งหมายถึงวิทยานิพนธ์หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ไม่ควรจะนำเผยแพร่ โดยที่มีผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ของทางบริษัท แต่เนื่องจากผู้วิจัยมีข้อจำกัดที่จะต้องนำเสนอผลงานวิชาการและจัดส่งวิทยานิพนธ์จึงได้ทำข้อตกลงว่าการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จริง ๆ นั้นจะกระทำโดยทางบริษัทเอง แต่สำหรับงานวิจัยนี้จะสร้างฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำลองขึ้นเพื่อทำการทดสอบและนำเสนอผลเฉพาะในส่วนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำลองที่สร้างขึ้นมา ซึ่งโดยหลักการแล้วถ้าหากว่าวิธีการและเครื่องมือนี้สามารถทำงานกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำลองได้ เมื่อปรับแก้เพียงเล็กน้อยก็จะสามารถใช้งานกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จริงได้ ดังนั้นภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่จะปรากฏในเอกสารนี้ตลอดจนการทดสอบต่าง ๆ เป็นการกระทำกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำลองทั้งสิ้น

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในด้านการออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมในการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยการใช้การมองเห็นของเครื่องจักร ตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยทางผู้ผลิต ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. จัดสร้างเครื่องต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการ ที่สามารถจับยึดและหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้สามารถหมุนด้านต่าง ๆ ไปที่มุมกล้องพร้อมกับปรับระยะจากกล้องเพื่อให้ได้ระยะโฟกัสของกล้องที่เท่ากันในทุกมุมหมุน
2. ออกแบบอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับกล้องเพียงตัวเดียวในการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้านต่าง ๆ ที่ต้องการได้อย่างครบถ้วน
3. ออกแบบระบบการทำงานร่วมกันระหว่างระบบกลไกและระบบตรวจสอบด้วยกล้องเพื่อให้ทั้งสองส่วนทำงานที่สอดประสานกันได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ซึ่งสนับสนุนทุนการศึกษา ค่าใช้จ่ายของนักวิจัยและวัสดุเพื่อการทำงานวิจัย แต่ไม่สนับสนุนเงินในการจัดซื้อครุภัณฑ์ ทำให้จำเป็นที่จะต้องนำเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สำคัญ เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า กระบอกสูบ พีแอลซีและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นครุภัณฑ์นั้นเป็นอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้วทั้งที่ห้องปฏิบัติการภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และในส่วนที่สามารถจะขอใช้ได้จากทางบริษัท

ดังนั้นในการออกแบบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆ จะมีข้อจำกัดที่ผู้วิจัยไม่สามารถออกแบบทุกอย่างให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ แต่จะต้องเป็นการออกแบบเพื่อให้เหมาะกับอุปกรณ์สำคัญที่มีอยู่แต่ให้สามารถทำงานตามข้อกำหนดได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามทางผู้วิจัยได้เสนอแนะไว้ในบทที่ 5 ว่าหากจะทำการสร้างเครื่องต้นแบบในระดับห้องปฏิบัติการนี้เพื่อไปใช้ในการทำงานจริงควรจะมีการปรับปรุงในส่วนประกอบส่วนใดบ้าง

สำหรับข้อตกลงเบื้องต้นในส่วนสุดท้ายเป็นไปตามที่ได้กล่าวไว้แล้วก่อนหน้านี้คือการทดสอบจะทำกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำลอง ข้อมูลต่าง ๆ ทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในเอกสารนี้จึงเป็นข้อมูลบนพื้นฐานของการทดสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ได้จำลองขึ้นทั้งหมด เพื่อที่จะไม่กระทบต่อความลับในกระบวนการผลิตของบริษัท ฮิตาชิ โกบอล สตอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งทางบริษัทถือเป็นเรื่องสำคัญและไม่ควรเผยแพร่

1.4 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้จะกำหนดขอบเขตการวิจัยเพื่อสามารถกำหนดเป้าหมายและวิธีการในการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ขอบเขตของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

1. ออกแบบโปรแกรมการมองเห็นของเครื่องจักร เพื่อการตรวจสอบคุณภาพของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยใช้กล้องสำหรับการตรวจสอบเพียงตัวเดียว
2. สร้างเครื่องต้นแบบเพื่อการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เชิงกายภาพ โดยจะเป็นกลไกอัตโนมัติที่จับยึดและหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไปได้ทั้งหกด้าน พร้อมกับปรับระยะการวางฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้ได้ระยะโฟกัสของกล้องที่ถูกต้อง
3. ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ทำการทดสอบจะเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำลอง โดยจะทำการตรวจสอบด้านต่าง ๆ ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จำนวนสามด้าน เพื่อให้เหมือนกับที่ใช้พนักงานในการตรวจสอบจุดสำคัญ
4. โปรแกรมที่ใช้ในกาการมองเห็นของเครื่องจักร จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป คือ LabVIEW และโมดูลสำหรับการมองเห็นของเครื่องจักรคือโมดูล NI Vision
5. การออกแบบเครื่องจักรจะออกแบบบนพื้นฐานที่ไม่สามารถจัดหาครุภัณฑ์ใหม่ได้ จึงเป็นการออกแบบเพื่อให้เครื่องจักรที่จัดสร้างขึ้นสามารถทำงานได้ดีที่สุดตามอุปกรณ์ควบคุมที่สามารถจัดหาได้โดยไม่ต้องจัดซื้อจากบริษัทและทางมหาวิทยาลัยเท่านั้น

1.5 สถานที่ทำงานวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ บริษัท ฮิตาชิ โกลบอล สตรอเรจ เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่ทางผู้วิจัยและทางบริษัทคาดว่าจะได้จากงานวิจัยนี้ มีสิ่งที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. ลดความผิดพลาดในการตรวจสอบการควบคุมคุณภาพของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ด้วยแรงงานคน
2. ได้ต้นแบบโปรแกรมระบบตรวจสอบด้วยการมองเห็นของเครื่องจักร
3. ได้เครื่องกลไกต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการ ที่ใช้ในการจับยึดและหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และสามารถทำงานสอดคล้องกับโปรแกรมการตรวจจับภาพการมองเห็นของเครื่องจักรได้อย่างสมบูรณ์
4. ได้แนวทางการพัฒนาเครื่องจักรเพื่อยกระดับจากเครื่องต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการไปสู่ระบบที่สามารถใช้งานได้จริงในภาคอุตสาหกรรม

บทที่ 2
ปริทรรศน์วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงปริทรรศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ และยังกล่าวถึงความเป็นมาของการพัฒนาเทคโนโลยีในด้านการออกแบบระบบการมองเห็นของเครื่องจักรอัตโนมัติเพื่อการผลิตในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งมีการค้นคว้าและวิจัยในด้านนี้มาเป็นระยะเวลากว่า 60 ปี ซึ่งเริ่มจากด้านการทหารก่อน จากนั้นจึงได้แพร่หลายเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรม ประกอบกับอุปกรณ์ด้านการมองเห็นของเครื่องจักรมีราคาถูกลง สามารถจัดหาได้ง่ายขึ้น งานวิจัยด้านการมองเห็นของเครื่องจักรจึงได้รับการวิจัยอย่างต่อเนื่องเสมอมา

ในส่วนแรกนี้เป็นส่วนที่ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าเอกสาร รายงานการวิจัย วิทยานิพนธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ได้ดำเนินการอยู่ และตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่างานวิจัยด้านนี้มีระยะเวลานาน มีบทความและเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อให้งานวิจัยนี้เน้นอยู่กับเทคโนโลยีและวิธีการที่ทันสมัย ผู้วิจัยจะเลือกนำเสนองานวิจัยในช่วงประมาณ 3-5 ปีที่ผ่านมา เพราะเนื่องจากการประเมินผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์และงานวิจัยมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างรวดเร็วมากในช่วงเวลา 3-5 ปีที่ผ่านมา ซึ่งผู้วิจัยนั้นได้เลือกเฉพาะส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือมีส่วนคล้ายกับงานวิจัยที่กำลังดำเนินการอยู่นี้มานำเสนอเท่านั้น

นอกเหนือจากนั้นส่วนที่สองของในบทนี้ ผู้วิจัยจะนำเสนอทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยจะแบ่งหลัก ๆ เป็นสามส่วนคือในส่วนแรกจะกล่าวถึงพื้นฐานของภาพดิจิตอลและวิธีการกำหนดค่าในส่วนของภาพดิจิตอลเพื่อพร้อมที่จะนำไปประมวลผล

สำหรับในส่วนที่สองของทฤษฎีด้านการมองเห็นของเครื่องจักร ผู้วิจัยจะขอกล่าวถึงทฤษฎีการมองเห็นของเครื่องจักรและวิธีการประมวลผลภาพ แต่เนื่องจากวิธีการที่ใช้ในการประมวลผลภาพนั้นมีอยู่มากมายหลายแบบดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเฉพาะกระบวนการประมวลผลภาพที่จะใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้นในการนำเสนอ อีกทั้งจะได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีการดังกล่าว ซึ่งเป็นเหตุผลที่ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการนี้มาใช้ในการวิเคราะห์ภาพ

เนื่องจากการประมวลผลภาพที่ผู้วิจัยได้เลือกใช้ในการวิจัยนี้ คือโปรแกรมประมวลผลภาพที่เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งคือโปรแกรม LabVIEW ของบริษัท National Instrument หรือย่อว่า NI และในส่วนของโปรแกรม LabVIEW นี้เองจะมีโมดูลสำหรับการวิเคราะห์ภาพและการมองเห็น

ของเครื่องจักรเป็นโมดูลพิเศษอีกโมดูลหนึ่ง ซึ่งทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีได้ทำการจัดหามาใช้ในการเรียนการสอนและการวิจัย ซึ่งโมดูลนี้มีชื่อว่า NI Vision ดังนั้นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ จึงจะเน้นไปในบริบทและหลักการที่ใช้ในงานวิจัยโดยโมดูล NI Vision นี้เป็นส่วนมาก เพราะจะได้ให้ผู้อ่านเข้าใจแนวคิดและวิธีการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปนี้ และสามารถนำไปใช้งานได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

สำหรับทฤษฎีในส่วนสุดท้าย จะกล่าวถึงอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของกลไกที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งได้ใช้ Programmable Logic Controller (PLC) ในวิทยานิพนธ์นี้จะขอใช้เป็นภาษาไทยทับศัพท์ว่า “พีแอลซี” โดยทฤษฎีจะเป็นการอธิบายหลักการทำงาน ข้อกำหนดและวิธีการใช้งานพีแอลซีให้ถูกต้องและสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว

อย่างไรก็ตามผู้วิจัยมีความเห็นว่าผู้ที่อ่านวิทยานิพนธ์เล่มนี้โดยส่วนใหญ่แล้วคงมีความเข้าใจในทฤษฎีพีแอลซีอยู่บ้างแล้ว เพราะเป็นอุปกรณ์ที่มีการพัฒนาและใช้งานกันอย่างกว้างขวางเป็นเวลานาน ทางผู้วิจัยจึงไม่ได้ลงรายละเอียดในเรื่องของพีแอลซีมากนัก ซึ่งจะต่างจากรายละเอียดทางด้านการวิเคราะห์ การประมวลผลภาพ และการมองเห็นของเครื่องจักร ที่ผู้วิจัยอธิบายรายละเอียดลงไปในเชิงลึก

สำหรับการใช้งานโปรแกรม LabVIEW นั้นผู้วิจัยไม่ได้อธิบายในส่วนนี้ แต่ในบทต่อไปผู้วิจัยได้อธิบายการทำงานของ SubVI สำเร็จรูปที่อยู่ในโมดูล NI Vision เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถทำความเข้าใจหลักการทำงาน และสามารถไปประยุกต์ใช้งานต่อไปได้อย่างถูกต้อง

2.2 ประวัติความเป็นมาและปริทรรศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การมองเห็นของเครื่องจักรเป็นงานด้านวิศวกรรมที่นำระบบเชิงกล เชิงไฟฟ้า การจับภาพด้วยกล้องและการใช้ซอฟแวร์ให้มาทำงานร่วมกัน เพื่อใช้ตรวจสอบกระบวนการผลิต บ่งบอกความผิดพลาดหรือไม่สมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากกระบวนการการผลิต ปรับปรุงหรือช่วยในกระบวนการประกอบชิ้นส่วน ตลอดถึงใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักร

จุดเริ่มต้นของการพัฒนาด้านการมองเห็นของเครื่องจักร เริ่มจากจุดที่ได้มีการวิเคราะห์ภาพด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วย จากนั้นเมื่อมีความสามารถในการที่จะเก็บภาพดิจิตอลได้ จึงได้มีการวิจัยอย่างต่อเนื่องที่จะนำความสามารถในการประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ภาพมาใช้ในงานอุตสาหกรรม ในยุคแรกของการนำมาใช้งานในภาคอุตสาหกรรมนั้นจะเน้นไปที่การตรวจสอบความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอุตสาหกรรมหลาย ๆ ด้านมีกำลังการผลิตที่สูงขึ้น การที่ใช้มนุษย์เป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องของงานนั้นเป็นเรื่องน่าเบื่อ ซ้ำซากและเมื่อยล้า ดังนั้นจึงพบเห็นได้ว่าความสามารถในการตรวจจับข้อผิดพลาดของผลิตภัณฑ์ของมนุษย์จะลดลงเมื่อทำงานไปได้สักระยะหนึ่ง ดังนั้นอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนที่มีรายละเอียดมากจึงพยายามที่จะ

หันมาใช้การมองเห็นของเครื่องจักรเพื่อลดความผิดพลาดในกระบวนการผลิตและการส่งของที่ไม่ได้คุณภาพให้กับลูกค้า โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่ชิ้นส่วนที่ประกอบบนแผ่นวงจรนั้นมีจำนวนมากและรายละเอียดมีจำนวนมาก

การใช้การมองเห็นของเครื่องจักรนี้ เริ่มต้นการพัฒนางานวิจัยขึ้น ณ สถาบันเทคโนโลยีแห่งแมสซาจูเซส โดยห้องปฏิบัติการ Artificial Intelligence Laboratory ได้จัดการเรียนการสอนในรายวิชา Machine Vision ขึ้นอย่างเป็นทางการในช่วงปี ค.ศ. 1970 หลังจากนั้นการมองเห็นของเครื่องจักรก็ได้รับการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในยุคปี ค.ศ. 1980 ได้มีการคิดวิธีการที่จะประมวลผลภาพ และวิเคราะห์ภาพเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง ทฤษฎีเกี่ยวกับการประมวลผลภาพหลายทฤษฎี ได้ถือกำเนิดขึ้นในช่วงเวลานี้จนถึงปัจจุบัน โดยได้มีการพยายามเชื่อมโยงการวิเคราะห์ภาพเข้ากับกลไกหรือหุ่นยนต์เพื่อให้เกิดเครื่องจักรที่มีความฉลาดมีความสามารถด้านปัญญาประดิษฐ์ คือสามารถนำภาพที่ตรวจจับได้มาใช้ควบคุมและตัดสินใจ

สำหรับในปัจจุบันการมองเห็นของเครื่องจักรที่ใช้ในอุตสาหกรรมของประเทศไทยจะเน้นไปที่กระบวนการตรวจสอบในหลายอุตสาหกรรม โดยการประยุกต์ใช้งานก็จะแตกต่างกันไปตามประเภทของอุตสาหกรรมซึ่งสามารถที่จะยกตัวอย่างการนำไปใช้งานได้ดังต่อไปนี้

- ใช้ในการนับปริมาณสิ่งของแต่ละประเภทที่รวมกันอยู่ เช่น การนับจำนวนลูกกวาดสีแดงที่ใส่ลงไปในกล่องลูกกวาดหลากสีเป็นต้น
- ใช้ในการตรวจสอบรูปร่างของผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะสามารถคัดแยกได้อย่างถูกต้อง
- การตรวจสอบรอยเชื่อมว่าชิ้นส่วนผ่านการเชื่อมอย่างเรียบร้อยหรือไม่
- ใช้ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางประเภท เช่น ตรวจสอบว่าหน้าจอแสดงผลสามารถแสดงผลได้ถูกต้องหรือไม่ หลอดไฟแสดงสถานะต่าง ๆ ติดขึ้นอย่างถูกต้องตามที่กำหนดหรือไม่เป็นต้น
- ตรวจสอบการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น ชิพบนแผงวงจรได้รับการใส่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและครบถ้วนหรือไม่
- กระบวนการประกอบชิ้นส่วนหลาย ๆ ชิ้นเข้าด้วยกันอย่างถูกต้อง ขันสกรูเรียบร้อยและครบถ้วนหรือไม่
- การตรวจสอบความสมบูรณ์ของชิ้นส่วนที่จะนำไปประกอบว่าก่อนที่จะประกอบนั้นชิ้นส่วนทั้งหมดมีความถูกต้องและสมบูรณ์หรือไม่เพียงใด
- การจัดเรียงผลิตภัณฑ์ทำได้ถูกต้องหรือไม่ ลำดับการวางสลับตำแหน่งกันหรือไม่หรือแม้แต่แยกความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์และแบ่งเกรดผลิตภัณฑ์เหล่านั้น

ที่กล่าวมานี้เป็นเพียงตัวอย่างคร่าว ๆ ที่ใช้การมองเห็นของเครื่องจักรในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่พบเห็นกันทั่วไป และมีงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่มากมายที่ได้ช่วยให้การมองเห็นของเครื่องจักรมีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วและก้าวหน้ามาก สำหรับในช่วงเวลาใกล้ ๆ ที่ผ่านมาผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าและพบเห็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ได้ทำอยู่นี้

ในด้านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบชิ้นส่วนทางกลนั้น Kim, S.M., et al. (2006) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาการตรวจสอบอัตโนมัติด้วยการมองเห็นสำหรับตรวจสอบรอยเชื่อมของแท่นที่เป็นฐานยึดของเข็มขัดนิรภัยของรถยนต์ว่ามีความสมบูรณ์หรือไม่ โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป LabVIEW และ NI IMAQ Vision ทั้งนี้การตรวจจับภาพที่ได้นั้นจะนำมาเทียบกับภาพที่จัดทำขึ้นโดยโปรแกรม CAD และมีการกำหนดระยะที่เหมาะสมเพื่อให้มั่นใจได้ว่าฐานยึดนั้นมีความสมบูรณ์ก่อนที่จะนำไปประกอบในรถยนต์ งานวิจัยนี้ได้ให้แนวคิดด้านการตรวจสอบวัตถุสามมิติเพื่อนำมาเทียบกับรูปต้นแบบได้เป็นอย่างดี

Wang, Z., et al. (2006) นำเสนอวิธีการตรวจสอบระยะโผล่จากขอบของใบมีดโกนที่ถูกต้องโดยนำเสนอวิธีการใหม่คือการใช้วิธี Wavelet ซึ่งพบว่าวิธีการนี้สามารถตรวจสอบผลิตภัณฑ์ได้รวดเร็วมีความถูกต้องและแม่นยำมากกว่าวิธีการที่ใช้อยู่ก่อนหน้านั้นมาก ในช่วงเวลาเดียวกันนั้น Murphey, Y.L., et al. (2001) ได้มีนำเสนอการตรวจสอบด้วยวิธีการใหม่ โดยตรวจสอบการทำงานของ Vacuum Florescent Display (VFD) โดยมีการสอนให้เครื่องจักรเรียนรู้สิ่งที่ต้องการให้มองเห็นแบบ Off-Line โดยสามารถทำได้ทั้งใช้คนสอนหรือให้เครื่องจักรสอนตัวเองโดยอัตโนมัติ จากนั้นจึงทำการนำภาพที่เกิดจากการเรียนรู้ต้นแบบแล้วนำไปทับซ้อนกับภาพที่จับได้ จากนั้นนำภาพทั้งสองมาทำการวิเคราะห์ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด โดยวิธีการ Image Binarization Image Tilt Detection และ Component Detection ควบคู่กันไป ทำให้สามารถตรวจจับความเหมือนหรือแตกต่างของภาพทั้งสองได้อย่างรวดเร็วแม้ว่าต้นแบบและภาพตรวจจับจะมีตำแหน่งการวางตัวเอียงต่างกันเล็กน้อยก็ตาม

กระบวนการที่ใช้การเรียนรู้แบบ Off-Line แล้วจึงนำไปใช้ในการตรวจสอบแบบ On-Line นั้นได้ถูกนำไปใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของแผ่นวงจรด้วยเช่นกัน Chen, T.Q., et al. (2001) ได้นำเสนอระบบที่เรียกว่า Smart Machine Vision โดยในกระบวนการเรียนรู้นั้นจะให้เครื่องจักรทำการเรียนรู้รูปภาพจากไฟล์ภาพ CAD ของแผงวงจรและอุปกรณ์ที่สำคัญบนแผงวงจร จากนั้นก็จะทำการตรวจสอบชิ้นส่วนในกระบวนการผลิต ข้อดีของกระบวนการนี้นอกจากที่จะมีความแม่นยำที่ยอมรับได้แล้ว วิธีการที่นำเสนอยังสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ที่มีราคาถูกมากกว่าอุปกรณ์ที่อยู่ในท้องตลอดทั่วไป เพราะรายละเอียดทั้งหมดที่ใช้ในการตรวจสอบโปรแกรมจะทำการเรียนรู้จากไฟล์ CAD ซึ่งมีความละเอียดและแม่นยำสูงอยู่มากนั่นเอง

การตรวจสอบความสมบูรณ์ของสิ่งพิมพ์ที่ติดอยู่บนผลิตภัณฑ์ก็เป็นอีกส่วนหนึ่งที่ผู้ผลิตให้ความสนใจ โดยเฉพาะความถูกต้องของ Barcode ที่อยู่บนผลิตภัณฑ์ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อผลิตภัณฑ์ได้รับการขนส่งและผ่านการจับถือหลายครั้งอาจทำให้ลายของ Barcode หลุดลอกได้ Youssef, S.M., and Salem, R.M. (2007) ได้ทำการวิจัยและนำเสนอแนวความคิดกระบวนการใหม่ในการตรวจสอบ Barcode โดยในขั้นตอนแรกจะทำการจับภาพและตรวจค้นหาตำแหน่งของ Barcode บนผลิตภัณฑ์ จากนั้นจะดึงส่วนของ Barcode เพียงบางส่วนออกมาแล้วใช้กระบวนการ Train Back-Propagation Neural Network เพื่อตรวจจับและกำหนดค่าที่ปรากฏบน Barcode ได้ ซึ่งจากการทดสอบพบว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้

ในการจับภาพส่วนใหญ่นั้นภาพที่มองเห็นจะมีลักษณะเป็นภาพในสองมิติ อย่างไรก็ตามได้มีความพยายามที่จะจับภาพแล้วตีความภาพให้ได้ในลักษณะของภาพสามมิติ ในงานวิจัยของ Guerra, E., and Villalobos, J.R. (2001) ได้มีการนำเสนอวิธีการที่จะนำภาพถ่ายซึ่งเป็นภาพสองมิติในหลาย ๆ ด้านแล้วนำภาพถ่ายจากหลาย ๆ มุมเหล่านั้น มาสร้างเป็นภาพสามมิติขึ้นแล้วนำไปใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยได้ทดลองทดสอบวิธีการนี้กับแผงวงจรในอันดับแรก เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการใส่ชิพลงไปในช่องว่าสมบูรณ์หรือไม่ หรือส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ประกอบขึ้นด้วยวิธีการ Surface Mounting ซึ่งจากการทดสอบพบว่าวิธีนี้เป็นวิธีการตรวจสอบที่ถูกต้อง รวดเร็วและแม่นยำ นอกจากวิธีการที่นำภาพสองมิติหลาย ๆ ภาพมาประกอบเป็นภาพสามมิติเพื่อการตรวจสอบแล้ว ยังมีงานวิจัยของ Watanabe, T., et al. (2007) ซึ่งได้ใช้วิธีการตรวจสอบวัตถุในสามมิติโดยใช้กล้อง Stereo Vision เพียงตัวเดียว ซึ่งงานวิจัยของคณะวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการตรวจสอบที่จะให้ได้ผลที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจสอบรอยเชื่อมขนาดเล็กในวงจรอิเล็กทรอนิกส์

สำหรับในประเทศไทย อุตสาหกรรมที่มีการใช้การมองเห็นของเครื่องจักรส่วนมากจะเป็นอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะเมื่อภาครัฐโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สนับสนุนให้เกิดงานวิจัยให้กับภาคอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HDD) จึงทำให้ในส่วน 3 ปีที่ผ่านมามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นของเครื่องจักรและมีการทำวิจัยให้กับกระบวนการตรวจสอบของอุตสาหกรรมนี้ ซึ่ง Saenthon, A., and Kaitwanidvili, S. (2005) ได้ทำการตรวจสอบชุดขยายสัญญาณของหัวอ่าน HDD เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการประกอบ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการใช้วิธีการ Hopfield Network เพื่อใช้ตรวจสอบภาพที่มีความละเอียดสูงโดยลดขนาดของภาพลงและใช้วิธีการนี้ตรวจสอบ ซึ่งผลที่ได้นี้เป็นที่น่าพอใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับภาคอุตสาหกรรมได้

แสงสว่างถือเป็นเรื่องสำคัญเรื่องหนึ่งที่ต้องมีความเข้าใจในการเก็บภาพเพื่อทำการวิเคราะห์ Julrat, S., et al. (2008) ได้ทำการวิจัยเพื่อทำการควบคุมแบบพลวัตรสำหรับควบคุมแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในกระบวนการมองเห็นของเครื่องจักร ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ออกแบบวิธีการควบคุมแหล่งกำเนิดแสงให้มีความเข้มแสงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ภาพที่มีความเข้มพิกเซลเหมาะสมและง่ายต่อการวิเคราะห์ โดยใช้การตรวจสอบค่า Contrast และความคมชัดของภาพที่ถ่ายได้ และนอกจากนั้นยังสามารถปรับค่าความเข้มของแสงให้เหมาะสมอยู่ตลอดเวลาได้อีกด้วย

Prommarak, N., and Chamniprasart, K. (2010) ได้ใช้กระบวนการมองเห็นของเครื่องจักรในการตรวจสอบลักษณะของหัวสกรูที่ใช้แล้วจะนำกลับไปใช้ใหม่ว่ามีความสมบูรณ์เพียงพอที่จะใช้งานได้อีกหรือไม่ จากเดิมที่ทางผู้ผลิตต้องใช้คนในการตรวจโดยการมองผ่านกล้องขยายและเลื่อนกล้องขยายไปเรื่อย ๆ งานวิจัยนี้ได้ใช้ LabVIEW และ NI Vision เป็นโปรแกรมการใช้งานการมองเห็นของเครื่องจักร และออกแบบชุดกลไกในลักษณะ X-Y Table เพื่อทำการเลื่อนสกรูไปในตำแหน่งที่ต้องการจับภาพ สำหรับหลักการที่ตรวจสอบความสมบูรณ์ของสกรูนั้น จะใช้หลักการวัดหาเส้นรอบรูปของจุดขันสกรู จากนั้นทำการคำนวณพื้นที่ภายในเส้นรอบรูปนั้น หากว่าพื้นที่ในเส้นรอบรูปมีค่าเกินกว่าที่กำหนดแสดงว่าจุดขันสกรูเกิดความเสียหายไม่ควรนำกลับไปใช้งานอีก การทดสอบกับสกรูพบว่าได้ความถูกต้องถึงร้อยละ 97 โดยที่ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเป็นการมองสกรูที่ถือว่าเป็นสกรูดี แต่โปรแกรมมองเป็นสกรูเสียทั้งสิ้น

2.3 พื้นฐานของภาพดิจิตอล

2.3.1 ภาพดิจิตอล (Digital Image)

Boyle, W.S., and Smith, G.E. (1969) ในขณะที่ได้ทำงานวิจัยให้กับ Bell Laboratories ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ทำหน้าที่รับแสงและให้ผลออกมาเป็นรูปได้ครั้งแรก โดยเซนเซอร์รับแสงแบบแรกของโลกเป็นแบบ Charge Coupled Device (CCD) หลังจากนั้นก็เป็นจุดเริ่มของการพัฒนากล้องดิจิตอล แม้ว่าในช่วงแรกของการสร้างกล้องดิจิตอลโลกตกอยู่ภายใต้สภาวะของสงครามเย็น ทำให้กล้องส่วนใหญ่ได้พัฒนามาเพื่อการทหารเป็นหลัก โดยกล้องดิจิตอลรุ่นแรก ๆ นั้นได้รับการออกแบบให้ทำงานในอวกาศ เพื่อติดตั้งบนดาวเทียมสอดแนมของประเทศสหรัฐอเมริกาอย่างไรก็การพัฒนาของกล้องดิจิตอลก็เหมือนกับอุปกรณ์เครื่องใช้หลาย ๆ แบบที่พบเห็นทั่วไปทุกวันนี้ นั่นคือมีจุดกำเนิดและการพัฒนาเพื่อผลประโยชน์ทางการทหาร จากนั้นก็นำมาสู่การใช้งานในชีวิตประจำวัน และยิ่งเข้าสู่ภาคประชาชนทั่วไปมากขึ้นก็จะพบว่ามีความก้าวหน้าของเทคโนโลยีสูงขึ้น ในขณะที่ราคาของอุปกรณ์นั้นลดลงเป็นอย่างมาก จะเห็นได้จากกล้องดิจิตอลทุกวันนี้มีให้พบเห็นได้ทั่วไป พร้อมทั้งให้ความละเอียดของภาพที่สูงมากแต่มีราคาที่ต่ำเป็นอย่างมาก

เซนเซอร์รับแสงแบบ CCD นั้นเป็นชิพที่ตอบสนองต่อแสงที่ตกกระทบเซนเซอร์ที่ทำจากซิลิคอน โดยมีการจัดเรียงเป็นจุดเล็กในกรอบสี่เหลี่ยม ดังนั้นจึงมีชิพเหล่านี้จำนวนมากวางเรียงกันในสองมิติเพื่อสร้างภาพขึ้นโดยชิพแต่ละจุดจะทำหน้าที่เป็นพิกเซลของเซนเซอร์รับภาพ เมื่อมีแสงตกกระทบที่พิกเซล ชิพจะเปลี่ยนค่าความเข้มแสงนี้เป็นประจุไฟฟ้า โดยค่าประจุแต่ละค่าจะอยู่ภายในพิกเซลนั้นและไม่มีการถ่ายทอดประจุสู่พิกเซลอื่น ยิ่งปริมาณแสงที่ตกกระทบเซนเซอร์นั้นมากเท่าใด ปริมาณประจุที่เกิดขึ้นก็จะมากขึ้นเท่านั้น ดังนั้นในกระบวนการเก็บภาพก็จะเป็นกระบวนการนำค่าประจุที่ตรวจจับได้ในแต่ละพิกเซลมาเปลี่ยนเป็นปริมาณแสงที่ตกกระทบที่พิกเซลนั้น เมื่อนำค่าเหล่านั้นมาเรียงต่อกันก็จะได้เป็นภาพดิจิตอลที่ได้จากกล้อง รายละเอียดของค่าความเข้มแสงและพิกเซลจะกล่าวถึงต่อไป

นอกเหนือจากเซนเซอร์แบบ CCD แล้วในปัจจุบันนี้มีเซนเซอร์รับแสงอีกแบบซึ่งเป็นที่นิยมใช้ นั่นคือเซนเซอร์รับแสงแบบ CMOS แต่ก็มีความแตกต่างกันอยู่หลายประการ ประเด็นหลักคือวิธีการอ่านค่าประจุที่เซนเซอร์รับได้และกระบวนการผลิต ในด้านกระบวนการผลิตนั้นเซนเซอร์ CMOS นั้นจะมีกระบวนการผลิตเหมือนกับสารกึ่งตัวนำทั่วไป ทำให้สามารถใช้กระบวนการผลิตเวเฟอร์ (Wafer) ปกติได้ ขณะที่กระบวนการผลิต CCD เป็นกรรมวิธีโดยเฉพาะ ด้วยเหตุนี้เซนเซอร์ CMOS จึงสามารถที่จะผลิตคราวละมาก ๆ และมีราคาที่ถูกกว่า CCD เซนเซอร์ และเนื่องจากความสามารถที่จะผลิตให้ CMOS เซนเซอร์มีขนาดเล็กลงได้มาก จึงทำให้ CMOS เซนเซอร์ผลิตรวมไปพร้อมกับหน่วยประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing Unit) ไปพร้อมกันได้ อย่างไรก็ตามความสามารถในการตอบสนองต่อสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงไปโดยเฉพาะการตอบสนองต่อสัญญาณพลวัตรนั้น เซนเซอร์แบบ CCD จะมีข้อได้เปรียบกว่า เซนเซอร์แบบ CMOS อยู่หลายด้าน ดังนั้นในปัจจุบันกล้องถ่ายรูปที่พบเห็นได้ทั่วไป จึงมีทั้งแบบที่ใช้เซนเซอร์แบบ CCD และเซนเซอร์แบบ CMOS อย่างไรก็ตามรายละเอียดการทำงานของเซนเซอร์ทั้งสองแบบอยู่นอกเหนือหัวข้อวิจัย ทางผู้วิจัยจึงไม่ขอกล่าวถึงในรายละเอียดมากไปกว่านี้

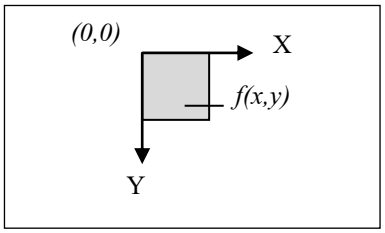
สำหรับในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติของภาพดิจิตอล ชนิดของของภาพ รูปแบบการจัดเก็บไฟล์ภาพและลักษณะทั่วไปของภาพ ที่จะใช้โปรแกรม LabVIEW และ NI Vision ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยนี้

2.3.2 นิยามของภาพดิจิตอล (Definition of a Digital Image)

ภาพดิจิตอลจะเป็นการจัดเรียงค่าต่อกันในสองมิติ (2-D Array) โดยค่าที่แสดงคือค่าความเข้มของแสงที่ตำแหน่งนั้น เนื่องจากงานวิจัยนี้เน้นไปที่กระบวนการประมวลผลภาพดิจิตอล (Image Processing) ดังนั้นคำว่า “ภาพ” (Image) ที่ใช้ในเอกสารนี้จะหมายถึง ภาพดิจิตอลเท่านั้น

ภาพจะเป็นฟังก์ชันของความเข้มของแสงที่เปลี่ยนไปตามตำแหน่งของแกน x และ y ในระนาบสองมิติ หรือเขียนเป็นคณิตศาสตร์ จะเขียนได้ว่า ภาพคือฟังก์ชันที่เปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่ง x และ y หรือ $f(x, y)$

โดย $f(x, y)$ จะเป็นความสว่าง (Brightness) ของจุด (x, y) ซึ่ง x และ y จะแทนพิกัดในระนาบของส่วนเล็ก ๆ ของรูปภาพ ซึ่งจะใช้คำว่า Picture Element หรือเขียนย่อเป็นพิกเซล (Pixel) สำหรับข้อตกลงมาตรฐานจุดอ้างอิงของพิกเซลจะเริ่มด้วยพิกัด (0, 0) จะอยู่ที่ตำแหน่งบนซ้ายของรูปภาพและแกน x จะเป็นแกนในแนวราบ ค่าเพิ่มจากซ้ายไปขวา สำหรับค่า y จะเป็นแกนในแนวดิ่งและจะมีค่าเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงการกำหนดตำแหน่งของพิกเซล

ในการประมวลผลภาพดิจิตอล (Digital Image Processing) เซนเซอร์รับภาพ (Image Sensor) จะทำหน้าที่เปลี่ยนรูปภาพตามธรรมชาติเป็นจำนวนเต็มหน่วย (Discrete Number) สำหรับเป็นค่าของในแต่ละพิกเซล โดยเซนเซอร์รับภาพ จะกำหนดค่าตัวเลขแสดงตำแหน่งให้กับแต่ละพิกเซลพร้อมทั้งกำหนดค่าความสว่างให้กับพิกเซลนั้นด้วย ซึ่งค่าความสว่างอาจจะเป็นระดับสีเทา (Gray Level) ในกรณีที่ภาพที่เก็บมาเป็นภาพขาวดำ และอาจจะกำหนดเป็นค่าระดับสี (Color Value)ในกรณีที่ภาพที่เก็บเป็นภาพสี

2.3.3 คุณสมบัติของภาพดิจิตอล

Digital Image จะมีคุณสมบัติพื้นฐานสามประการ คือ ความละเอียด (Resolution) ขอบเขต (Definition) และจำนวนระนาบ (Number of Plane)

1) ความละเอียดของภาพ (Image Resolution)

ความละเอียดของรูปภาพ จะกำหนดด้วยจำนวนของพิกเซลในแต่ละแถวนอน (Rows) และแถวตั้ง (Columns) ดังนั้นการพิจารณาภาพดิจิตอลจะได้ว่าภาพที่ประกอบด้วยจำนวนพิกเซลที่มีแถวตั้งจำนวน m-Columns และมีแถวนอนจำนวน n-Rows จะเรียกภาพดิจิตอลมีความละเอียด

เท่ากับ *m* x *n* ดังนั้นเมื่อกำหนดความละเอียดของรูปมาให้จะทำให้ทราบว่ารูปนี้มีจำนวน m พิกเซลในแนวแกนระดับ และจำนวน n พิกเซลในแนวแกนตั้ง

2) เดฟฟีนิชันของภาพ (Image Definition)

เดฟฟีนิชันหรือขอบเขตของภาพ จะเป็นตัวเลขแสดงถึงจำนวนเฉดสีที่เราสามารถเห็นได้จากรูปภาพ โดยปกติจะต้องมีการกำหนดโดยเลขฐานสอง ซึ่งจำนวนบิท (Bit) ของเลขฐานสองที่ใช้ในการเข้ารหัส (Encode) เพื่อการกำหนดค่าให้กับแต่ละพิกเซลดังนั้นเมื่อมีการกำหนดจำนวนบิทหรือ Bit Depth ให้เท่ากับ n ภาพดิจิตอลก็จะมีค่าเดฟฟีนิชันของภาพเท่ากับ 2^n ยกตัวอย่างเช่น ถ้า n = 8 จะทำให้แต่ละพิกเซลสามารถที่จะมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 255 หรือ 256 ค่า ส่วนในกรณีถ้ารูปภาพนั้นมีจำนวนบิท เท่ากับ 16 แต่ละพิกเซลก็จะมีค่าแตกต่างกันได้ 65,536 ค่า ซึ่งอาจอยู่ในช่วง 0 ถึง 65,535 หรือจาก -32,768 ถึง 32,767 ก็เป็นไปได้ขึ้นกับโปรแกรมที่ใช้จะกำหนดดังนั้นภาพแบบที่กำหนดด้วยระดับสีเทาที่มีเดฟฟีนิชันของภาพเท่ากับ 256 จะทำให้มีระดับของเฉดสีเทาทั้งสิ้นจำนวน 256 เฉดสีนั่นเอง

สำหรับโปรแกรมที่ใช้คือ NI Vision สามารถที่จะประมวลผลภาพได้หลายแบบอาทิเช่นแบบ 8 12 14 และ 16 บิท แบบเลขทศนิยม (Floating Point) และแบบการเข้ารหัสภาพสี (Color Encoding) ได้ สำหรับในการเข้ารหัส รูปภาพควรจะเลือกจำนวนบิทที่ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน ถ้าเราต้องการพิจารณาเพียงรูปทรงภายนอกของภาพ การเข้ารหัสแบบ 8 บิท ก็เพียงพอต่อการประมวลผล อย่างไรก็ตามถ้าหากต้องการการวัดค่าความเข้มของแสงที่ตกกระทบในแต่ละพิกเซลให้แม่นยำที่สุด ก็ควรจะเลือกใช้การเข้ารหัสแบบ 16 บิท หรือแบบเลขทศนิยมเพื่อให้ได้ค่าที่ละเอียดที่สุด

ส่วนการเลือกใช้การเข้ารหัสภาพสีควรจะเลือกใช้เฉพาะในงานที่การมองเห็นของเครื่องจักร (Machine Vision) หรือการประมวลผลภาพ (Image Processing) ที่ต้องการมีความจำเป็นจะต้องแยกสีที่บรรจุในภาพเพื่อให้เกิดความชัดเจนในการประมวลภาพ ไม่เช่นนั้นแล้วการใช้ภาพสีในกรณีของงานธรรมดา จะทำให้การประมวลผลช้าโดยไม่มีผลกระทบใดที่สำคัญเกิดขึ้นเลย

ส่วนภาพที่มีจำนวนบิทต่ำกว่าค่าที่ใช้อยู่นั้นโปรแกรม NI Vision จะทำการปรับให้ภาพนั้นมีการเข้ารหัสเป็นแบบ 8 บิทเป็นอย่างต่ำโดยอัตโนมัติ

3) จำนวนระนาบ (Number of Planes)

จำนวนระนาบของภาพหมายถึงจำนวนลำดับ (Arrays) ของพิกเซลที่ใช้ประกอบกันขึ้นเป็นรูปภาพ โดยในรูปที่เป็นแบบระดับสีเทา (Grayscale Image) หรือรูปภาพแบบเสมือนภาพสี (Pseudo-Color Image) ภาพจะประกอบด้วยระนาบเพียงระนาบเดียวในการกำหนดสีของรูปภาพ สำหรับในส่วนของภาพสีจริง (True-Color Image) ภาพที่สร้างขึ้นจะประกอบด้วยระนาบจำนวน 3 ระนาบ โดยแต่ละระนาบจะบรรจุความเข้มของแม่แสงไว้นั้นคือระนาบของสีแดง

สีน้ำเงินและสีเขียว สำหรับแต่ละพิกเซล ดังนั้นในภาพสีแต่ละพิกเซลจะประกอบด้วยจำนวนลำดับของการเข้ารหัสจำนวน 3 อันดับ เมื่อรวมค่าทั้งสามลำดับหรือสามระนาบเข้าด้วยกันแล้ว จะทำให้ได้ภาพสีที่แท้จริง

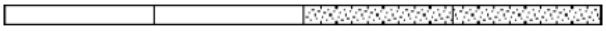
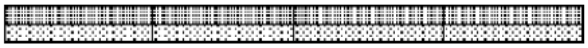
อย่างไรก็ตามสำหรับภาพสีจริงค่าในแต่ละส่วนของลำดับจะสามารถบอกค่าความเข้มของจำนวนสีแต่ละพิกเซลได้ 2 วิธี แบบแรกเป็นการเข้ารหัสโดยบอกความเข้มของแม่แสงโดยตรง โดยจะบอกความเข้มของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินตามลำดับ การเข้ารหัสแบบนี้นิยมเรียกว่าการเข้ารหัสสีแบบ RGB Image ส่วนการเข้ารหัสประเภทที่สองจะเป็นการบอกค่าของสีด้วยค่า Hue Saturation และ Luminance หรือ HSL Image ซึ่งอยู่นอกขอบข่ายที่จะกล่าวถึงในที่นี้

2.3.4 ประเภทของภาพ (Image Types)

ใน NI Vision นั้นจะสามารถประมวลภาพได้ 3 ประเภท คือ ภาพระดับสีเทา ภาพสี และภาพสีเชิงซ้อน (Complex Image) อย่างไรก็ตาม แม้ว่า NI Vision จะสามารถรองรับรูปแบบของภาพทั้ง 3 รูปแบบได้ แต่ก็จะมีกระบวนการบางกระบวนการที่ไม่สามารถใช้กับภาพบางประเภทได้ เช่น จะไม่สามารถใช้ Logic AND กับรูปภาพประเภทภาพสีเชิงซ้อนได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นฐานในการเข้ารหัสภาพแต่ละแบบ

จากตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นภาพประเภทต่าง ๆ และจำนวนไบท์ (Byte) ที่ใช้ในแต่ละประเภททั้งภาพที่เป็นแบบภาพระดับสีเทา ภาพสี และภาพสีเชิงซ้อน ดังนั้นสำหรับรูปที่มีความละเอียดเท่ากัน รูปสีจะใช้หน่วยความจำมากกว่ารูปที่เป็นแบบระดับสีเทา 8 บิท อยู่ถึง 4 เท่า และรูปแบบภาพสีเชิงซ้อนจะใช้หน่วยความจำมากกว่ารูปแบบระดับสีเทา 8 บิทอยู่ถึง 8 เท่า

ตารางที่ 2.1 แสดงจำนวนไบท์ที่ใช้ในแต่ละพิกเซลของภาพประเภทต่าง ๆ

ประเภทของภาพ	จำนวนไบท์ที่ใช้ในแต่ละพิกเซล
ภาพระดับสีเทา แบบ 8 บิท เลขจำนวนเต็ม	 8-Bit for the Grayscale Intensity
ภาพระดับสีเทา แบบ 16 บิท เลขจำนวนเต็ม	 16-Bit for the Grayscale Intensity
ภาพระดับสีเทา แบบ 32 บิท เลขทศนิยม	 32-Bit for the Grayscale Intensity
ภาพสีจริง RGB แบบ 32 บิท	 8-Bit for the Alpha Value (Not Used) / 8-Bit for the Red Intensity / 8-Bit for the Green Intensity / 8-Bit for the Blue Intensity
ภาพสีจริง HSL แบบ 32 บิท	 8-Bit Not Used / 8-Bit for the Hue / 8-Bit for the Saturation / 8-Bit for the Luminance
ภาพสีจริงเชิงซ้อน แบบ 64 บิท	 32-Bit Floating for the Real Part 32-Bit for the Imaginary Part

1) ภาพระดับสีเทา

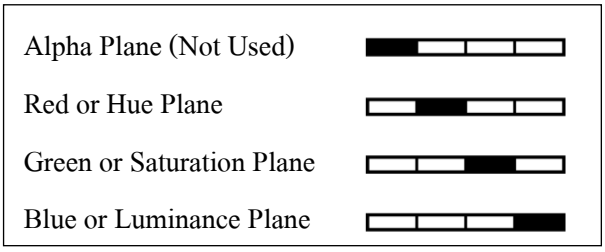
ภาพที่เข้ารหัสแบบระดับสีเทาภาพนั้นจะประกอบด้วยพิกเซลที่อยู่ในระนาบ 1 ระนาบ โดยแต่ละพิกเซลอาจเข้ารหัสโดยใช้เลขจำนวนเต็มใด ๆ ได้ตามวิธีการต่อไปนี้

- ใช้ 8 บิท แบบไม่มีเครื่องหมาย (8-Bit Unsigned Integer) เป็นเลขจำนวนเต็มระหว่าง 0 ถึง 255 แทนค่าระดับความเข้มของสีดำ
- ใช้ 16 บิท แบบมีเครื่องหมาย (16-Bit Signed Integer) มีค่าระดับความเป็นสีดำระหว่าง -32,768 ถึง 32,767
- ใช้เลขทศนิยมแบบความแม่นยำเดี่ยว (Single-Precision Floating Point Number) เข้ารหัสโดยใช้ 4 ไบท์ หรือ 32 บิทเป็นค่าระดับความดำซึ่งจะแสดงค่าในช่วง $-\infty$ ถึง $+\infty$

2) ภาพสี

การเข้ารหัสเพื่อให้ได้ภาพสีนั้นจะมีการเข้ารหัสระดับความเข้มของสี 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในระบบ RGB หรือในอีกวิธีการหนึ่งจะเป็นการแสดงด้วยค่า Hue Saturation และ Luminance หรือภาพแบบ HSL โดยในการเข้ารหัสของภาพสีทั้งสองแบบจะเป็นการเข้ารหัสที่ให้แต่ละพิกเซลมีค่าลำดับ 4 ค่า สำหรับภาพ RGB จะเก็บค่าโดยใช้เลข 8 บิท เพื่อเก็บค่าสี R-G-B ในแต่ละระนาบ ส่วน HSL ก็จะใช้เลข 8 บิทสำหรับค่า H-S-L ของแต่ละพิกเซล

เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 สำหรับภาพเข้ารหัสแบบ RGB-U64 จะเป็นการเก็บข้อมูลรหัสโดยใช้เลข 16 บิท สำหรับสี R-G-B ในแต่ละระนาบ อย่างไรก็ตามภาพสีที่ใช้อยู่โดยทั่วไปจะมีการเตรียมระนาบของสีไว้จำนวนทั้งสิ้น 4 ระนาบ ดังนั้นจะมีระนาบที่ไม่ได้ใช้งานในกรณีภาพสีบางแบบอยู่หนึ่งระนาบ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และเนื่องจากมีการเตรียมระนาบไว้ 4 ระนาบ จึงมีการเรียกรูปสีเหล่านี้ว่าเป็นแบบ 4 x 8 บิท หรือการเข้ารหัสแบบ 32 บิท ส่วนภาพที่มีเดฟฟินิชัน 16 บิท ก็จะเรียกว่าภาพ 4 x 16 บิทหรือการเข้ารหัสแบบ 64 บิท



รูปที่ 2.2 แสดงระนาบที่บรรจุภาพสี

3) ภาพสีเชิงซ้อน

ในการเข้ารหัสของภาพสีเชิงซ้อนจะเป็นการบอกค่าความถี่ (Frequency) ของภาพระดับสีเทาซึ่งการสร้างภาพสีจะสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนโดเมนที่ภาพนั้นอยู่ในสามารถสร้าง Complex Image ได้ โดยการใช้ Fast Fourier Transform (FFT) เข้ากับรูปที่ต้องการ และเมื่อเราเปลี่ยนค่าของภาพระดับสีเทา ให้ไปอยู่ในรูปของภาพสีเชิงซ้อน แล้วเราจะสามารถใช้การคำนวณหรือดำเนินการต่าง ๆ ในโดเมนความถี่เชิงซ้อนกับภาพที่เรากำลังวิเคราะห์ได้

สำหรับในแต่ละพิกเซลของภาพเชิงซ้อน ภาพจะถูกเข้ารหัสด้วยตัวเลขทศนิยมความแม่นยำเดี่ยว 2 จำนวน ซึ่งแต่ละจำนวนก็จะแทนค่าของส่วนจริงและอีกจำนวนหนึ่งจะแทนส่วนของจำนวนจินตภาพตามลำดับ เราสามารถทราบค่าที่สำคัญ 4 องค์ประกอบออกจากภาพเชิงซ้อนนั่นคือส่วนจริง ส่วนจินตภาพ ขนาด (Magnitude) และ เฟส (Phase)

2.3.5 ประเภทของไฟล์ภาพ (Image File)

ประเภทของไฟล์ภาพที่นิยมใช้ในการเก็บภาพสำหรับคอมพิวเตอร์นั้นมีหลายประเภทซึ่งจะมีลักษณะการจัดเก็บขนาดของไฟล์ที่แตกต่างกันแต่ในไฟล์รูปภาพจะมีส่วนประกอบสำคัญที่เหมือนกันหลายจุด ในส่วนแรกไฟล์จะประกอบด้วยหัวไฟล์ (Header) หรือหัวเรื่องซึ่งบอกลักษณะเฉพาะของไฟล์นั้น จากนั้นจะตามด้วยค่าพิกเซลซึ่งรายละเอียดการกำหนดค่าต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับประเภทหรือรูปแบบของไฟล์ (File Format) แต่โดยทั่วไป หัวเรื่องของไฟล์จะบรรจุ

ข้อมูลเกี่ยวกับไฟล์ เช่น จำนวนพิกเซลในแต่ละแถวนอนและแถวตั้ง ค่าเดฟฟินิชันของพิกเซล และค่าอื่น ๆ นอกเหนือจากนั้นไฟล์รูปอาจจะบรรจุข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปรียบวัด (Calibration) รูปแบบการจับคู่ (Pattern Matching Templates) และ Overlay ซึ่งนิยามของข้อมูลเหล่านี้จะกล่าวในภายหลัง ส่วนรูปแบบไฟล์ดิจิตอลที่นิยมใช้กันมีดังต่อไปนี้

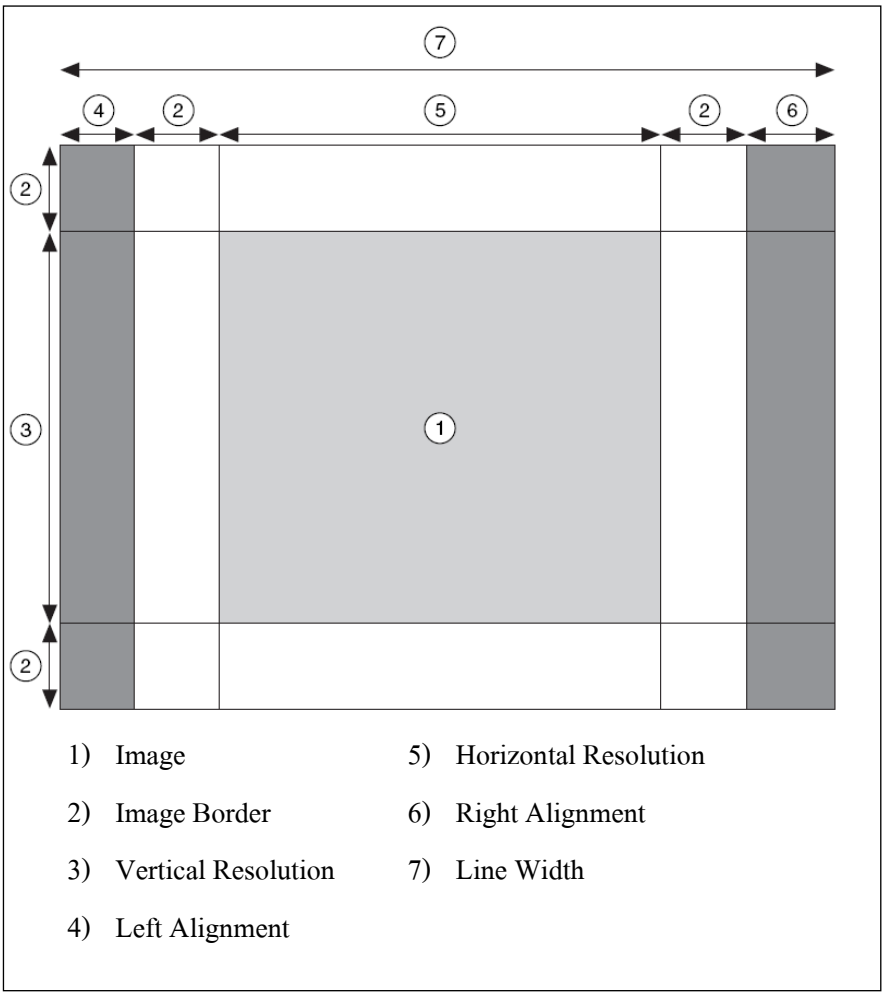
- Bitmap (BMP)
- Tagged Image File Format (TIFF)
- Portable Network Graphic (PNG) โดยไฟล์นี้จะให้ข้อมูลที่สำคัญหลายแบบ เช่น การย่อ - ขยายรูปภาพ Calibration Pattern Matching และ Overlay
- Joint Photographic Experts Group Format (JPEG)
- National Instrument Internal Image File Format (AIPD) ใช้ในการเก็บไฟล์แบบเลขทศนิยม ภาพสีแบบเชิงซ้อน และภาพสีแบบ HSL

สำหรับโปรแกรมที่ใช้นี้จะเป็นโปรแกรมที่สามารถรับรูปแบบไฟล์ได้หลายแบบ ประกอบด้วย รูปแบบไฟล์มาตรฐาน แบบระดับสีเทา 8 บิท ส่วนไฟล์ภาพสีแบบ RGB จะมีรูปแบบได้หลายแบบคือ BMP TIFF PNG JPEG และ AIPD ส่วนมาตรฐานของระดับสีเทา 16 บิท ระบบสี RGB แบบ 64 บิทและภาพเชิงซ้อน จะใช้ไฟล์ในรูปแบบของ PNG และ AIPD

2.3.6 รายละเอียดของรูปภาพของ NI Vision

เมื่อมีการนำภาพเข้ามาเพื่อทำการประมวลผลและวิเคราะห์ผล โปรแกรมจะปรับเปลี่ยนค่าบางส่วนของรูปนั้นเพื่อให้เหมาะกับการทำงานของโปรแกรม เมื่อมีการนำรูปภาพเข้ามาใช้โดยโปรแกรม NI Vision จะมีการปรับรายละเอียดให้เหมาะสมกับการทำงาน ซึ่งรายละเอียดภายในของโปรแกรมเมื่อพิจารณารูปภาพจะเป็นไปในลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า NI Vision มีกระบวนการจัดการรูปภาพในหน่วยความจำอย่างไรบ้าง นอกเหนือจาก Image Pixel แล้ว รูปภาพยังจะประกอบด้วยแถวนอนและแถวตั้งที่เพิ่มเติมขึ้นมาอีก เรียกว่า ขอบภาพ (Image Border) และยังมี ค่าการจัดชิดขอบซ้าย (Left Alignments) และค่าการจัดชิดขอบขวา (Right Alignments) สาเหตุที่ต้องมีการจัดทำองค์ประกอบภายในเช่นนี้ก็เพราะว่าในฟังก์ชันบางแบบที่ใช้ในการประมวลผลภาพนั้น อาจจะจำเป็นที่จะต้องใช้ขอบของภาพในการประมวลผลและสำหรับในส่วนของพื้นที่จัดชิดขอบ (Alignment Regions) มีไว้เพื่อให้มั่นใจว่าพิกเซลแรกของจำนวน 32 ไบท์นั้นจะอยู่ในตำแหน่งหน่วยความจำที่ถูกต้องโดยขนาดของการจัดขอบ (Alignment Blocks) จะขึ้นกับความกว้างของรูปและขนาดของขอบ การจัดเรียงภาพจะทำให้การประมวลผลภาพมีประสิทธิภาพและความเร็วสูงขึ้นเพิ่มขึ้นได้สูงสุดถึง 30%

ความกว้างของเส้น (Line Width) หมายถึง จำนวนพิกเซลในเส้นตามแนวระดับในภาพ ซึ่งเป็นผลรวมของผลความละเอียดในแนวระดับ ขอบของภาพและการจัดเรียงซ้ายและขวา ค่าความละเอียดในแนวระดับและความกว้างของเส้นอาจมีค่าเท่ากัน ถ้าหากว่าค่าความละเอียดในแนวระดับเป็นจำนวนเท่าของตัวเลข 32 ไบท์และขนาดของขอบมีค่าเท่ากับ 0



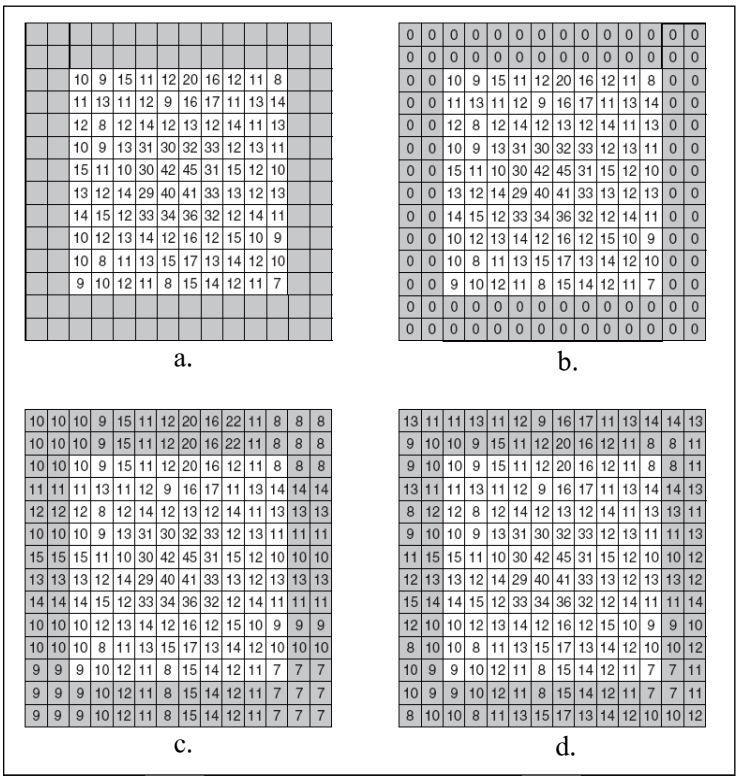
รูปที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบภายในของภาพที่ใช้ในโปรแกรม NI Vision

1) ขอบภาพ

ในการประมวลผลภาพส่วนใหญ่แล้วเมื่อมีการประมวลผลค่าที่พิกเซลใด ๆ มักจะต้องใช้ค่าของพิกเซลที่อยู่รอบ ๆ ข้างมาใช้ในการประมวลผลด้วย เช่น การดูว่าค่าความเข้มของภาพนั้นเพิ่มขึ้นหรือลดลง หรือการหาค่าเฉลี่ยของภาพบนพื้นที่ที่ต้องการเป็นต้น พิกเซลที่อยู่รอบข้าง (Neighbors) จะเป็นพิกเซลที่มีผลกระทบต่อการคำนวณของค่าพิกเซลอื่น ๆ ต่อไป อย่างไรก็ตามพิกเซลที่อยู่ตามขอบ จะมีพิกเซลที่อยู่รอบข้างน้อยกว่าพิกเซลที่อยู่ห่างขอบไปมาก ๆ เช่น พิกเซลที่อยู่ขอบซ้ายสุดจะไม่มีพิกเซลรอบข้างด้านซ้ายเลย ดังนั้นค่าที่ใช้ในการคำนวณของฟังก์ชันนั้นจึงไม่ครบถ้วน ทำให้โปรแกรมที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพทำการสร้างขอบของภาพเพิ่มเติมขึ้นมาโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้เมื่อการประมวลผลภาพต้องการค่าพิกเซลที่ใกล้เคียงพิกเซลที่กำลังประมวลผลอยู่ จะได้มีค่าส่งไปคำนวณอย่างครบถ้วนค่าขอบภาพจะกำหนดด้วยจำนวนพิกเซลที่ใช้เป็นขอบและค่าของพิกเซลที่ขอบเหล่านั้น

ขนาดของขอบควรจะต้องมีขนาดให้เหมาะสมกับฟังก์ชันในโปรแกรมที่จะใช้ในการคำนวณ นั่นคือต้องกำหนดให้มีขนาดจำนวนพิกเซลมากพอที่ฟังก์ชันที่เรียกใช้จะสามารถนำพิกเซลที่อยู่ใกล้เคียงไปใช้ได้อย่างครบถ้วน ซึ่งขนาดของพิกเซลใกล้เคียงนี้จะบอกเป็นค่าลำดับในสองมิติ (2D Array) เช่น ถ้าฟังก์ชันที่เรียกใช้จำเป็นจะต้องใช้พิกเซลที่อยู่ใกล้กันจำนวน 8 พิกเซลในการคำนวณ ขนาดของพิกเซลใกล้เคียงจะบอกเป็นเมตริกส์ขนาด 3 x 3 ซึ่งหมายถึงจะมีพิกเซลในสามแถวตั้งและสามแถวนอน โดยพิกเซลที่อยู่ตรงกลางเป็นพิกเซลที่กำลังพิจารณาและพิกเซลที่เหลือเป็นพิกเซลใกล้เคียง ดังนั้นเราจึงควรกำหนดขนาดของขอบมากกว่าหรือเท่ากับครึ่งหนึ่งของจำนวนแถวตั้งหรือแถวนอนในเมตริกส์สองมิตินั้น ดังนั้นจากตัวอย่างที่ได้กล่าวมาขนาดของขอบอย่างน้อยต้องเป็น 1 แต่ถ้าฟังก์ชันที่ใช้ต้องใช้พื้นที่เมตริกส์ขนาด 5 x 5 ก็จะต้องมีความกว้างของขอบไม่น้อยกว่า 2 สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในที่นี้คือ NI Vision จะมีการสร้างขอบให้อัตโนมัติ โดยขนาดของขอบจะสร้างให้มีขนาด 3 พิกเซล ดังนั้นจึงรองรับพื้นที่การวิเคราะห์ได้ในขนาด 7 x 7 โดยไม่ต้องมีการใช้คำสั่งใดเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามในกรณีที่ผู้ใช้งานมีความต้องการขนาดของขอบมากกว่านี้ ผู้ใช้ก็สามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้ด้วยตนเอง

โดยโปรแกรม NI Vision มีวิธีการอยู่ 3 วิธีที่จะใช้ในการกำหนดค่าของพิกเซลที่ขอบที่โปรแกรมสร้างขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยการกำหนดค่าเริ่มต้นค่าของพิกเซลที่ขอบทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับ 0 ดังแสดงในรูปที่ 2.4b อย่างไรก็ตามผู้ใช้สามารถที่จะนำค่าที่อยู่ในตำแหน่งที่ติดกับขอบให้ไปใช้เป็นค่าที่ขอบได้เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.4c หรือไม่เช่นนั้นอาจจะใช้วิธีการสะท้อน (Mirror) ค่าที่อยู่ติดกับแนวขอบให้ไปเป็นค่าที่ของก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.4d



รูปที่ 2.4 แสดงวิธีการกำหนดค่าพิกเซลที่อยู่ในขอบด้วยวิธีต่าง ๆ

วิธีการที่จะใส่ค่าให้กับพิกเซลที่อยู่ในบริเวณขอบขึ้นอยู่กับวิธีการหรือฟังก์ชันที่จะใช้ในการประมวลผลภาพ ดังนั้นก่อนที่จะเลือกวิธีการกำหนดค่าให้กับพิกเซลเหล่านั้น ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องทราบว่าฟังก์ชันที่จะใช้มีลักษณะการทำงานอย่างไร เพราะการเลือกวิธีการใส่ค่าให้กับพิกเซลที่ขอบจะมีผลกระทบโดยตรงต่อการประมวลผลของฟังก์ชันนั้น ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการใช้ฟังก์ชันที่ต้องการจะค้นหาขอบ (Edge Detection) ในกรณีนี้ไม่ควรที่จะมีการกำหนดค่าให้กับค่าพิกเซลที่ขอบเป็นศูนย์ทั้งหมด เพราะการที่กำหนดค่าในขอบเป็นศูนย์จะทำให้เกิดความแตกต่างของค่าพิกเซลบริเวณที่ติดกับขอบเป็นอย่างมาก จนทำให้โปรแกรมเข้าใจว่าค่าที่ขอบรูปกลายเป็นค่าของวัตถุในรูป ซึ่งในความเป็นจริงไม่ได้เป็นเช่นนั้น ดังนั้นวิธีการที่เหมาะสมน่าจะเป็นวิธีการทำสำเนาค่าที่ติดกับขอบเข้าไปในพิกเซลที่อยู่ในส่วนขอบจะเป็นการเหมาะสมกว่า

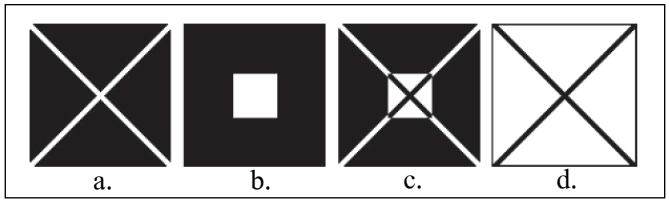
ใน NI Vision ภาพส่วนใหญ่จะถูกปรับให้มีค่าในส่วนขอบเพื่อให้เหมาะสมกับฟังก์ชันที่ใช้และลักษณะของภาพ เช่น การใช้ฟังก์ชัน Low Pass Filter ของภาพระดับสีเทาหรือฟังก์ชันการกำหนดขอบจะใช้วิธีการนำค่าสะท้อนของค่าพิกเซลที่อยู่ติดขอบไปเป็นค่าพิกเซลในขอบ ส่วนฟังก์ชัน (1) Binary Morphology (2) Grayscale Morphology และ (3) Segmentation Functions จะใช้

วิธีการทำสำเนา ส่วนฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับ (1) Correlate (2) Circles (3) Reject Border (4) Remove Particles (5) Skeleton และ (6) Label Functions จะใช้วิธีการกำหนดค่าในพื้นที่กรอบให้มีค่าเป็นศูนย์ทั้งหมดอย่างไรก็ตามค่าที่กำหนดในส่วนพิกเซลที่ขอบนั้นมีไว้เพื่อใช้ในการคำนวณเท่านั้น ค่าเหล่านี้จะไม่มีการแสดงผลหรือจัดเก็บในระบบไฟล์ของภาพเลย

2) หน้ากากของภาพ (Image mask)

หน้ากากของภาพจะเป็นส่วนของภาพเสริมที่จะนำไปประมวลผล ถ้าหากว่าฟังก์ชันที่ต้องการเรียกใช้นั้นต้องการกำหนดค่าของหน้ากากของภาพ การประมวลผลหรือวิเคราะห์ผลจะกระทำในภาพต้นฉบับโดยดึงข้อมูลการวิเคราะห์มาจากหน้ากากของภาพ หน้ากากของภาพจะเป็นภาพแบบไบนารีขนาด 8 บิท อาจมีขนาดเล็กกว่าหรือเท่ากับภาพที่ต้องการนำมาตรวจสอบก็ได้ พิกเซลที่อยู่บนหน้ากากของภาพจะทำการค้นหาว่าพิกเซลในตำแหน่งเดียวกันในภาพนั้นต้องการที่จะได้รับการประมวลผลหรือไม่ ถ้าค่าของพิกเซลในหน้ากากของภาพมีค่าไม่เท่ากับศูนย์ พิกเซลที่ตำแหน่งเดียวกันที่อยู่ในภาพตรวจสอบจะได้รับการประมวลผลและแสดงค่าใหม่ที่ได้จากการประเมินผลในพิกเซลนั้น แต่ถ้าค่าของพิกเซลในหน้ากากของภาพมีค่าเท่ากับศูนย์ พิกเซลที่ตำแหน่งเดียวกันที่อยู่ในภาพตรวจสอบจะไม่ต้องรับการประมวลผล ซึ่งการใช้งานหน้ากากของภาพก็เพื่อจะได้มีเป้าหมายในการพิจารณาภาพให้ชัดเจนว่าต้องการพิจารณาที่ส่วนใดในภาพทั้งหมดบ้าง

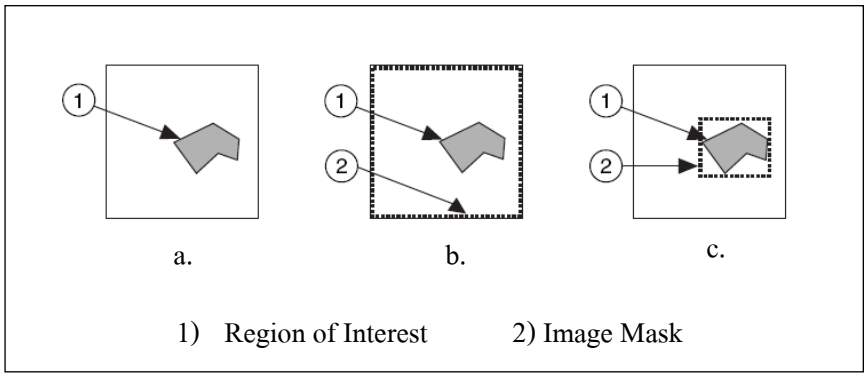
หลักการของการจัดหน้ากากของภาพก็เพื่อทำให้การประมวลผลเกิดขึ้นในส่วนที่ผู้ใช้สนใจเท่านั้น จึงทำให้การประมวลผลกระทำได้รวดเร็วขึ้น การใช้หน้ากากของภาพจะกระทบกับผลที่ได้รับจากการประมวลผลของฟังก์ชันอย่างไร ดังแสดงในรูปที่ 2.5 สมมุติว่าฟังก์ชันที่ใช้เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการผกผันค่าของพิกเซล และมีภาพที่ต้องการจะตรวจสอบดังแสดงในรูปที่ 2.5a มีหน้ากากของภาพซึ่งมีขนาดเท่ากับภาพที่จะทำการตรวจสอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.5b หากพิกเซลที่มีค่าเท่ากับศูนย์จะแสดงเป็นสีดำและพิกเซลที่มีค่าอื่นแสดงสีขาว จะได้ผลลัพธ์กรณีมีการกำหนดหน้ากากของภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.5c และจะแสดงผลลัพธ์ที่ได้ในกรณีที่ไม่มีการกำหนดส่วนแบ่งของรูป ดังแสดงในรูปที่ 2.5d



รูปที่ 2.5 แสดงหลักการทำงานของการจัดส่วนแบ่งภาพ

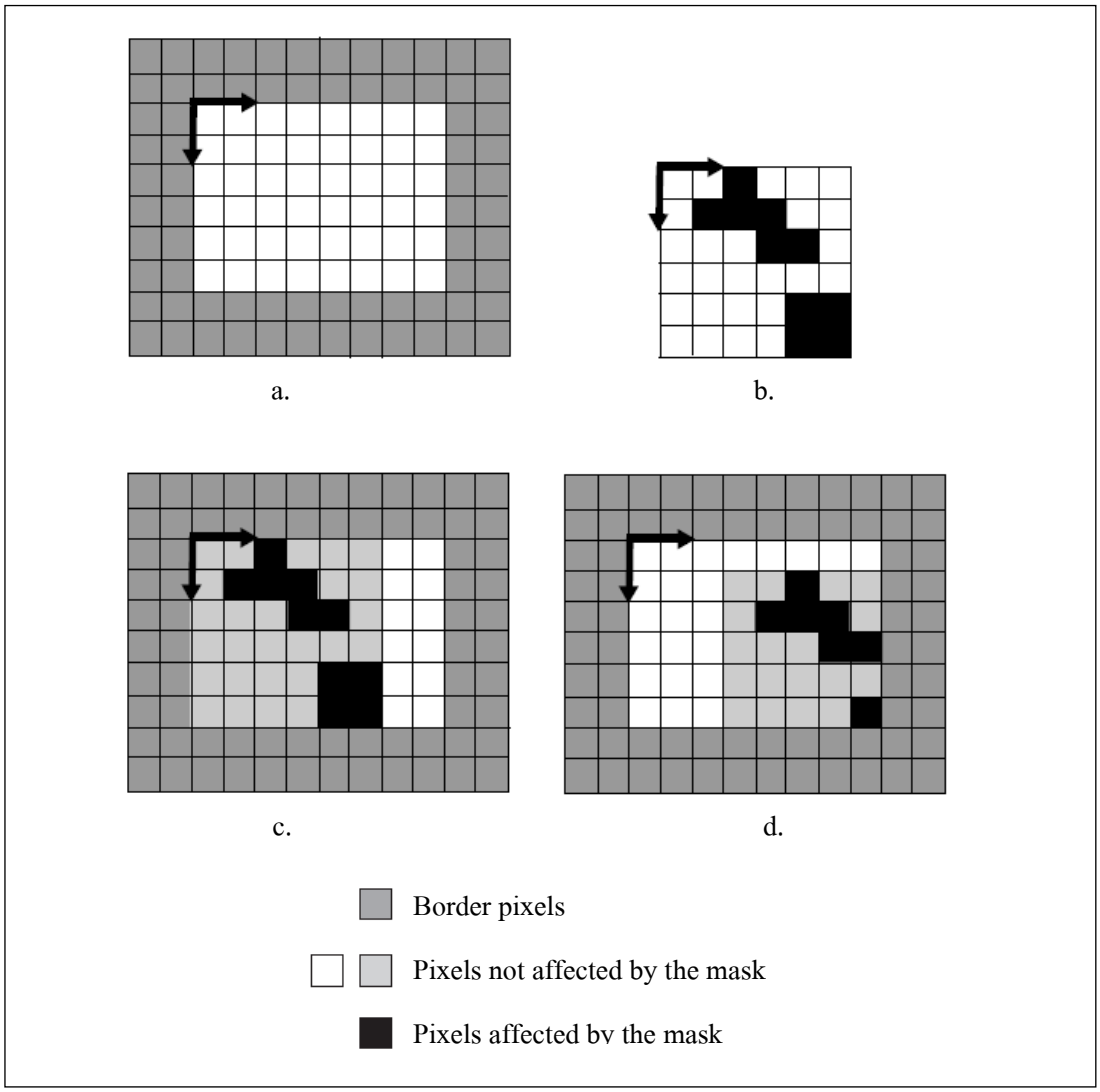
จากรูปที่ 2.5 แสดงวิธีการที่จะกำหนดการใช้งานของฟังก์ชันจะสามารถวางกรอบการทำงานของโปรแกรมให้ดำเนินการทำงานหรือประมวลผลเฉพาะในส่วนที่ต้องการได้ วิธีการนี้จะเป็นการประหยัดหน่วยความจำของเครื่องให้มีขนาดที่ใช้ในการประมวลผลน้อยลงมาก เพราะจะเป็นการประมวลผลเฉพาะในส่วนของพื้นที่ซึ่งมีความสำคัญและเป็นส่วนที่กำหนดให้ทำการประมวลผลเท่านั้น พื้นที่ในส่วนนี้อาจเรียกว่าเป็นพื้นที่ที่เราสนใจหรือ Region of Interest (ROI) ภายในภาพต้นฉบับ ความแตกต่างของ ROI กับ Image Marks คือ ROI จะเป็นส่วนในภาพที่ต้องการทำการตรวจสอบ แต่ Image Marks จะเป็นภาพอีกภาพหนึ่งที่จะกำหนดว่าต้องการจะให้โปแกรมตรวจสอบพิกเซลใดบ้างใน ROI

นอกเหนือจากนั้นโปรแกรม NI Vision ยังได้มีการกำหนดค่าเยื้อง (Offset) ให้กับหน้ากากของภาพค่าเยื้องนี้หมายถึงตำแหน่งตามระบบพิกัดในภาพของต้นแบบที่ต้องการตรวจสอบที่จะวางระบบแกนของหน้ากากของภาพ และวิธีต่าง ๆ ที่มีการกำหนดหน้ากากของภาพดังแสดงในรูปที่ 2.6 มีการกำหนด ROI ที่ต้องการที่จะสร้างเป็นหน้ากากของภาพขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 2.6a โดยหน้ากากของภาพมีขนาดเท่ากับภาพที่จะตรวจสอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.6b ในกรณีนี้ค่าเยื้องจะกำหนดให้เป็น (0,0) ในอีกกรณีหนึ่ง หน้ากากของภาพนี้สามารถที่จะจัดให้เป็นเพียงกรอบสี่เหลี่ยมที่พอที่จะล้อมรอบรูปให้เป็นพื้นที่ ROI ดังแสดงในรูปที่ 2.6c ซึ่งการกำหนดค่าเยื้องจะกำหนดโดยตำแหน่งของหน้ากากของภาพเทียบต่อภาพอ้างอิง นอกจากนี้ยังสามารถที่จะกำหนดค่าเยื้องให้กับหน้ากากของภาพในพื้นที่ต่าง ๆ ในภาพที่จะทำการตรวจสอบได้



รูปที่ 2.6 แสดงการกำหนดค่าเยื้องให้กับหน้ากากของภาพ

การใช้หน้ากากของภาพที่กำหนดค่าเยื้องที่แตกต่างกันสองแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยแบบแรกเป็นการกำหนดตำแหน่งแกนอ้างอิงที่อยู่ที่มุมบนด้านซ้ายของภาพที่ต้องการจะตรวจสอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.7a และทำการกำหนดหน้ากากของภาพและตำแหน่งของระบบพิกัดไว้ที่มุมบนซ้ายของภาพเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.7b เมื่อวางหน้ากากของภาพอาจจะวางให้จุดกำเนิดของทั้งสองระบบแกนวางทับกัน ซึ่งทำให้ค่าเยื้องเท่ากับ (0,0) ดังแสดงในรูปที่ 2.7c หรืออาจวางเยื้องไปที่ตำแหน่งอื่น ตัวอย่างเช่น การกำหนดค่าเยื้องให้กับหน้ากากของภาพเท่ากับ (3,1) ดังแสดงในรูปที่ 2.7d ซึ่งจะทำให้พิกเซลที่จะได้รับการประมวลผลทั้งในสองกรณีนี้แตกต่างกัน จะนำมาซึ่งผลที่แตกต่างกันด้วย



รูปที่ 2.7 แสดงผลกระทำของการกำหนดค่าเยื้องให้กับหน้ากากของภาพ

2.4 พื้นฐานของการประมวลผลภาพและการมองเห็นของเครื่องจักร

การมองเห็นของเครื่องจักรอัตโนมัติเป็นสิ่งที่ได้เข้ามามีบทบาทในการควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติมาเป็นระยะเวลานานพอสมควรแล้ว แต่เริ่มจะได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่ผ่านมาไม่นานนี้เนื่องจากคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์ตรวจจับภาพและโปรแกรมต่าง ๆ มีราคาถูกลงและประสิทธิภาพมากขึ้น

2.4.1 ความเป็นมาของการมองเห็นของเครื่องจักร

การมองเห็นของเครื่องจักรนั้นได้เริ่มต้นพัฒนาขึ้นในช่วงปลายยุคปี ค.ศ. 1940 Agapakis, J. E. (1998) และต้นยุคปี ค.ศ. 1950 พร้อมกับการพัฒนาและวิจัยในด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) พร้อมกับที่ทางกองทัพของประเทศสหรัฐอเมริกาเริ่มทำการวิจัยเกี่ยวกับด้านการวิเคราะห์ภาพเพื่อใช้ในการสอดแนมต่างประเทศช่วงสงครามเย็น หลังจากที่ได้พัฒนามาระยะหนึ่งแนวความคิดเหล่านี้ก็ได้รับการนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมในยุคปี ค.ศ.1960 ถึง 1970 โดยในช่วงเวลานี้เองที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งแมสซาจูเซส (Massachusetts Institute of Technology) ได้พัฒนาระบบการวิเคราะห์ภาพเพื่อใช้ในการควบคุมแขนหุ่นยนต์ สำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม จนกระทั่งในตลอดช่วงปี ค.ศ.1980 ได้มีการนำการมองเห็นของเครื่องจักรนี้ไปใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเนื่องจากกระบวนการแก้ปัญหาของการมองเห็นของเครื่องจักรในภาพระดับสีเทาได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น การพัฒนาของหน่วยประมวลผลที่มีขนาดเล็กลงและสามารถกระทำได้บนแผ่นวงจรเพียงแผ่นเดียว อีกทั้งกล้องสำหรับอุตสาหกรรมเริ่มสามารถหาซื้อได้ทั่วไป ทำให้ระบบนี้แพร่หลายในกระบวนการผลิตมากขึ้น

ในยุคช่วงปี ค.ศ. 1990 เป็นการขยายตัวของการมองเห็นของเครื่องจักรในประเทศอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นช่วงที่คอมพิวเตอร์มีวิวัฒนาการที่ก้าวหน้ามากขึ้น ประสิทธิภาพสูงขึ้นในขณะที่ราคาถูกลง ซึ่งเป็นเบื้องหลังความสำเร็จของระบบนี้ และในช่วงนี้เริ่มมีชิพในการประมวลผลภาพ (Image Processing Chips) สามารถประมวลผลภาพได้อย่างรวดเร็วปรากฏตัวขึ้นในอุตสาหกรรมมากมาย และเมื่อก้าวเข้าสู่ในช่วงปี ค.ศ. 2000 การขยายตัวของการมองเห็นของเครื่องจักรก็ยังคงก้าวหน้าต่อไป และมีการวิจัยเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง และในประเทศไทยการวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมก็ได้รับความสนใจมากโดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในการทำวิจัยและพัฒนาการมองเห็นของเครื่องจักร

2.4.2 เทคโนโลยีของการมองเห็นของเครื่องจักร

กระบวนการวิเคราะห์ภาพและนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาเป็นข้อมูลสำหรับการตัดสินใจการทำงานของเครื่องจักร เป็นกระบวนการโดยรวมที่ใช้เรียกการมองเห็นของเครื่องจักร (Machine Vision) ซึ่งแนวความคิดในการวิเคราะห์ภาพได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องมีวิธีการและเทคโนโลยีที่ใช้อยู่หลายรูปแบบมาก อย่างไรก็ตามเอกสารนี้จะนำเสนอ

เฉพาะเทคโนโลยีที่ใช้หรือเกี่ยวข้องโดยตรงกับงานวิจัยนี้เท่านั้น ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้กับการมองเห็นของเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ประกอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

- การตรวจจับขอบ (Edge Detection)
- การจับคู่รูปแบบ (Pattern Matching)
- การเปรียบเทียบต้นแบบ (Golden Template Comparison)

นอกเหนือจากเทคโนโลยีการมองเห็นของเครื่องจักรและการวิเคราะห์ภาพที่ใช้ในงานวิจัยนี้แล้ว ปัจจุบันจะพบว่าได้มีความพยายามที่จะนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่มีความหลากหลายเข้ามาใช้งานในภาคอุตสาหกรรมและการใช้งานทั่วไป สิ่งที่ใกล้ตัวและพบเห็นได้ในช่วงเวลานี้ก็คือการวิเคราะห์ภาพที่มีการเข้ารหัส หรือนิยมเรียกว่า 2 Dimensional Barcode ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทสำคัญมากขึ้น อาจเป็นเพราะข้อมูลที่บรรจุอยู่ใน Barcode นั้นมีปริมาณที่มาก สามารถให้รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ได้อย่างครบถ้วน และอีกประการหนึ่งก็คือว่ากล้องดิจิตอลมีราคาที่ถูกลงและหาได้ง่ายขึ้น จะเห็นได้จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปในปัจจุบันนี้จะมีกล้องดิจิตอลติดมากับเครื่องด้วยเกือบจะทุกรุ่นที่มีจำหน่าย

ในหัวข้อต่อไปจะเป็นการอธิบายการทำงานของเทคโนโลยีการมองเห็นของเครื่องจักรและการวิเคราะห์ภาพในรายละเอียด โดยจะเน้นอธิบายหลักการทำงานของวิธีการนั้นตามแนวทางที่โปรแกรมสำเร็จรูป LabVIEW และ NI Vision ได้ใช้ในการสร้างโปรแกรมย่อยเพื่อการวิเคราะห์ภาพได้เขียนโปรแกรมโดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาในลักษณะเช่นนั้นขึ้นมา

2.5 การตรวจจับขอบ

การตรวจจับขอบเป็นการกำหนดให้โปรแกรมค้นหาขอบของวัตถุ เมื่อมีการกำหนดแนวเส้นให้การค้นหานั้นเคลื่อนที่ไปตามแนวเส้นทีละพิกเซลในภาพ ดังนั้นการที่จะใช้การตรวจจับขอบจะต้องมีการกำหนดแนวเส้นค้นหาขึ้นมาก่อน ในส่วนของการตรวจจับขอบโปรแกรมจะพิจารณาจากความไม่ต่อเนื่องของค่าความเข้มของพิกเซลที่อยู่ติดกัน ซึ่งความไม่ต่อเนื่องในที่นี้หมายถึงการเปลี่ยนแปลงความเข้มของพิกเซลอย่างรวดเร็ว ซึ่งมักจะพบได้เมื่อภาพนั้นปรากฏในลักษณะที่วัตถุมีระดับความเข้มของพิกเซลตัดกับพื้นหลังของวัตถุนั้น ดังนั้นการเปลี่ยนค่าความเข้มของพิกเซลอย่างรวดเร็วจะสามารถแยกภาพของวัตถุออกจากพื้นหลังได้

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการที่จะตรวจจับขอบในภาพจะเริ่มจากการกำหนดพื้นที่ค้นหา (Search Region) ในภาพที่ต้องการค้นหาขึ้นมาก่อน ซึ่งกำหนดพื้นที่ค้นหานั้นสามารถทำได้ทั้งกำหนดโดยโปรแกรม หรือผู้ใช้กำหนดเองก็ได้และพื้นที่ค้นหาที่นิยมใช้ก็คือพื้นที่ค้นหาที่เป็นแนวเส้นนั่นเอง จากนั้นโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ภาพในพื้นที่ค้นหาหรือตามแนวเส้นเพื่อหาขอบของวัตถุ โดยจะพิจารณาทีละพิกเซลตามแนวเส้นที่กำหนด ซึ่งลักษณะการทำงานของ

โปรแกรมเพื่อค้นหาขอบนี้มีทั้งแบบให้ค้นหาขอบทั้งหมดในพื้นที่ค้นหา หรือค้นหาเฉพาะขอบแรก หรืออาจให้ค้นหาขอบแรกและขอบสุดท้ายในพื้นที่ค้นหาเท่านั้นก็ได้

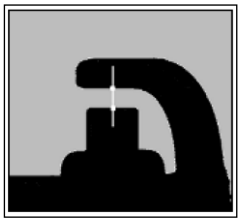
2.5.1 การนำเทคโนโลยีการตรวจจับขอบไปใช้งาน

การนำการค้นหาขอบไปใช้งานนั้นมีประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในการมองเห็นของเครื่องจักรอยู่หลายแบบ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นตำแหน่งขอบของวัตถุในภาพ และจะบอกตำแหน่งของความไม่ต่อเนื่องในภาพด้วย อย่างไรก็ตามสำหรับการมองเห็นของเครื่องจักรในอุตสาหกรรมนิยมที่จะนำการค้นหาขอบไปประยุกต์ใช้ใน 3 แบบหลัก ๆ คือ

1) การใช้เป็นมาตรวัด

การวิเคราะห์ภาพเพื่อหาขอบและใช้เป็นมาตรวัด หรือกระบวนการที่เรียกว่า Gauging จะใช้ในกรณีที่ต้องการวัดระยะที่ต้องการตรวจสอบ เช่น เส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว ระยะห่าง มุมระหว่างเส้นจำนวน เพื่อการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่าผลิตได้ถูกต้องหรือไม่ ในกระบวนการนี้ผู้ใช้จะทำการกำหนดพารามิเตอร์ของการวัดขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วิเคราะห์ได้จากภาพว่าค่าทั้งสองมีความแตกต่างกันในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่

การใช้เป็นมาตรวัดนิยมใช้ทั้งแบบระหว่างการทำงาน (In-Line) และแบบนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในภายหลัง (Off-Line) โดยการใช้เป็นมาตรวัดแบบระหว่างการทำงานนี้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในกระบวนการตรวจสอบ เช่น ตรวจสอบกระบวนการประกอบชิ้นส่วนว่าชิ้นส่วนเมื่อประกอบแล้วมีระยะห่างตามที่ต้องการหรือไม่ หรือตรวจสอบการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ว่าอุปกรณ์ได้จัดต่อเข้าที่ตำแหน่งที่เหมาะสมหรือไม่ เป็นต้น ส่วนการตรวจสอบแบบกระทำภายหลังนิยมใช้เพื่อสุ่มตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ผลิตภัณฑ์จะได้รับการสุ่มมาเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติโดยใช้การบันทึกรูปภาพไว้ก่อน จากนั้นจึงใช้การวัดนี้ตรวจสอบว่ากลุ่มตัวอย่างเหล่านี้ผ่านการตรวจสอบหรือไม่ และการตรวจหาขอบเพื่อนำระยะห่างของขอบไปวิเคราะห์ เช่น การตรวจสอบว่าเขี้ยวหัวเทียนเมื่อประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว มีระยะห่างตรงตามข้อกำหนดทางเทคนิคหรือไม่ ซึ่งอันดับแรกจะลากเส้นเพื่อกำหนดพื้นที่ค้นหา จากนั้นจะเป็นการหาจุดและกำหนดตำแหน่งของขอบ และท้ายที่สุดจะเป็นการวัดระยะว่าจุดที่ขอบทั้งสองนั้นอยู่ห่างกันเท่าใด ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ค่าที่ได้สามารถนำมาคำนวณว่าเขี้ยวหัวเทียนนี้มีระยะห่างตามข้อกำหนดหรือไม่นั่นเอง



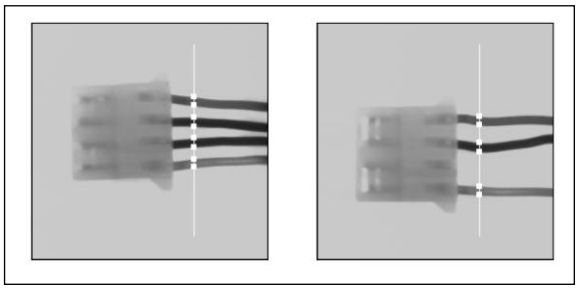
รูปที่ 2.8 แสดงการวัดระยะห่างของเขี้ยวหัวเทียน

2) การตรวจจับวัตถุ (Detection)

การตรวจจับวัตถุว่ามีอยู่ในภาพหรือไม่นั้น มีความจำเป็นและใช้งานกันอย่างแพร่หลายในด้านของการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น การตรวจสอบเชื่อมต่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การตรวจสอบการประกอบทางกลว่าชิ้นส่วนที่ประกอบนั้นมีอยู่ครบถ้วนหรือไม่ ดังนั้นจุดมุ่งหมายของหลักของการนำวิธีการนี้ไปใช้งานก็เพื่อตรวจสอบว่าชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบตามข้อกำหนดนั้นมีอยู่ครบถ้วนหรือไม่

กระบวนการวิเคราะห์ก็จะเริ่มคล้ายกับวิธีที่ผ่านมาก็คือ มีการกำหนดแนวเส้นที่จะให้โปรแกรมตรวจจับขอบตามแนวเส้นนั้นจากนั้นเมื่อโปรแกรมวิเคราะห์ไปทีละพิกเซลตามแนวพื้นที่ค้นหาความแตกต่างของความเข้มของพื้นหลังและวัตถุด้านหน้าจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของพิกเซลอย่างทันทีทันใด หรือไม่ก็มีค่าความชันของการเปลี่ยนแปลงค่าของพิกเซลในบริเวณนั้นสูงมากเมื่อได้ขอบแรกแล้วก็ดำเนินการค้นหาขอบต่อไปตามแนวเส้นที่กำหนดให้เป็นพื้นที่ค้นหา จนกระทั่งสิ้นสุดพื้นที่ค้นหา ด้วยวิธีการนี้จะสามารถช่วยในการตรวจนับจำนวนขอบที่พบตามแนวเส้นค้นหาที่กำหนด จากนั้นนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับจำนวนขอบที่ควรจะมีของวัตถุที่ประกอบอย่างสมบูรณ์ วิธีการนี้เป็นที่นิยมใช้นับวัตถุที่มีจำนวนมากวิธีหนึ่ง เพราะเนื่องจากสมการและวิธีทางคณิตศาสตร์ที่ใช้มีความยุ่งยากหรือซับซ้อนน้อยกว่าวิธีอื่น ทำให้การประมวลผลเป็นไปได้ด้วยความรวดเร็ว

สำหรับตัวอย่างของการนำการตรวจจับขอบไปใช้ในการตรวจจับวัตถุ เช่น การตรวจจับและนับจำนวนสายไฟที่เดินไฟเข้าสู่ขั้วต่อไฟ โดยใช้เทคนิคการตรวจจับขอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ในรูปซ้ายมือจะตรวจจับขอบตามแนวเส้น พบว่าจะได้ขอบทั้งสิ้น 8 ขอบ แสดงว่ามีสายไฟทั้งสิ้นจำนวน 4 สาย ในขณะที่รูปด้านขวามือตรวจสอบขอบพบว่ามีเพียง 6 ขอบ ซึ่งแสดงถึงจำนวนสายไฟเพียง 3 เส้น จะเห็นว่ามีสายไฟเข้าสู่ขั้วต่อไฟไม่ครบตามจำนวนที่กำหนด

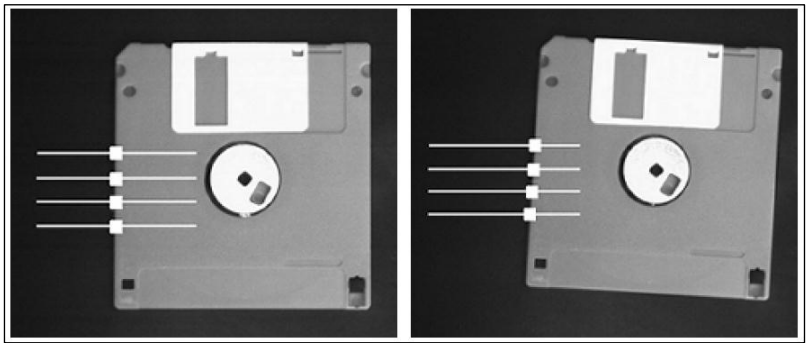


รูปที่ 2.9 แสดงการตรวจนับวัตถุโดยวิธีการตรวจจับขอบ

3) การตรวจแนวการวางตัว (Alignment)

การที่วัตถุอยู่ในสายการผลิตนั้น ไม่จำเป็นที่วัตถุจะต้องอยู่ในตำแหน่งและมีแนววางตัวที่คงที่เสมอไป อาจมีการหมุนหรือวางตัวในแนวที่แตกต่างออกไปได้ ดังนั้นการตรวจแนวการวางตัวเป็นวิธีการที่จะทราบถึงตำแหน่งและแนวการวางตัวของวัตถุนั้น การประยุกต์ใช้งานของวิธีการนี้ในอุตสาหกรรมสามารถยกตัวอย่างได้ เช่น วัตถุที่กำลังต้องการพิจารณาหรือตรวจสอบนั้นจะอยู่ที่ตำแหน่งที่แตกต่างกันและมีการวางตัวในแนวที่แตกต่างกันออกไปในภาพที่กำลังพิจารณา การวิเคราะห์ภาพจะเริ่มจากกระบวนการค้นหาขอบเพื่อจะมองหาตำแหน่งของวัตถุในภาพก่อน โดยที่จะทำการตรวจสอบขอบในพื้นที่ ROI ที่ได้กำหนดขึ้น จากนั้นเมื่อมีการตรวจพบขอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ตำแหน่งและการวางตัวของชิ้นส่วนจะถูกประมวลผลโดยโปรแกรมอีกครั้ง ซึ่งขั้นตอนทั้งหมดจะให้ข้อมูลของตำแหน่งและแนววางตัวของวัตถุได้

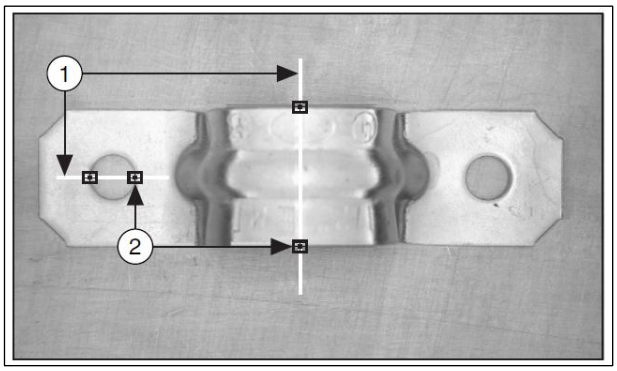
ตัวอย่างของการตรวจแนวการวางตัวของวัตถุที่เปลี่ยนไป เช่น การตรวจสอบแนวการวางตัวของแผ่นดิสก์บันทึกข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยขั้นแรกจะกำหนดพื้นที่ค้นหาและแนวเส้นค้นหาก่อน จากนั้นกระบวนการตรวจสอบขอบจะค้นหาและพบขอบทางด้านซ้ายของแผ่นดิสก์ในภาพ ซึ่งแต่ละแนวเส้นค้นหาจะได้จุดขอบหนึ่งจุดเมื่อได้จำนวนจุดนั้นแล้ว โปรแกรมจะทำการหาเส้นตรงที่เหมาะสมที่สุดที่จะลากผ่านจุดขอบเหล่านั้น และเมื่อได้เส้นตรงและความเอียงของเส้นตรงนั้นแล้วก็จะสามารถทราบข้อมูลว่าแผ่นดิสก์นั้นมีตำแหน่งอยู่ที่ใดและมีแนวการวางตัวเป็นอย่างไร



รูปที่ 2.10 แสดงการตรวจสอบแนวการวางตัว

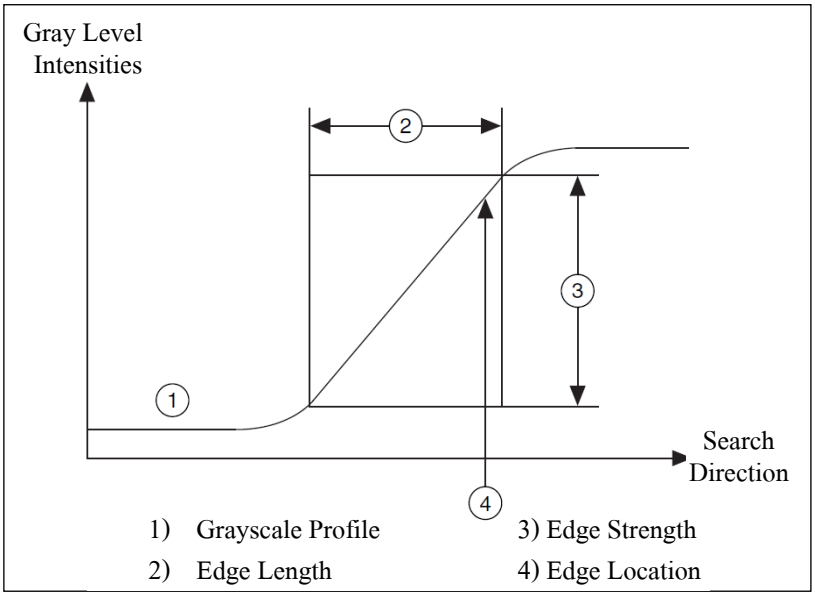
2.5.2 หลักการของการตรวจจับขอบ

ตามที่กล่าวมาแล้วว่านิยามของขอบคือการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของค่าระดับสีเทา (Gray Scale Value) ระหว่างพิกเซลที่อยู่ติดกันในภาพ โดยโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะใช้การทำงานเป็นแนวเส้นหรือโปรไฟล์ (Profile) 1 มิติ และเป็นการพิจารณาค่าระดับสีเทาในแต่ละพิกเซลตามแนวเส้นหรือพื้นที่ค้นหาที่กำหนดให้ซึ่งการกำหนดแนวเส้นค้นหานั้นสามารถกำหนดเส้นค้นหาได้หลายรูปแบบ เช่น โปรไฟล์ที่เป็นเส้นตรงเพื่อใช้เป็นแนวในการค้นหาขอบของวัตถุ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 สำหรับการประยุกต์ใช้งานจริงนั้นผู้ใช้สามารถที่จะกำหนดโปรไฟล์เป็นเส้นตรงหรือส่วนเส้นรอบรูปของวงกลมหรือวงรี แนวเส้นขอบของสี่เหลี่ยมหรือรูปทรงเหลี่ยมหรือแม้แต่เป็นเส้นอิสระก็ได้ โดยโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ค่าแต่ละพิกเซลตามโปรไฟล์ที่กำหนดเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของค่าระดับสีเทาของพิกเซลตามแนวโปรไฟล์นั้น ซึ่งการทำงานเพื่อตรวจจับขอบโปรแกรมจะต้องได้รับค่าที่จะใช้ในวิเคราะห์ว่าการเปลี่ยนแปลงตามของค่าพิกเซลตามแนวโปรไฟล์นั้นควรจะมีลักษณะเช่นไร จึงจะบ่งชี้ได้ว่าขอบของวัตถุในภาพอยู่ที่บริเวณนั้น



รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างการกำหนดขอบ

คุณลักษณะของขอบตามที่ได้กล่าวแล้วว่าขอบคือการเปลี่ยนแปลงค่าของพิกเซลที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการกำหนดขอบนั้นสามารถกระทำได้โดยพิจารณาค่าทีละพิกเซลตามแนวเส้นค้นหา วิธีการพื้นฐานที่ใช้ค้นหาขอบจะกำหนดลักษณะของขอบซึ่งเริ่มแรกค่าพิกเซลในภาพตามแนวเส้นค้นหาจะมีค่าน้อยจากนั้นก็จะเพิ่มค่าขึ้นอย่างรวดเร็วและค่าก็จะเริ่มกลับมาคงที่อีกครั้งหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.12 ซึ่งจะช่วยในการตัดสินใจของโปรแกรมว่าควรจะกำหนดให้พิกเซลใดในภาพเป็นตำแหน่งของขอบของวัตถุ



รูปที่ 2.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพิกเซลเพื่อค้นหาขอบ

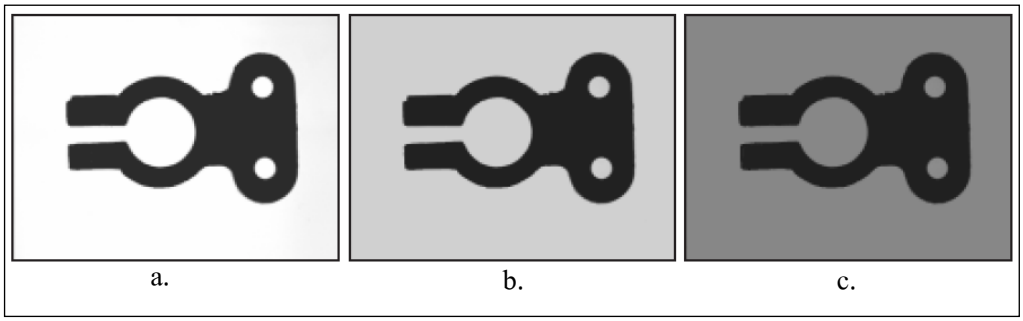
เมื่อได้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มของพิกเซลตามแนวเส้นค้นหามาเรียบร้อยแล้ว การที่โปรแกรมจะทำการกำหนดว่าจุดใดเป็นขอบในภาพจะต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ขึ้นมา ดังแสดงในรูปที่ 2.12 โดยพารามิเตอร์ที่สำคัญที่จะต้องมีการกำหนดค่าให้กับโปรแกรมมีดังนี้

1) ค่าความเข้มของขอบ (Edge Strength)

ค่าความเข้มของขอบ เป็นการนิยามค่าความแตกต่างที่น้อยที่สุดของค่าระดับสีเทาระหว่างพื้นหลังและขอบของวัตถุ ค่าความเข้มของขอบนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Edge Contrast โดยถาพวัตถุเดียวกันหากถ่ายภาพในสภาวะที่ต่างกัน ภาพที่ได้อาจมีค่าความเข้มของขอบที่แตกต่างกัน สาเหตุที่ค่าความเข้มของขอบนี้เปลี่ยนแปลงไปได้ก็ด้วยเหตุผลต่าง ๆ กันดังนี้

- สภาพแสง ถ้าหากว่าแสงที่ใช้ในการจับภาพอยู่ในระดับต่ำ จะได้ว่าขอบของวัตถุในรูปจะมีระดับความเข้มต่ำ เมื่อสภาพแสงมีความแตกต่างกันการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มของขอบที่เปลี่ยนไปตามขอบของวัตถุก็จะต่างกันด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.13
- วัตถุที่มีลักษณะของระดับค่าสีเทาที่แตกต่างกัน การที่วัตถุมีที่มีคุณสมบัติหรือสีที่มีความสว่างมากอยู่ปนกับวัตถุที่มีความสว่างน้อยในภาพเดียวกัน ค่าความเข้มของขอบในวัตถุแต่ละชิ้นก็จะมีค่าไม่เท่ากันโดย

ดังนั้นการกำหนดค่าความเข้มของขอบที่ถูกต้องของวัตถุแต่ละชิ้นก็จะแตกต่างกันไปด้วย วัตถุที่มีสีใกล้กับพื้นหลังก็จะมีค่าความเข้มของขอบต่ำเมื่อเทียบกับวัตถุที่มีสีที่แตกต่างกับพื้นหลังมาก



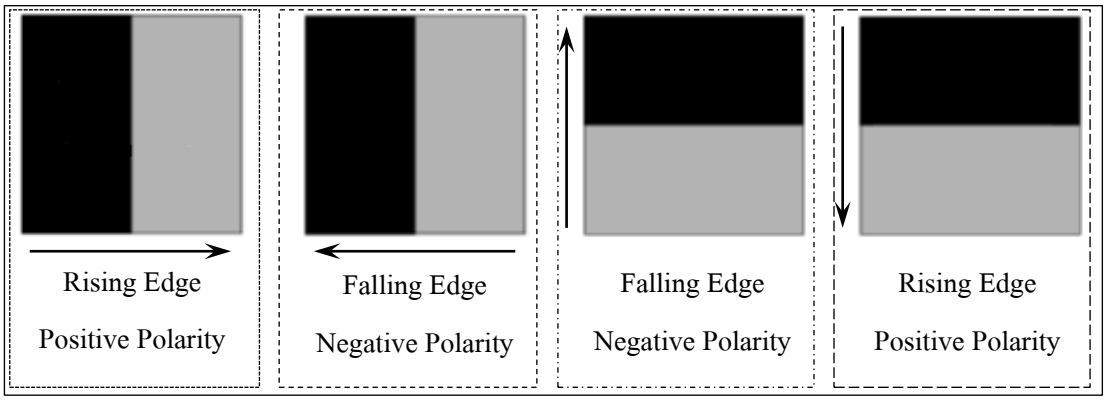
รูปที่ 2.13 แสดงตัวอย่างภาพที่มีระดับความเข้มของขอบที่ต่างกัน

2) ค่าความยาวขอบ (Edge Length)

ค่าความยาวของขอบมีนิยามคือ ระยะสูงสุดที่กำหนดค่าความแตกต่างของระดับค่าสีเทาระหว่างพื้นหลังและขอบของวัตถุหรือขอบจะต้องเกิดขึ้นในระยะนี้ ค่าความยาวขอบเป็นคุณลักษณะที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าพิกเซลในส่วนที่อยู่ใกล้ขอบ ซึ่งระยะนี้จะช่วยให้โปรแกรมตัดสินใจว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของพิกเซลของพื้นหลังกับขอบหรือเกิดจากการเปลี่ยนสีหรือความเข้มแสงของวัตถุหรือพื้นหลังตามปกติ กล่าวอีกอย่างหนึ่งคือค่าความยาวขอบจะกำหนดว่าค่าของความเข้มของพิกเซลจะต้องเปลี่ยนแปลงในระยะทางมากที่สุดเท่าใด เพื่อให้ได้ค่าความเข้มขอบตามที่ต้องการ ดังนั้นการกำหนดค่าความยาวขอบจะช่วยในกรณีที่ความแตกต่างของวัตถุและพื้นหลังมีการเปลี่ยนแปลงไป การกำหนดค่าความยาวขอบไว้มากจะช่วยตรวจจับขอบที่วัตถุและพื้นหลังว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มพิกเซลไม่มากได้ดียิ่งขึ้น

3) ขั้วของขอบ (Edge Polarity)

ขั้วของขอบเป็นการพิจารณาว่าขณะนี้ขอบที่กำลังพิจารณาเป็นขอบขาขึ้น (Rising Edge) หรือขอบขาลง (Falling Edge) โดยขอบขาขึ้นหมายถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาเพิ่มขึ้นจากค่าน้อยไปหาค่าที่มากกว่าในระหว่างการตรวจสอบขอบอยู่นั้น ซึ่งหมายถึงการตรวจจะมีในทิศทางจากพื้นหลังที่มีค่าความเข้มต่ำขึ้นไปสู่วัตถุที่มีค่าความเข้มพิกเซลสูงกว่า ส่วนขอบขาลงหมายถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาลดลงจากมากไปหาค่าที่น้อยกว่า สำหรับวัตถุในภาพเดียวกันขั้วของขอบอาจจะแตกต่างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางตามเส้นโปรไฟล์ที่กำหนดให้โปรแกรมทำการค้นหาขอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงขั้วของขอบ

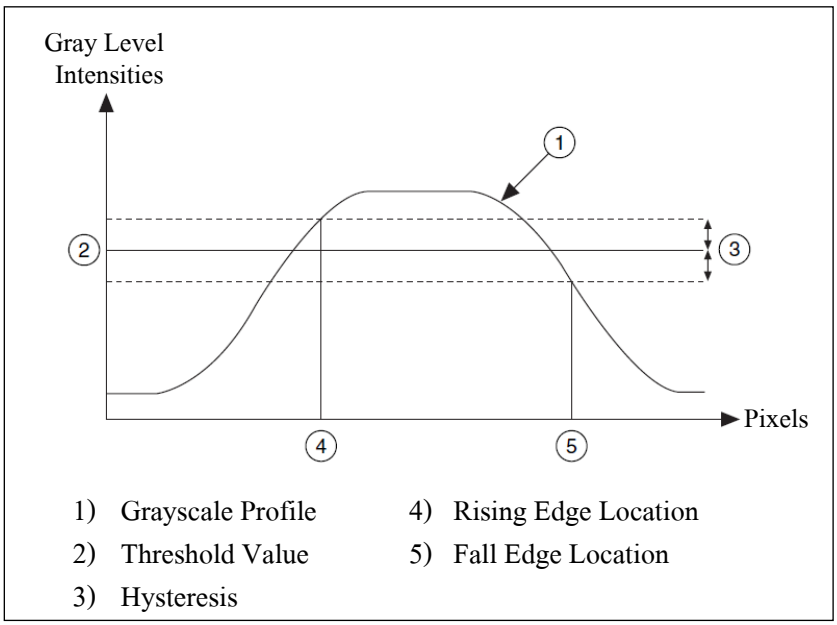
2.5.3 วิธีการตรวจจับขอบของ NI Vision

สำหรับโมดูลของโปรแกรม NI Vision ที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีสองวิธีที่ใช้ในการตรวจจับขอบ โดยวิธีทั้งสองนี้จะคำนวณความเข้มของขอบในแต่ละพิกเซลตามโปรไฟล์ 1 มิติที่กำหนดขึ้น ซึ่งโปรแกรมจะบ่งชี้ว่าขอบได้เกิดขึ้นเมื่อค่าความเข้มของขอบมีค่ามากกว่าค่าความเข้มต่ำสุดที่กำหนด จากนั้นก็จะมีการตรวจหาตำแหน่งของขอบเพิ่มเติมให้ต่อไปอีกจนกระทั่งสิ้นสุดโปรไฟล์ที่กำหนดให้ดังนั้นค่าที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องกำหนดเพื่อบ่งบอกว่าค่าความเข้มต่ำสุดของความเข้มขอบมีค่าเป็นเท่าใด สำหรับโปรแกรมย่อยใน NI Vision จะเรียกค่านี้ว่า Contrast Parameter

เมื่อได้กำหนดค่า Contrast Parameter เรียบร้อยแล้วโปรแกรมก็จะดำเนินการวิเคราะห์และค้นหาขอบตามแนวเส้นที่กำหนด โดยในส่วนการค้นหานั้น NI Vision มีวิธีการให้เลือกใช้สองแบบคือ การตรวจจับขอบอย่างง่าย และการตรวจจับขอบขั้นสูง ซึ่งรายละเอียดของทั้งสองวิธีเป็นดังนี้

1) การตรวจจับขอบอย่างง่าย

ในการตรวจจับขอบอย่างง่ายโปรแกรมจะใช้ค่าความเข้มของแต่ละพิกเซลไปตามจุดที่โปรไฟล์ผ่านไปมาวิเคราะห์ โดยเริ่มต้นโปรแกรมจะเริ่มเก็บข้อมูลเพียงอย่างเดียวก่อนโดยเริ่มจากพิกเซลแรกบนโปรไฟล์จนถึงพิกเซลสุดท้ายที่อยู่บนโปรไฟล์นั้นในทิศทางที่กำหนด เมื่อได้ค่าทั้งหมดแล้ว จากนั้นโปรแกรมจะเริ่มหาตำแหน่งของขอบโดยโปรแกรมจะพิจารณาว่าพบขอบขาขึ้น หากตรวจพบว่าที่จุดนั้นมีค่าความเข้มของพิกเซลมากกว่าค่า Threshold รวมกับค่า Hysteresis ที่ผู้ใช้กำหนด การกำหนดค่า Threshold เป็นการสั่งโปรแกรมว่าค่าความเข้มของพิกเซลที่ต่ำที่สุดที่จะเริ่มพิจารณาได้แล้วว่าเข้าใกล้บริเวณขอบจะมีค่าเท่าใด จุดนี้จะเป็นจุดเริ่มในการพิจารณาหาตำแหน่งขอบขาขึ้น ส่วนการกำหนดค่า Hysteresis จะมีลักษณะเหมือนการชดเชยค่าเพราะโดยปกติแล้วค่าความเข้มของขอบขาขึ้นและขอบขาลงจะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน ดังนั้นการกำหนดค่า Hysteresis ก็เหมือนกับการชดเชยค่าความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้นั่นเอง สำหรับการตรวจจับขอบขาลงก็จะทำในทำนองกลับกัน ซึ่งเมื่อพิกเซลใดมีค่าความเข้มต่ำกว่าค่า Threshold ของขอบ โปรแกรมก็จะใช้พิกเซลนี้เป็นจุดแรกในการพิจารณาเพื่อหาว่า ขอบขาลงควรอยู่ที่ตำแหน่งใด กระบวนการหาขอบจะทำซ้ำๆ กันไปจนกระทั่งสิ้นสุดโปรไฟล์ตรวจสอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.15



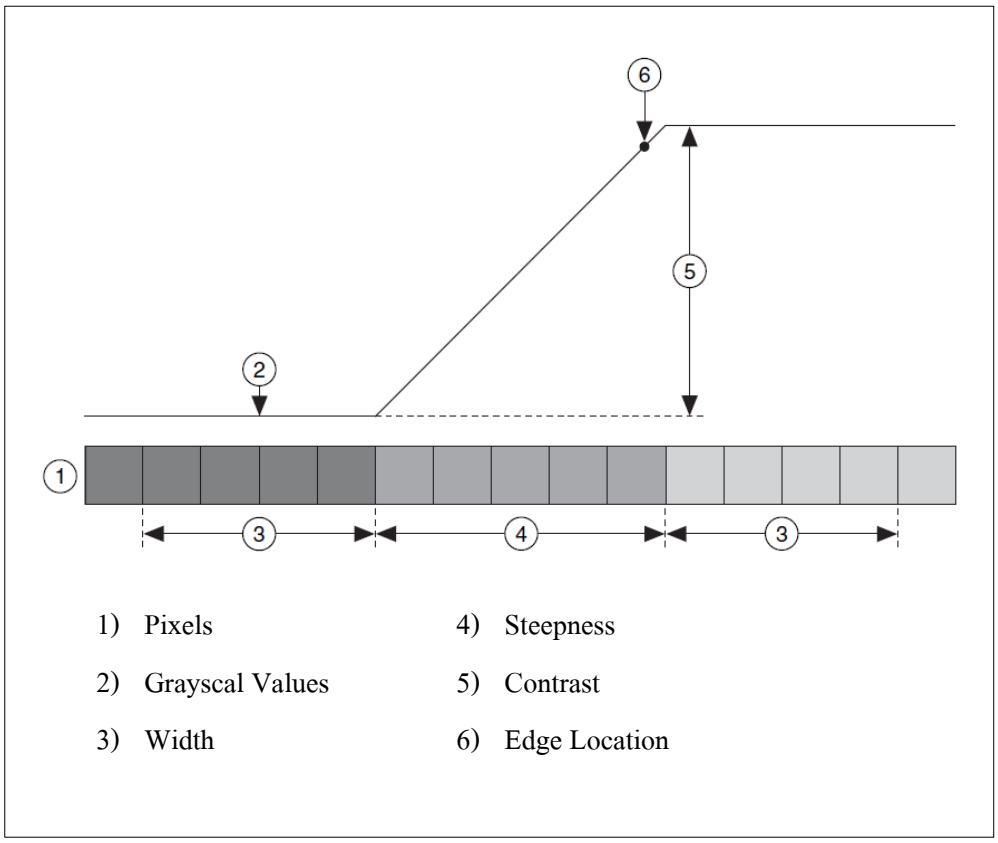
รูปที่ 2.15 แสดงการตรวจจับขอบอย่างง่าย

การตรวจจับขอบอย่างง่ายนี้มีข้อดีคือมีกระบวนการคำนวณที่ไม่ยุ่งยาก ทำให้ตรวจสอบได้รวดเร็ว อย่างไรก็ตามวิธีการนี้เหมาะกับภาพที่มีสัญญาณรบกวน (Noise) ในภาพน้อยและภาพที่ใช้มีความแตกต่างของวัตถุและพื้นหลังของภาพมาก จึงทำให้สามารถเห็นขอบได้อย่างชัดเจน

2) การตรวจจับขอบขั้นสูง

การตรวจจับขอบในลักษณะนี้จะเริ่มจากการคำนวณหาความเข้มของแต่ละพิกเซลตามตำแหน่งที่อยู่บนโปรไฟล์ที่กำหนดจนครบก่อนจึงจะดำเนินการค้นหาขอบ สิ่งที่แตกต่างจากการค้นหาขอบอย่างง่ายก็คือ โปรแกรมไม่ได้นำค่าที่ได้นี้ไปใช้โดยตรงในทันที แต่โปรแกรมจะทำการเฉลี่ยค่าของพิกเซลที่พิจารณาอยู่กับพิกเซลที่อยู่ก่อนหน้าและที่อยู่ภายหลังบนเส้นโปรไฟล์ในการหาค่าเฉลี่ยนั้นจำนวนพิกเซลที่อยู่ก่อนหน้าและหลังจุดที่พิจารณาไม่จำเป็นต้องเท่ากัน จำนวนพิกเซลหรือระยะทางที่ใช้ซึ่งอยู่หลังจุดที่กำลังพิจารณา จะกำหนดโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ความชัน (Steepness Parameter) ซึ่งค่านี้เป็นค่าที่เกี่ยวข้องกับการคาดเดาว่าช่วงการเปลี่ยนแปลง (Transition Region) ว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของขอบตามแนวโปรไฟล์ที่กำหนดให้นั้นมีค่าเท่าใด ถ้ากำหนดค่ามากก็เสมือนคาดเดาได้ว่าข้างหน้าจะมีขอบซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงค่าอย่างช้า ๆ จึงต้องใช้พิกเซลด้านหน้าจำนวนมากมาใช้ในการพิจารณา ส่วนพิกเซลที่อยู่ก่อนหน้าจุดที่กำลังพิจารณาว่าจะนำมาหาค่าเฉลี่ยจำนวนเท่าใดนั้น จะได้จาก

การกำหนดพารามิเตอร์ ผู้ใช้มีความต้องการที่จะใช้พิกเซลก่อนหน้านั้นมาใช้ในการเฉลี่ยค่าที่จุดนั้นมากน้อยเพียงใด พารามิเตอร์ที่บอกจำนวนพิกเซลก่อนหน้าจุดที่กำลังพิจารณา เพื่อมาใช้ในการหาค่าเฉลี่ยที่จุดนั้นเรียกว่าพารามิเตอร์ความกว้าง (width parameter) สำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ความกว้าง ก็จะเหมือนการกำหนดขนาดของตัวกรอง (Filter) ซึ่งการกรองนี้กระทำขึ้นเพื่อลดผลกระทบของสัญญาณรบกวน (Noise) ที่อาจมีตามโปรไฟล์ที่กำหนด ถ้าหากคาดหวังว่าภาพจะมีสัญญาณรบกวนมากก็ควรจะใช้ตัวกรองที่มีความกว้างมาก หรือก็คือการกำหนดพารามิเตอร์ความกว้างให้มีค่ามาก ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ และการกำหนดรูปแบบขอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงการตรวจจับขอบขั้นสูง

เมื่อได้ค่าเฉลี่ยใหม่ของแต่ละพิกเซลแล้ว ต่อไปโปรแกรมจะทำการค้นหาขอบ โดยค่าความเข้มใหม่ของแต่ละพิกเซลถูกนำมาวิเคราะห์ โดยเริ่มวิเคราะห์ตั้งแต่จุดแรกไป ซึ่งที่จุดนั้นจะนำไปคำนวณเพื่อหาค่าความเข้มของขอบ ถ้าค่าความเข้มขอบที่จุดนั้นมีค่ามากกว่าค่าที่ผู้ใช้โปรแกรมกำหนดไว้ จุดนั้นจะได้รับการบันทึกไว้ในที่นี้สมมุติให้เป็นจุด a และจะนำไปใช้ใน

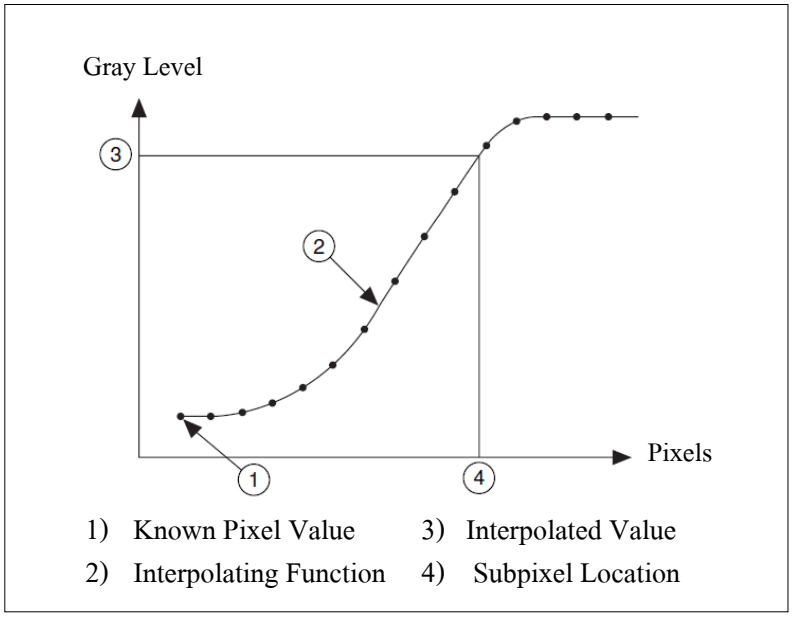
ภายหลัง จากนั้นโปรแกรมก็จะทำการประเมินผลทำนองเดียวกันในจุดต่อ ๆ ไป และทำไปเรื่อย ๆ จนค่าความเข้มของขอบมีค่าสูงสุด ซึ่งสมมุติว่าเป็นจุด b จากนั้นค่าความเข้มของขอบที่พิกเซลถัดต่อมาจะมีค่าน้อยกว่าค่าที่จุด b นี้ โปรแกรมจะกำหนดให้จุดที่มีค่าความเข้มสูงสุดเป็นค่าเริ่มต้นขอบ ในที่นี้ก็คือกำหนดให้จุด b เป็นจุดเริ่มต้นขอบ จากนั้นค่าพารามิเตอร์ความชัน หรือ Steepness Parameter ซึ่งเป็นจำนวนพิกเซลจะนำมารวมเข้ากับตำแหน่งของจุดพิกเซล b เพื่อที่จะกำหนดจุดสิ้นสุดขอบ สมมุติว่าได้จุด c ดังนั้นจุด c จะห่างจากจุด b เท่ากับค่าพารามิเตอร์ความชัน จากนั้นโปรแกรมจะพิจารณาจากจุดเริ่มต้นขอบแล้วหาว่าจุดใดในระหว่างนั้นมีค่าความเข้มที่แตกต่างระหว่างจุดนั้นกับจุดเริ่มเป็นร้อยละ 90 ของค่าความเข้มที่แตกต่างระหว่างจุดเริ่มต้นขอบและจุดสิ้นสุดขอบ กล่าวคือโปรแกรมจะกำหนดจุด x เป็นจุดขอบเมื่อค่าความแตกต่างของความเข้มของ x และ b มีค่าเป็น 90% ของความแตกต่างความเข้มของพิกเซล c และ b นั่นเอง

3) ความแม่นยำระดับต่ำกว่าพิกเซล (Subpixel Accuracy)

ในกรณีที่ภาพที่นำมาประมวลผลนั้นมีความละเอียดสูงพอวิธีการที่กล่าวผ่านมาแล้วก็เพียงพอที่จะใช้ในการค้นหาขอบได้ อย่างไรก็ตามในสภาวการณ์บางอย่างที่ไม่สามารถได้ภาพที่มีความละเอียดสูงได้ ซึ่งอาจมาจากข้อจำกัดหลาย ๆ ด้าน เช่น ขนาดของภาพที่ต้องการตรวจสอบมีขนาดใหญ่มาก หรืองบประมาณในการจัดหากล้อง อาจจำเป็นต้องหาตำแหน่งของขอบโดยใช้ความแม่นยำระดับต่ำกว่าพิกเซล หรือระดับซับพิกเซล (Subpixel Accuracy)

การวิเคราะห์ซับพิกเซลโปรแกรมจะประมาณค่าความเข้มของพิกเซลเสมือนกับว่าภาพมีความละเอียดสูง เพื่อที่จะค้นหาตำแหน่งของขอบโดยใช้ความแม่นยำระดับซับพิกเซล โดยโปรแกรมจะทำการ Interpolate ค่าในระหว่างพิกเซลโดยใช้ฟังก์ชันที่มีลำดับสูง เช่น สมการกำลังสองหรือกำลังสามฟังก์ชันนี้จะช่วยในการตรวจสอบขอบโดยใช้ กระบวนการคำนวณให้มีค่าพิกเซลใหม่ในระหว่างค่าพิกเซลเดิมที่มีอยู่ จากนั้นซอฟแวร์จะใช้ค่าความเข้มที่คำนวณได้เพื่อจะหาตำแหน่งของขอบต่อไป

จากรูปที่ 2.17 เป็นการแสดงวิธีการใช้ Cubic Spline Function ในการคำนวณเพื่อหาค่าซับพิกเซลโดยการใช้วิธีการนี้ ค่าที่ตำแหน่งระหว่างพิกเซลจะถูกประมาณขึ้น จากนั้นการตรวจจับตำแหน่งของจะใช้วิธีตามที่กล่าวมาแล้วเพื่อเพิ่มความละเอียดของภาพ



รูปที่ 2.17 แสดงการใช้ฟังก์ชันหาความแม่นยำระดับซับพิกเซล

ด้วยระบบบันทึกภาพและซอฟแวร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ ผู้ใช้สามารถประมาณตำแหน่งของภาพได้อย่างน่าเชื่อถือในระดับ 1 ใน 4 พิกเซล อย่างไรก็ตามผลของการประมาณนี้ขึ้นอยู่กับการจัดเตรียมภาพ เช่น สภาพแสงและคุณภาพของกล้อง ดังนั้นก่อนที่จะใช้การวิเคราะห์ระดับซับพิกเซลควรจะทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพแล้วทดลองใช้วิธีปกติในการหาขอบก่อนว่าสามารถทำได้หรือไม่

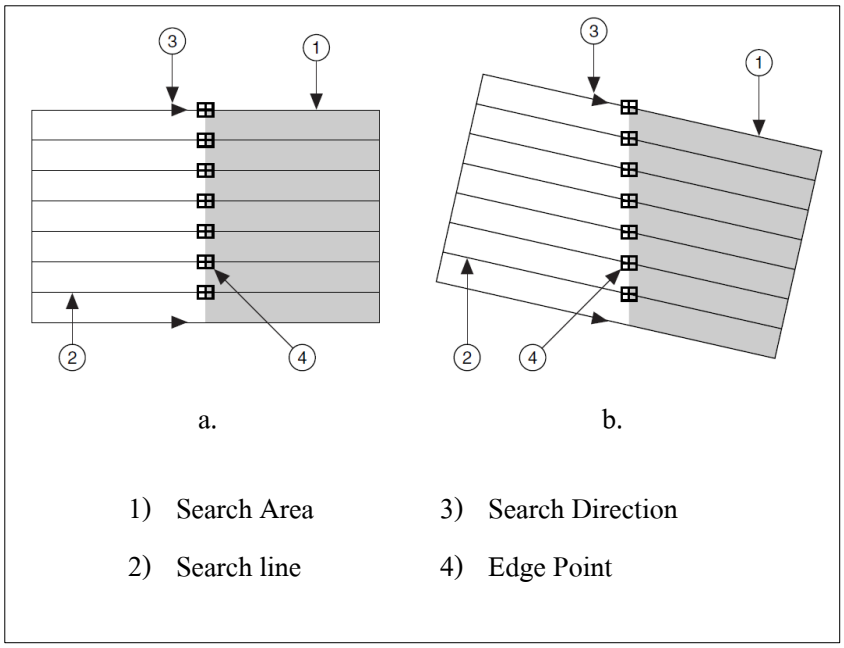
2.5.4 การเพิ่มการตรวจจับของพื้นที่ค้นหา 2 มิติ

สำหรับโปรแกรมการตรวจจับของ NI Vision แม้ว่าจะออกแบบให้มีการวิเคราะห์ค่าพิกเซลไปตามเส้นโปรไฟล์ที่มีลักษณะเป็นเส้น 1 มิติ อย่างไรก็ตามเพื่อให้การใช้งานของการจับขอบมีความสามารถมากยิ่งขึ้น โปรแกรม NI Vision จึงได้มีการเพิ่มความสามารถของโปรแกรมให้มีเครื่องมือที่จะสามารถเพิ่มการตรวจจับขอบออกไปเป็นพื้นที่ในสองมิติได้ โดยโปรแกรมจะมีการสร้างเครื่องมือให้ 3 ชนิดคือ

1) Rake
2) Spoke
3) Concentric Rake

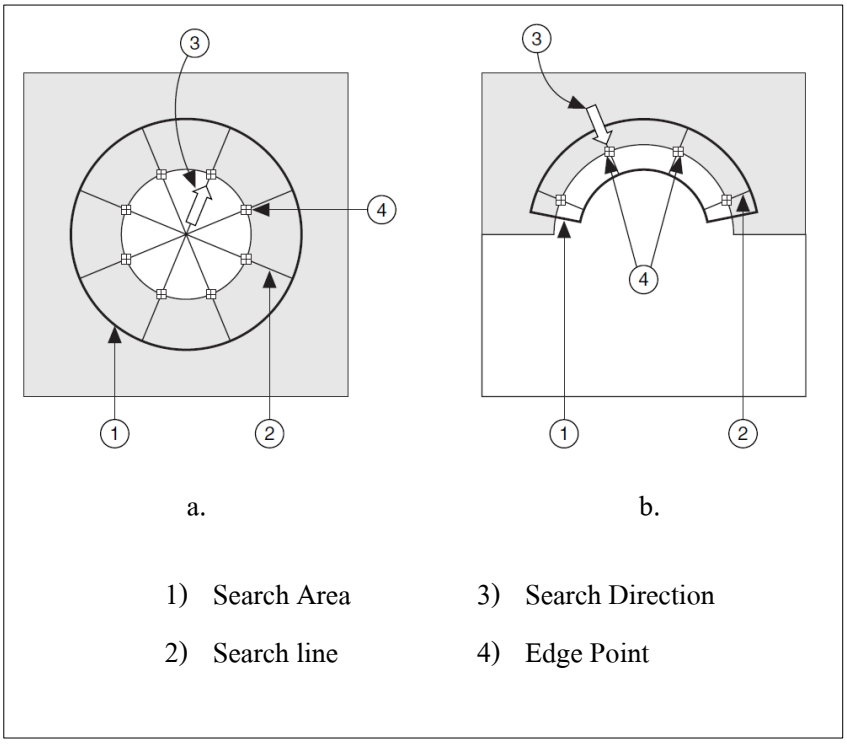
ความแตกต่างหลัก ๆ ของเครื่องมือ 3 แบบนี้ จะเป็นลักษณะการวางเส้นโปรไฟล์เพื่อกำหนดขนาดของพื้นที่ค้นหา รายละเอียดและลักษณะของวิธีค้นหาทั้ง 3 แบบ เป็นดังนี้

Rake การใช้ Rake จะเป็นการค้นหาโดยกำหนดพื้นที่ค้นหาเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยเส้นโปรไฟล์ที่ใช้ในการค้นหาจะเป็นเส้นตรงที่ขนานกันและมีความยาวเท่ากัน ซึ่งจะทำให้พื้นที่การค้นหาเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมมุมฉากที่จะวางในมุมเอียงใด ๆ ก็ได้ตามผู้ใช้กำหนด การกำหนดจำนวนเส้นค้นหาจะควบคุมด้วยค่าที่กำหนดระยะห่างระหว่างเส้นค้นหา ส่วนทิศทางการค้นหาผู้ใช้สามารถกำหนดได้ การกำหนดให้เคลื่อนที่จากซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้ายจะเป็นการบอกว่าสี่เหลี่ยมนี้เอียงทำมุมเท่าใดกับแนวระดับ แต่ถ้าจะกำหนดมุมเอียงของสี่เหลี่ยมที่ทำกับแนวดิ่งก็สามารถทำได้โดยกำหนดให้ทิศทางการค้นหาให้เป็นจากบนลงล่างหรือล่างขึ้นบนก็ได้ พื้นฐานของฟังก์ชัน Rake ดังแสดงในรูปที่ 2.18



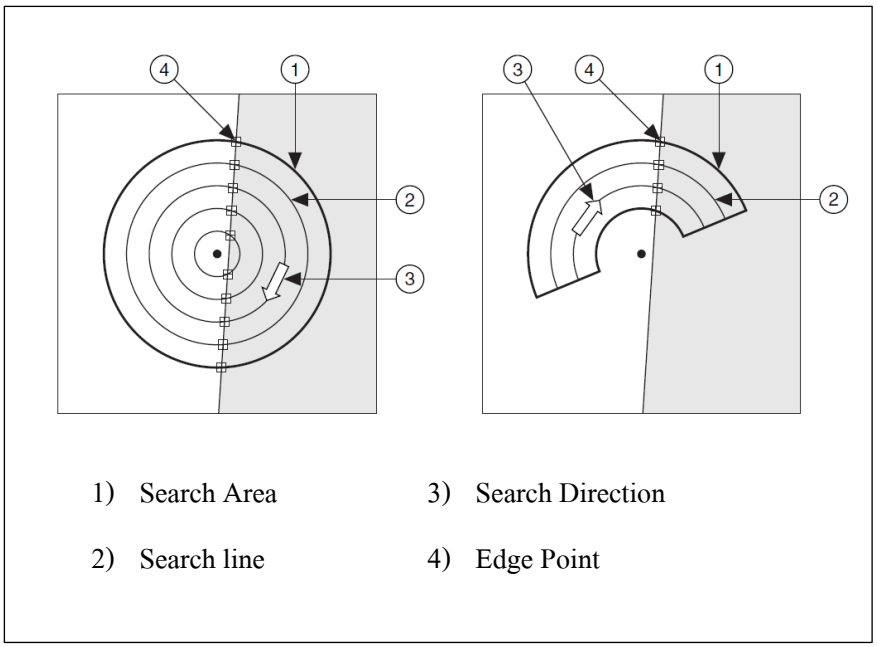
รูปที่ 2.18 แสดงการทำงานของฟังก์ชัน Rake

Spoke ฟังก์ชัน Spoke เป็นการกำหนดพื้นที่ค้นหาเป็นรูปวงแหวน โดยจะทำการสร้างเส้นค้นหาเป็นเส้นรัศมีของวงแหวน เริ่มจากขอบในของวงแหวนออกไปจนถึงขอบนอกของพื้นที่วงแหวน จำนวนเส้นรัศมีที่ใช้ในการค้นหาจะควบคุมได้จากการกำหนดค่ามุมระหว่างเส้นแต่ละเส้นค้นหาแต่ละเส้น การกำหนดทิศทางการค้นหาจะทำได้ทั้งจากด้านในไปด้านนอกและด้านนอกเข้ามาด้านใน พื้นฐานของฟังก์ชัน Spoke ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงการทำงานของฟังก์ชัน Spoke

Concentric Rake ฟังชันก์ Concentric Rake จะกำหนดพื้นที่ค้นหาเป็นรูปวงแหวนเช่นกัน โดยการใช้เส้นค้นหาเป็นวงกลมแทนที่จะเป็นเส้นตรงเหมือน Rake ทำให้ได้เส้นค้นหาเป็นวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกันซ้อนกันออกไป การค้นหาขอบจะทำตามเส้นรอบวงของวงกลมที่ซ้อนกันอยู่นั่นเอง จำนวนของวงกลมที่ซ้อนกันอยู่จะควบคุมได้จากระยะห่างตามแนวรัศมีของวงกลมที่วางซ้อนกันออกไปแต่ละวง การกำหนดทิศทางการค้นหาทำได้ทั้งทิศทางตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา พื้นฐานของฟังก์ชัน Concentric Rake ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงการทำงานของฟังก์ชัน Concentric Rake

การใช้วิธีการ Edge detection ที่กล่าวมาแล้วนั้นมีข้อดี คือ สามารถทราบตำแหน่งขอบเขตของวัตถุได้ง่ายและไม่ต้องการการคำนวณทางคณิตศาสตร์มากนับเทียบกับวิธีอื่น สำหรับข้อด้อยของวิธีการนี้คือ ไม่สามารถที่จะบอกรูปทรงของวัตถุได้ เพราะค่าที่ได้จากวิธีการนี้คือ ขอบและตำแหน่งของขอบเท่านั้น หากมีความจำเป็นที่ต้องใช้รูปทรงของวัตถุเข้ามาใช้ในการคำนวณด้วยจะต้องใช้วิธีการประมวลผลภาพที่มีความยุ่งยากมากขึ้นซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้

2.6 การจับคู่รูปแบบ (Pattern Matching)

การจับคู่รูปแบบเป็นกระบวนการกำหนดตำแหน่งของพื้นที่ในภาพระดับสีเทา ซึ่งมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงระดับสีเทาเหมือนกับรูปแบบอ้างอิง (Reference Pattern) หรือบางกรณีเรียก Model หรือ Template

ในกระบวนการจับคู่รูปแบบ อันดับแรกผู้ใช้จะสร้างรูปแบบอ้างอิง (Template) ขึ้นเพื่อเป็นต้นแบบของวัตถุที่ต้องการค้นหา จากนั้นเมื่อจับภาพมาได้แล้วโปรแกรมที่ใช้สำหรับการมองเห็นของเครื่องจักรจะทำการประมวลภาพที่จับมาได้เพื่อวิเคราะห์ว่าส่วนใดในภาพบ้างที่มีลักษณะหรือรูปแบบเหมือนกับรูปแบบอ้างอิง จากนั้นโปรแกรมจะให้ระดับคะแนนความเหมือนของภาพทั้งสองคะแนนความเหมือนนี้บอกให้ทราบว่ารูปแบบอ้างอิงกับภาพค้นหาที่จับคู่ได้นั้นมีความเหมือนกันมากเพียงใด

แนวความคิดหลักของการจับคู่รูปแบบจึงไม่ใช่การพิจารณาว่าในภาพที่ค้นหามีส่วนใดบ้างที่เหมือนในภาพต้นแบบ แต่เป็นการพิจารณาว่ามีส่วนใดในภาพค้นหาที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของพิกเซลที่คล้ายกับการเปลี่ยนแปลงของค่าพิกเซลในภาพต้นแบบ ดังนั้นวิธีการนี้จึงสามารถนำไปใช้จับคู่หาส่วนในภาพที่มีรูปแบบเหมือนกันไม่ใช่ภาพที่เหมือนกันได้ จึงทำให้มีความอ่อนตัวในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตที่สภาพการทำงานมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ดังนั้นความคาดหวังของผู้ใช้แล้ว โปรแกรมที่ออกแบบมาสำหรับการจับคู่รูปแบบนั้น โปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้ควรที่จะสามารถทำการจับคู่รูปแบบในภาพที่ต้องการตรวจสอบว่ามีส่วนใดในภาพเหมือนกับรูปแบบที่สร้างขึ้นมาอ้างอิง โดยสามารถตรวจจับได้ไม่ว่าระดับแสงที่เปลี่ยนแปลงทำให้ความเข้มแสงในภาพที่ต้องการตรวจสอบแตกต่างไปจากภาพอ้างอิงหรือภาพที่ใช้ตรวจสอบไม่ชัดเจนอาจจะเป็นเนื่องจากระยะโฟกัสที่ไม่ชัดเจน หรือแม้แต่วัตถุในภาพมีขนาดที่เปลี่ยนแปลงไป หรือภาพที่ต้องการตรวจจับหมุนเอียงไปจากรูปอ้างอิง โปรแกรมที่เขียนขึ้นจะต้องตรวจจับวัตถุได้ทั้งหมด

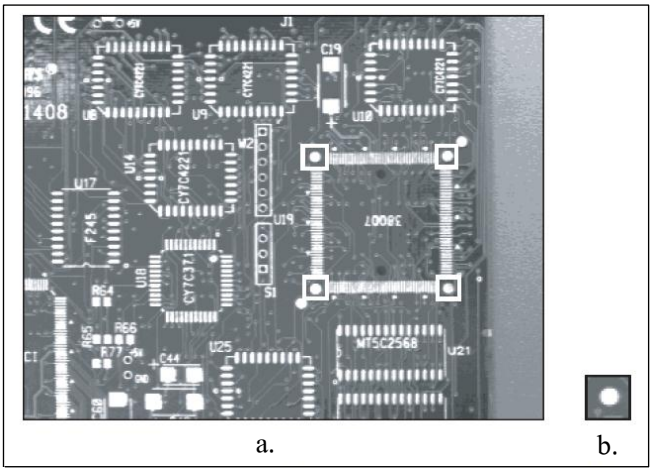
สำหรับวิธีการจับคู่รูปแบบไปใช้งานในการมองเห็นของเครื่องจักร ถือว่าเป็นกระบวนการหรือเป็นลำดับขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่มีความสำคัญมากวิธีการหนึ่งในการนำไปใช้งานเพราะวิธีการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบและมีความหลากหลายอย่างมาก อย่างไรก็ตามถ้าหากจะสรุปการประยุกต์ใช้งานโดยทั่วไปแล้วการจับคู่รูปแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ในกรณีหลัก 3 กรณี คือ

เพื่อหาการจัดวางแนวภาพ (Alignment) โปรแกรมจะคำนวณตำแหน่งและแนวการวางตัวของวัตถุที่ทราบโดยการกำหนดตำแหน่งของรูปแบบอ้างอิง (fiducially) โดยการใช้รูปแบบอ้างอิงนี้เป็นจุดอ้างอิงของวัตถุ

เพื่อการวัด (Gauging) ใช้ในการวัดความยาวเส้นผ่านศูนย์กลาง มุมระหว่างเส้นและมิติอื่นที่สำคัญ โดยการประยุกต์ใช้นั้นจะเป็นการวัดเพื่อหาค่าที่ได้จากการวัดภาพว่ามีค่าอยู่ภายในช่วงที่กำหนดหรือไม่ ถ้าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ก็ถือว่าวัตถุนั้นผ่านมาตรฐาน ถ้าค่าที่วัดได้อยู่นอกช่วงที่กำหนดก็ถือว่าวัตถุไม่ผ่านการตรวจสอบ ในกระบวนการดังกล่าวขั้นแรกจะต้องใช้การจับคู่รูปแบบเพื่อมองหาวัตถุที่ต้องการวัดระยะในภาพก่อน จึงดำเนินการวัดต่อไป

เพื่อการตรวจสอบ (Inspection) เป็นการตรวจหาความผิดพลาดง่าย ๆ เช่น ตรวจสอบว่าชิ้นส่วนอยู่ตรงหรือไม่ หรือใช้ดูว่าข้อความที่พิมพ์มานั้นอ่านได้หรือไม่

การจับคู่รูปแบบสามารถนำไปใช้ได้หลายกรณีและสามารถกำหนดตำแหน่งในภาพที่มีความคล้ายกับต้นแบบได้หลายตำแหน่ง ตัวอย่างเช่นการตรวจสอบแผงวงจรเพื่อมองหาวัตถุอ้างอิง ดังแสดงในรูปที่ 2.21a และรูปที่ 2.21b แสดงถึงแผงวงจรและวัตถุอ้างอิงตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าในภาพจะมีวัตถุอ้างอิงทั้งหมด 4 จุด ทั้งนี้เพื่อใช้ในการปรับตำแหน่งและแนววางตัวของแผงวงจร เพื่อสะดวกในการนำชิพหรืออุปกรณ์ติดตั้งลงไปบนแผงวงจรโดยเครื่องจักร



รูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างของการจับคู่รูปแบบ

2.6.1 ลักษณะของโปรแกรมการใช้จับคู่รูปแบบที่ดี

เนื่องจากการจับคู่รูปแบบจะเป็นกระบวนการแรกของการใช้งานการมองเห็นของเครื่องจักร จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่กระบวนการนี้ต้องให้ผลที่มีความน่าเชื่อถือได้ในสภาพที่แตกต่างกันหลายแบบ ในการทำงานของเครื่องจักรอัตโนมัติ การมองหาวัตถุหรือชิ้นส่วนภายใต้การตรวจสอบจะมีการเปลี่ยนแปลงได้จากองค์ประกอบหลายด้าน เช่น ชิ้นส่วนหมุนไปจากแนวการวางตัวเดิม ขนาดของวัตถุเปลี่ยนแปลงไป หรือสภาพแสงที่เปลี่ยนแปลงไป กระบวนการจับคู่รูปแบบจะต้อง

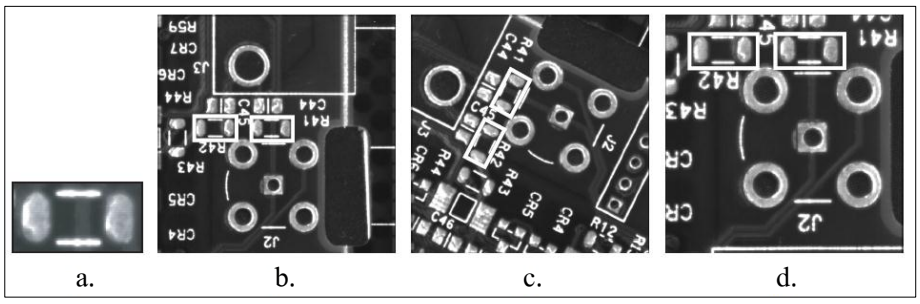
คงความสามารถในการหารูปแบบอ้างอิงในภาพให้ได้ไม่ว่าสภาพของภาพจะเปลี่ยนแปลงไปตามองค์ประกอบที่กล่าวมาแล้ว สำหรับโปรแกรมการจับคู่รูปแบบที่ดีนั้นควรจะต้องให้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำ และจะต้องมีความสามารถทำงานได้ในสภาพต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) รูปแบบเปลี่ยนแนววางตัวและมีหลายรูปแบบในภาพ

ขั้นตอนการจับคู่รูปแบบจะต้องกำหนดตำแหน่งของรูปที่เหมือนในภาพแม้ว่าภาพนั้นจะหมุนไปหรือขยายขึ้น เมื่อรูปแบบมีการหมุนหรือขยายในภาพ เครื่องมือที่ใช้ในการจับคู่จะสามารถตรวจจับข้อมูลต่าง ๆ ต่อไปนี้ได้

- ส่วนในภาพที่ค้นหาที่มีรูปแบบเหมือนกับในภาพอ้างอิง
- ตำแหน่งของภาพที่มีรูปแบบที่เหมือนกับภาพต้นแบบ
- แนวการวางตัวของภาพที่มีรูปแบบเหมือนกับภาพต้นแบบ
- ในกรณีที่มีรูปแบบที่เหมือนหลายส่วนในภาพค้นหา โปรแกรมจะต้องสามารถตรวจจับได้ทั้งหมด

จากรูปที่ 2.22 แสดงตัวอย่างรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้ รูปที่ 2.22a คือภาพของรูปแบบอ้างอิงที่จะให้ค้นหาในภาพที่ตรวจ รูปที่ 2.22b แสดงการตรวจจับรูปแบบที่เหมือนกับภาพต้นแบบ รูปที่ 2.22c แสดงรูปแบบที่เหมือนกับภาพต้นแบบแม้ว่าจะมีแนววางตัวที่แตกต่างออกไป รูปที่ 2.22d แสดงรูปแบบที่เหมือนกับภาพต้นแบบ แม้ว่ามีการขยายภาพ และที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.22b - 2.22d ได้แสดงกรณีที่มีรูปแบบที่เหมือนในภาพมากกว่า 1 ตำแหน่ง

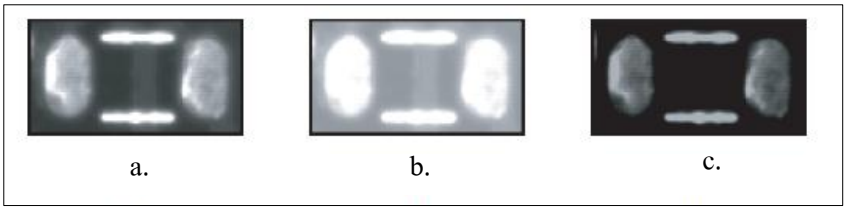


a. b. c. d.

รูปที่ 2.22 แสดงการตรวจจับในสภาพการวางตัวเปลี่ยนไป

2) สภาพแสงจากภายนอกที่เปลี่ยนไป

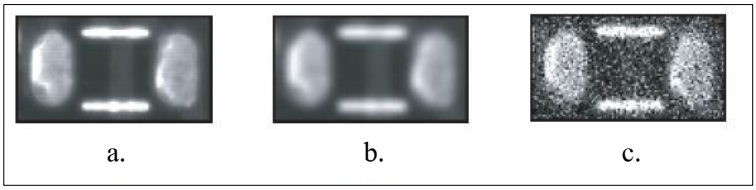
โปรแกรมการจับคู่รูปแบบที่ดีต้องมีความสามารถที่จะหารูปแบบที่เหมือนกับภาพต้นแบบในภาพที่ต้องการค้นหาได้แม้ว่าสภาพแสงในภาพจะเปลี่ยนแปลงหรือแตกต่างจากภาพต้นแบบ จากรูปที่ 2.23 แสดงสภาพแสงที่มักพบได้ทั่วไปที่โปรแกรมการจับคู่รูปแบบจะต้องทำงานให้ถูกต้อง รูปที่ 2.23a แสดงรูปแบบต้นแบบ รูปที่ 2.23b แสดงรูปแบบในภาพค้นหาที่มีความสว่างของภาพมากกว่าต้นแบบ และรูปที่ 2.23c แสดงการตรวจจับรูปแบบที่เหมือนในภาพค้นหาที่มีแสงสว่างน้อยกว่าภาพต้นแบบ



รูปที่ 2.23 แสดงตัวอย่างภาพที่สภาพแสงต่างไป

3) สภาวะที่รูปไม่ชัดหรือมีสัญญาณรบกวน

โปรแกรมการจับคู่รูปแบบจะต้องสามารถหารูปแบบที่ต้องการในภาพได้แม้ว่าภาพจะเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากรูปไม่ชัดหรือมีสัญญาณรบกวน รูปไม่ชัดมักเกิดจากระยะโฟกัสที่ไม่ถูกต้องหรือการเปลี่ยนแปลง Depth of Field ของภาพที่ค้นหาแตกต่างไปจากภาพต้นแบบ จากรูปที่ 2.24 แสดงกรณีที่ภาพไม่ชัดหรือมีสัญญาณรบกวนที่พบได้ทั่วไป รูปที่ 2.24a แสดงรูปแบบต้นแบบ รูปที่ 2.24b แสดงรูปแบบในภาพค้นหาที่มีความชัดเจนต่างออกไปจากภาพต้นแบบ และรูปที่ 2.24c แสดงภาพที่มีสัญญาณรบกวน ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดกระบวนการจับคู่รูปแบบจะต้องสามารถมองหารูปแบบที่เหมือนในภาพค้นหาได้



รูปที่ 2.24 แสดงตัวอย่างของภาพไม่ชัดและมีสัญญาณรบกวน

2.6.2 เทคนิคของการจับคู่รูปแบบ

เทคนิคของการจับคู่รูปแบบมีหลายแบบซึ่งได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามในวิทยานิพนธ์นี้จะขอนำเสนอวิธีการที่ได้รับการเลือกใช้โดยโปรแกรม NI Vision ซึ่งประกอบด้วยวิธีการและรายละเอียดของเทคนิคต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) Normalizing Cross-Correlation

เทคนิคการค้นหาด้วยการใช้วิธีการ Normalizing Cross-Correlation เป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุดในการหารูปแบบที่เหมือนในภาพที่ค้นหากับภาพต้นแบบพื้นฐานทางคณิตศาสตร์จะเป็นการใช้หลักสถิติพิจารณาว่าในภาพค้นหานั้นมีส่วนใดบ้างที่มีรูปแบบเหมือนกับรูปแบบของภาพต้นแบบ อย่างไรก็ตามเนื่องจากพื้นฐานสำหรับการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบในภาพกับภาพค้นหาจะเป็นการใช้คณิตศาสตร์ที่มีการคูณค่าตัวเลขในแต่ละพิกเซลเป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง ทำให้เทคนิคนี้เป็นวิธีการหาความสัมพันธ์ใช้เวลาในการคำนวณและหน่วยความจำมาก วิธีการหลายอย่างที่ต้องการจะลดระยะเวลาการคำนวณลง เช่น การลดขนาดของภาพลงหรืออาจทำได้โดยพยายามกำหนดพื้นที่ค้นหาให้เล็กลงเพื่อให้การค้นหาทำได้รวดเร็วขึ้น

แต่ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยี เช่น MMX มีความสามารถที่ทำการประมวลผลแบบขนาน จึงทำให้เวลาการคำนวณลดลงไปได้มากอีกทั้งเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นทำให้ความเร็วของคอมพิวเตอร์สูงขึ้น จึงสามารถลดระยะเวลาการคำนวณหาความสัมพันธ์ลงไปจากเดิม เทคนิคนี้จึงถือว่าเป็นเทคนิคที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

2) Scale and Rotation-Invariant Matching

เทคนิคการค้นหาด้วยวิธีการ Normalized Cross-Correlation จะเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการค้นหารูปแบบที่คล้ายกันของภาพค้นหากับภาพต้นแบบ เมื่อภาพค้นหานั้นไม่มีการย่อ ขยาย หรือวางตัวในแนวที่หมุนไปจากภาพต้นแบบ โดยปกติ Cross-Correction สามารถที่จะตรวจจับรูปแบบที่เหมือนที่มีขนาดเท่ากันแต่มีมุมหมุนได้ประมาณ 5° ถึง 10° การที่จะใช้วิธีการหาความสัมพันธ์เพื่อตรวจจับรูปแบบขนาดที่แตกต่างและมีมุมหมุนแตกต่างกันออกไประหว่างภาพค้นหาและภาพต้นแบบการใช้วิธีการหาความสัมพันธ์อาจไม่เหมาะสม

สำหรับเทคนิค Scale-Invariant Matching วิธีการนี้สามารถตรวจจับความเหมือนของรูปแบบได้ แม้ว่าภาพทั้งสองจะมีขนาดที่แตกต่างกัน โดยกระบวนการนี้จะทำการเปลี่ยนขนาดของภาพต้นแบบครั้งหนึ่งก่อน จากนั้นจึงใช้วิธีการหาความสัมพันธ์ของภาพต้นแบบกับภาพค้นหา วิธีการดังกล่าวแม้จะตรวจสอบรูปแบบที่มีขนาดที่แตกต่างกันได้แต่ก็จะทำให้เพิ่มเวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพอย่างมาก โดยเฉพาะการทำ Normalizing กรณีของ Rotation จะยุ่งยากมากขึ้นเพราะจะต้องหมุนภาพต้นแบบไปที่ละค่าแล้วจึงหาความสัมพันธ์ ในกรณีนี้เวลาการคำนวณ

อาจทำให้สั้นลงได้ หากผู้ใช้พอที่จะทราบว่ามุมหมุนของภาพที่ตรวจสอบมีค่าเท่าใดเทียบต่อภาพต้นแบบ เพราะจะช่วยให้ตีกรอบการพิจารณาให้แคบลง เพราะไม่เช่นนั้นการหมุนจะต้องทำไปทีละขั้นจนพบรูปแบบที่เหมาะสม ซึ่งจะสิ้นเปลืองเวลาในการทำคำนวณมาก

อีกเทคนิคหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้คือการหา Correction ในโดเมนความถี่โดยภาพทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนค่าจากความเข้มในแต่ละพิกเซลไปอยู่ในโดเมนความถี่โดยใช้ Fast Fourier Transform (FFT) ถ้าภาพต้นแบบและภาพค้นหานี้มีขนาดเท่ากัน วิธีการนี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าการหา Correction ในโดเมนของค่าพิกเซล ในโดเมนความถี่ Correction จะหาได้จากการคูณ FFT ของภาพด้วย Complex Conjugate ของ FFT ของรูปแบบต้นแบบ การทำ Normalizing Cross-Correction ในโดเมนความถี่เป็นเรื่องที่ยาก ดังนั้นจึงไม่เป็นที่นิยม

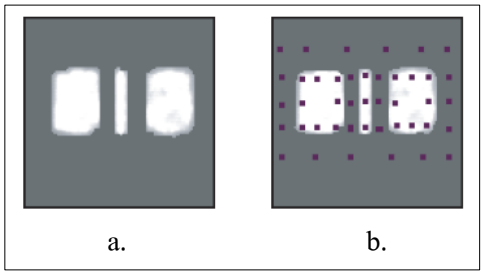
3) Pyramidal Matching

การลดเวลาในการคำนวณเพื่อหารูปแบบที่เหมือนสามารถทำได้โดยลดขนาดของภาพค้นหาและขนาดของภาพต้นแบบลง เทคนิค Pyramidal matching ทั้งภาพค้นหาและภาพต้นแบบจะได้รับการตรวจสอบในโดเมนที่มีความละเอียดต่ำลง ตัวอย่างเช่น การพิจารณาพิกเซลเว้นพิกเซลทำให้ภาพค้นหาและภาพต้นแบบมีขนาดเล็กลงเหลือเพียงหนึ่งในสี่ของภาพเดิม จากนั้นการเปรียบเทียบจะทำในภาพที่ลดขนาดมาแล้วก่อน และเนื่องจากภาพมีขนาดเล็กลงทำให้การค้นหารูปแบบที่เหมือนกับภาพต้นแบบจะเร็วขึ้น เมื่อการเปรียบเทียบเสร็จสิ้น พื้นที่ที่มีค่าลำดับคะแนนความเหมือนสูงจะได้รับการพิจารณาอีกครั้งในรูปต้นแบบที่มีขนาดเดิมซึ่งสามารถช่วยลดระยะเวลาในการค้นหาลงได้

4) Image Understanding

สำหรับวิธีการจับคู่รูปแบบจะเป็นการพิจารณารูปแบบของพิกเซลที่อยู่ในภาพ แต่เนื่องจากรูปภาพส่วนมากจะมีข้อมูลที่ซ้ำกันอยู่ในรูป ดังนั้นการใช้ข้อมูลทั้งหมดในรูปภาพจึงทำให้สิ้นเปลืองเวลาและไม่แม่นยำ การสุ่มเลือกพิกเซลมาพิจารณาอย่างชาญฉลาดจะเป็นวิธีการหนึ่งที่ลดจำนวนพิกเซลที่ต้องพิจารณาลงได้โดยที่ได้ข้อมูลของภาพอย่างครบถ้วนสมบูรณ์

โปรแกรมที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้ NI Vision ซึ่งจะมีวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบไม่มีรูปแบบที่แน่นอน (Non-Uniform Sampling) เพื่อทำความเข้าใจและอธิบายทั้งภาพค้นหาและภาพต้นแบบได้อย่างละเอียด การสุ่มตัวอย่างนี้จะใช้เทคนิคพิเศษในการรวมพิกเซลที่ขอบและพิกเซลในพื้นที่วัตถุเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.25 และนอกจากนี้ NI Vision จึงนำวิธีการนี้มาใช้ร่วมกับโปรแกรม LabVIEW ทำให้การประมวลผลเพื่อที่จะหา Cross-Correction เกิดได้รวดเร็วขึ้น สำหรับโปรแกรมที่ใช้นี้สามารถที่จะตรวจจับรูปแบบที่เหมือนได้เมื่อภาพทั้งสองมีขนาดเปลี่ยนไปในช่วง ±5% และการหมุนตัวในช่วง 0º - 360º ได้อย่างถูกต้อง



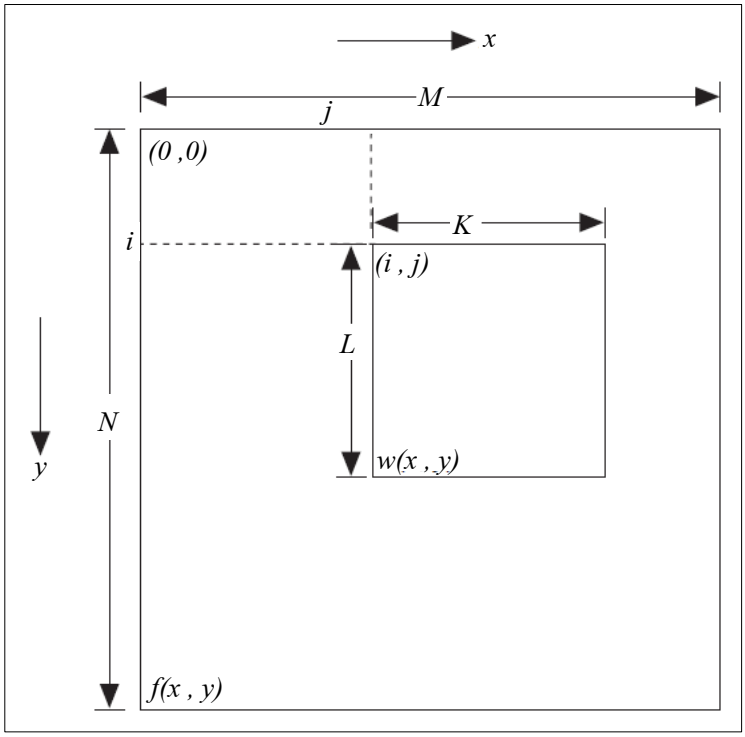
รูปที่ 2.25 แสดงเทคนิคการตรวจจับด้วย Image Understanding

2.6.3 การหาความสัมพันธ์ร่วม

เพื่อที่จะให้เข้าใจถึงคณิตศาสตร์ที่สำคัญในการหาความสัมพันธ์ เริ่มจากพิจารณาส่วนย่อยของภาพที่กำลังพิจารณา $w(x,y)$ ที่มีขนาด $K \times L$ ภายในภาพ $f(x,y)$ ที่มีขนาด $M \times N$ โดย $K \le M$ และ $L \le M$ ความสัมพันธ์ระหว่าง $w(x,y)$ และ $f(x,y)$ ที่จุด (i,j) จะหาได้จาก

$$C(i,j) = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} w(x,y) f(x+i, y+j) \tag{2.1}$$

เมื่อ $i = 0,1,\ldots M-1$ และ $j = 0,1,\ldots N-1$ และผลรวมนั้นหาในช่วงที่พื้นที่ซึ่งฟังก์ชัน $w(x,y)$ และ $f(x,y)$ นั้นทับซ้อนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.26 แสดงให้เห็นกระบวนการหาความสัมพันธ์ สมมุติว่าจุดกำหนดของภาพ $f(x,y)$ อยู่ที่มุมบนซ้าย จากนั้นการหาความสัมพันธ์กับภาพส่วนย่อย $w(x,y)$ ซึ่งเป็นภาพที่เคลื่อนที่ไปได้เรื่อย ๆ รอบภาพหลักหรือภาพค้นหาที่ตำแหน่งที่พิจารณาใด ๆ โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่า C ในพื้นที่ทับซ้อนนั้น โดยการคูณค่าของแต่ละพิกเซลของภาพค้นหากับค่าพิกเซลที่ตำแหน่งเดียวกันของภาพต้นแบบหรือภาพอ้างอิงนี้ จากนั้นรวมค่าทั้งหมดที่เกิดขึ้นในส่วนที่ทับซ้อน จากนั้นก็เปลี่ยนตำแหน่งทับซ้อนไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ค่า C ที่เป็นไปได้ทั้งหมดระหว่างภาพค้นหากับภาพต้นแบบ ค่า C ที่สูงที่สุดจะเป็นค่าที่ทำให้ w และ f มีรูปแบบที่เหมือนกันมากที่สุดที่จะนำไปพิจารณา โดยทั่วไปค่าความสัมพันธ์นี้จะไม่ค่อยแม่นยำบริเวณขอบของรูป



รูปที่ 2.26 แสดงขั้นตอนการหาความสัมพันธ์

การหาความสัมพันธ์แบบพื้นฐานนี้จะอ่อนไหวต่อการที่ภาพค้นหาเปลี่ยนแปลงค่าไปมาก เช่น ความเข้มแสงที่เปลี่ยนไป ตัวอย่างเช่น ถ้าความเข้มของแสงในภาพ f เพิ่มขึ้นเท่าตัว ก็จะทำให้ค่า C เพิ่มขึ้นเท่าตัวเช่นกัน การที่จะปรับแก้ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ สามารถกระทำได้โดย ทำการหาค่า Normalized Correlation Coefficient ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$R(i,j)=\frac{\sum_{x=0}^{L-1}\sum_{y=0}^{K-1}\left(w(x,y)-\bar{w}\right)\left(f(x+i,y+j)-\bar{f}(i,j)\right)}{\left[\sum_{x=0}^{L-1}\sum_{y=0}^{K-1}\left(w(x,y)-\bar{w}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}\left[\sum_{x=0}^{L-1}\sum_{y=0}^{K-1}\left(f(x+i,y+j)-f(i,j)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}} \tag{2.2}$$

โดยที่ $\bar{w}$ เป็นค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มแสงของพิกเซลในรูปต้นแบบ w ซึ่งคำนวณเพียงครั้งเดียว ค่า $\bar{f}$ เป็นค่าเฉลี่ยของ f ในส่วนที่ทับซ้อนกับตำแหน่งปัจจุบัน w โดยค่า $R(i,j)$ นี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 และจะมีค่าเป็นอิสระต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มของ f และ w ดังนั้นค่าที่ได้จึงไม่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับแสงที่ตกกระทบต่อภาพที่จะทำการวิเคราะห์

การจับคู่รูปแบบนั้นเป็นส่วนแรกในกระบวนการวิเคราะห์ภาพ เพื่อทำการค้นหาวัตถุที่ต้องการในภาพที่จับมาได้ หลังจากที่สามารถหาตำแหน่งของวัตถุในภาพได้ครบถ้วนแล้ว ขั้นต่อไปก็จะเป็นกระบวนการวิเคราะห์ด้านอื่น ๆ เช่นนับจำนวน วัดขนาดหรือวัดมิติ เป็นต้น ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

2.7 การวัดมิติ (Dimension Measurements)

ในการใช้การมองเห็นของเครื่องจักรเครื่องมือหนึ่งที่สามารถกระทำได้ ก็คือการใช้ภาพที่จับได้ด้วยคอมพิวเตอร์ทำการวัดมิติด้านต่าง ๆ ซึ่งการวัดมิตินั้นอาจจะเป็นการวัดระยะทางที่ต้องการ การวัดแนวเส้นโค้ง การวัดมุม การวัดพื้นที่ การวัดเส้นในแนวที่ต้องการ หรือส่วนของวงกลมว่าอยู่ในส่วนที่ต้องการหรือไม่ หรือแม้แต่วัดจำนวนของเส้นหรือส่วนโค้ง ทั้งหมดนี้เพื่อใช้ในการตรวจสอบว่าผลิตภัณฑ์มีความสมบูรณ์และรูปทรงตลอดจนมิติต่าง ๆ ว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ ทั้งหมดนี้ก็เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั่นเอง

ส่วนประกอบต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านอิเล็กทรอนิกส์ มักมีขนาดเล็กและมีส่วนประกอบย่อยอยู่เป็นจำนวนมาก แต่จำเป็นที่จะต้องผลิตด้วยความถูกต้องและแม่ยำ การตรวจสอบความสมบูรณ์ของอุปกรณ์เหล่านี้ เช่น สวิตซ์ หรือรีเลย์ หากใช้คนในการตรวจสอบจะเป็นงานที่ต้องการความละเอียดแต่ซ้ำซากและน่าเบื่อ การมองเห็นของเครื่องจักร จากการใช้ NI Vision จะช่วยให้การทำงานในการตรวจสอบนี้สะดวก รวดเร็วและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ในหัวข้อนี้จะเป็นการอธิบายการใช้โปรแกรมในส่วนของ NI Vision เพื่อใช้ในกระบวนการวัดมิติ

เราควรจะใช้เครื่องมือสำหับการวัดมิตินี้ในกรณีที่เราต้องการวัดมิติที่มีความละเอียดอ่อน โดยการวัดมิติของชิ้นส่วนที่ปรากฏอยู่ในภาพ การวัดมิติที่มีความสำคัญและละเอียดนี้บางครั้งเรียก การเกจ (Gauging) ซึ่งสามารถที่จะกระทำได้ทั้งแบบที่กระทำในขณะที่อยู่ในสายการผลิตและเมื่อไม่ได้อยู่ในสายการผลิต ในระหว่างที่อยู่ในสายการผลิตจะเป็นการตรวจสอบหรือการเกจในขณะที่กระบวนการผลิตยังดำเนินไป ผลิตภัณฑ์จะได้รับการตรวจสอบในระหว่างที่จะนำไปสู่กระบวนการประกอบหรือเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป ซึ่งการตรวจสอบในแต่ละขั้นตอนการผลิตถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญในกระบวนการผลิตที่มีการประกอบชิ้นส่วนหลาย ๆ ส่วนอย่างต่อเนื่องและความผิดพลาดของชิ้นส่วนชิ้นหนึ่งอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดจนยอมรับไม่ได้ของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป อีกทั้งการปรับแต่งหรือแก้ไขชิ้นจะทำได้ยากและเสียเวลาในกระบวนการปรับแก้มาก

สำหรับการตรวจสอบแบบที่ผลิตภัณฑ์ไม่ได้อยู่ในสายการผลิตนิยมกระทำในกรณีที่จะทำการสุ่มตรวจความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ ว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด อาจจะใช้ในการวัดระยะห่างของการดัดงอชิ้นงาน หรือระยะห่างของรอยตัดแยกเพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่าน

กระบวนการที่จำเป็นแล้วมีมิติที่ถูกต้องตรงตามข้อกำหนดของชิ้นงานนั้น การเกจนี้จะทำให้เราได้ข้อมูลเหล่านั้นในระยะเวลาที่สั้นและมีความน่าเชื่อถือสูงเมื่อเทียบกับการวัดด้วยสายตาของมนุษย์

2.7.1 หลักการของการวัดด้วยภาพ

กระบวนการเกจประกอบด้วยกระบวนการหลัก ๆ จำนวน 4 กระบวนการ

1) กำหนดตำแหน่งของส่วนประกอบหรือชิ้นงานในภาพ

ในกระบวนการเกจจะต้องหาพื้นที่ที่จะต้องทำการตรวจวัดเสียก่อน เพราะกระบวนการวัดเป็นกระบวนการที่ต้องการความละเอียด จึงไม่สามารถจะทำการตรวจวัดภาพทั้งภาพได้ หากเป็นการหาพื้นที่ที่สนใจ (Region of Interest, ROI) ดังนั้นในการที่จะใช้วิธีการนี้ส่วนของวัตถุที่ต้องการการตรวจสอบจะต้องอยู่ในพื้นที่ ROI นี้เสมอ

โดยทั่วไปในการตรวจสอบชิ้นส่วนนั้น ชิ้นส่วนที่อยู่ในกระบวนการประกอบจะมีตำแหน่งที่หลากหลาย มีการหมุนไปจากแนวที่วางไว้หรือมีตำแหน่งที่เยื้องออกไปจากแนวที่ตั้งไว้ในตอนแรก ดังนั้น ROI ก็มีความจำเป็นที่จะต้องหมุนหรือเคลื่อนที่ออกไป ตามที่วัตถุนั้นเคลื่อนที่ไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดวัตถุในภาพก่อน จากนั้นจึงทำการกำหนด ROI ในภาพที่ได้ แล้วจึงกำหนดระบบพิกัดใน ROI นั้น การกำหนดพิกัดเพื่อหาตำแหน่ง x, y และมุมหมุนของระบบแกนนั้น จากนั้นใช้ฟังก์ชันที่มีอยู่ในโปรแกรมทำการหาความสัมพันธ์ของระบบแกนที่ได้ กับระบบแกนอ้างอิงของรูปภาพ ซึ่งการค้นหาวัตถุและระบบแกนนี้เราอาจใช้วิธีการการตรวจจับขอบหรือการจับคู่รูปแบบก็ได้

2) กำหนดรูปลักษณะสำคัญในส่วนของชิ้นงาน

เพื่อที่จะสามารถตรวจวัดวัตถุได้ ขั้นแรกจะเป็นการค้นหาจุดอ้างอิง หรือพื้นที่สำคัญในวัตถุนั้นก่อน เพื่อที่จะได้เป็นส่วนที่ใช้อ้างอิงในการวัดระยะหรือวัดมุมในแนวที่ต้องการ ในการวัดส่วนมากแล้วจะเป็นการวัดระยะจากจุดถึงจุดที่ตรวจจับได้บนภาพ หรือมีรูปทรงที่เหมือนกับจุดที่ต้องการทำการตรวจจับ ส่วนประกอบของวัตถุสำคัญที่จะนำมาใช้ในการตรวจวัดนั้นจะนำมาจากวิธีการหลักสองวิธีคือ

- วิธีการหาขอบเขตของวัตถุตลอดทั้งรูปวัตถุ โดยกระบวนการค้นหาขอบ
- วิธีการกำหนดรูปทรงหรือรูปแบบของวัตถุ โดยใช้วิธีการจัดคู่รูปแบบ

3) ทำการวัด

ในการวัดภาพในพื้นที่ที่สนใจ จะมีวิธีการวัดได้หลายวิธี ซึ่งการวัดที่พบเห็นได้ทั่วไปประกอบด้วยการวัดระยะระหว่างจุด วัดมุมระหว่างเส้นตรงสองเส้น เส้นตรง วงกลมหรือวงรีที่ตรงกับจุดที่ตรวจวัดได้มากที่สุด รวมถึงพื้นที่ตามรูปทรงเรขคณิตตามที่กำหนด เช่นตรวจสอบรูปทรงที่เป็นวงกลม วงรีหรือรูปหลายเหลี่ยม ดังนั้นสิ่งสำคัญของกระบวนการวัดนี้ จำเป็นที่จะต้อง

หาจุดตามขอบเขตให้ได้ก่อน จากนั้นใช้วิธีทางคณิตศาสตร์เพื่อหาเส้นหรือส่วนโค้งที่เหมาะสมที่สุดกับกลุ่มจุดนั้น จากนั้นจึงดำเนินการวัดต่อไป

4) การตรวจสอบและจำแนกผลการวัด

ขั้นตอนสุดท้ายของการเกจจะเป็นการหาคุณภาพของของการวัดชิ้นส่วนตามที่ได้พิจารณาจากภาพ การพิจารณาคุณภาพของชิ้นส่วนที่ทำการวัดกับรูปภาพต้นแบบนั้นสามารถกระทำได้ทั้งด้วยวิธีการเปรียบเทียบแบบสัมพัทธ์และเปรียบเทียบแบบสัมบูรณ์ ในการประยุกต์ใช้งานในหลาย ๆ ด้าน กระบวนการวัดได้กระทำบนภาพที่ได้จากการตรวจสอบแล้วนำมาเปรียบเทียบกับภาพที่ได้จากลักษณะเดียวกันแต่เป็นชิ้นส่วนที่ได้มาตรฐาน หรืออาจได้จากภาพอ้างอิงมาตรฐาน ดังนั้นเนื่องจากการวัดทั้งหมดมาจากกระบวนการตรวจสอบจริง ทำให้สามารถที่จะตรวจสอบชิ้นส่วนในขณะนั้นเทียบกับภาพของชิ้นส่วนมาตรฐานได้โดยตรง การเปรียบเทียบเช่นนี้จึงเป็นการเปรียบเทียบสัมพัทธ์กับรูปแบบมาตรฐาน ส่วนในบางกรณีมิติที่ตรวจวัดได้จะต้องนำค่าที่ตรวจวัดได้มาเทียบกับค่ามาตรฐาน ดังนั้นค่าที่วัดได้จากภาพ จะต้องนำมาเปลี่ยนให้เป็นค่าในมิติที่เป็นจริง เช่น ความยาวต้องมีหน่วยเป็น นิ้ว หรือ เมตร ไม่ใช่พิกเซล เป็นต้น ดังนั้นจะต้องมีการเปรียบวัดค่าก่อน จากนั้นจึงนำค่าที่เปรียบวัดและปรับเปลี่ยนให้เป็นมิติจริงแล้วนำมาตรวจสอบกับค่ามาตรฐาน การเปรียบเทียบค่าเช่นนี้จึงถือเป็นการเปรียบเทียบค่าแบบสัมบูรณ์

2.7.2 การกำหนดระบบพิกัดในการวัด

ในการประยุกต์ใช้งานของการมองเห็นด้วยเครื่องจักรในด้านการวัดนั้น การทำการวัดจะนำออกมาจากภาพที่อยู่ในส่วนของ ROI ไม่ใช่ภาพทั้งหมด ดังนั้นวัตถุที่ต้องการวัดนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรากฏอยู่ใน ROI เพื่อที่เมื่อนำ ROI ไปตรวจสอบแล้ว จะได้ค่าที่ต้องการวัดอย่างถูกต้องและแม่นยำ

ในกรณีที่ตำแหน่งและการวางตัวของวัตถุที่ต้องการจะทำการวัดนั้นอยู่ในตำแหน่งและแนวเดิมตลอดเวลา การวัดจะสามารถทำได้โดยตรงทันที โดยไม่ต้องมีการกำหนดตำแหน่งของวัตถุใหม่ เพราะเราสามารถกำหนด ROI ไว้และวัตถุที่ต้องการจะวัดจะเข้ามาบรรจุใน ROI ในทุกภาพที่เราทำการวัด

อย่างไรก็ตามในหลายกรณีวัตถุที่จะทำการตรวจวัดไม่ได้อยู่ที่ตำแหน่งคงที่หรือวางตัวในแนวคงที่เสมอไป ทำให้พื้นที่ที่จะต้องการค้นหาจะเปลี่ยนตำแหน่งไปตามภาพที่จัดได้ ซึ่งพื้นที่ค้นหาจะต้องได้รับการกำหนดพิกัดเทียบกับระบบแกนหลักของรูป โดยระบบแกนอ้างอิงจะต้องมีจุดกำเนิดอ้างอิง และแนวการวางตัวของแกนแกนหนึ่งว่าให้อยู่ในแนวใด

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการใช้ระบบพิกัดในทุกครั้งที่มีการคาดการว่าภาพที่เราจับมาจากกล้องนั้นจะไม่ได้ตำแหน่งและการวางตัวของวัตถุที่ต้องการทำการวัดที่มีค่าแน่นอนเสมอไป

การใช้ระบบพิกัดอาจใช้เพื่อการกำหนดระบบแกนอ้างอิงเทียบกับวัตถุที่ต้องการตรวจวัด จากนั้นจึงกำหนดพื้นที่ค้นหาเทียบกับระบบแกนอ้างอิงก็ได้เช่นกัน

สำหรับหลักการของใช้ระบบแกนจะมีหลักสำคัญดังนี้คือ ระบบแกนจะสร้างขึ้นมาทุกครั้งที่ทำการวัด และค่าที่ทำการวัดจะวัดเทียบกับระบบแกนอ้างอิง ดังนั้นระบบแกนที่สร้างขึ้นจะมีลักษณะที่เหมาะสมกับการใช้วัดวัตถุที่เราต้องการ ดังในขั้นแรกของการวัดจะต้องทำการตรวจสอบภาพและหาส่วนประกอบสำคัญในวัตถุที่จะใช้อ้างอิง และควรจะเลือกส่วนที่สำคัญของวัตถุในภาพที่คาดว่าโปรแกรมน่าจะสามารถค้นหาวัตถุได้ในทุกภาพที่ทำการถ่ายมา และไม่ควรจะเลือกส่วนในวัตถุนี้อาจเกิดความผิดพลาดจากกระบวนการผลิตได้ง่ายเพราะจะทำให้โปรแกรมไม่สามารถที่จะหาจุดอ้างอิงได้ถ้ากระบวนการผลิตนั้นผิดพลาดไป

จากนั้นให้กำหนด ROI ที่มีส่วนสำคัญที่เลือกบรรจุอยู่ เพื่อให้โปรแกรมทำหน้าที่ค้นหาส่วนประกอบสำคัญ การเลือก ROI ก็เพื่อไม่ให้โปรแกรมไปค้นหาแล้วพบส่วนอื่นในภาพที่มีลักษณะคล้ายกับส่วนที่จะต้องการใช้อ้างอิง และการกำหนด ROI ให้มีขนาดเล็กลงก็จะสามารถช่วยให้การค้นหาและการทำงานของโปรแกรมสั้นลงอีกด้วย

ส่วนขั้นตอนต่อไปก็คือการทำการวัด โดยค่าที่วัดได้จะเป็นค่าที่เปรียบเทียบกับระบบแกนใหม่ที่สร้างขึ้นมา แม้ว่ารายละเอียดในการวัดในแต่ละสถานการณ์จะไม่เหมือนกัน แต่ขั้นตอนทั่ว ๆ ไปของการทำการวัดจะเป็นดังนี้

1) กำหนดระบบแกนที่จะใช้

2) กำหนดพื้นที่ค้นหา ที่บรรจุรูปลักษณ์หลักของวัตถุในภาพ เทียบกับระบบแกนที่กำหนดขึ้น การเลือกพื้นที่ค้นหาให้แน่ใจว่าได้ครอบคลุมส่วนสำคัญทั้งหมดที่ต้องการ

3) กำหนดรูปลักษณ์อ้างอิงหลักขึ้นมาในวัตถุที่ต้องการจะตรวจสอบ รูปลักษณ์นี้จะทำหน้าที่เป็นเหมือนฐานที่ใช้ในการอ้างอิงระบบแกน ในภาพต้นแบบ วิธีการที่จะค้นหาส่วนสำคัญเหล่านี้มีวิธีการหลักสองวิธีคือ การค้นหาขอบและการใช้วิธีการจับคู่รูปแบบ

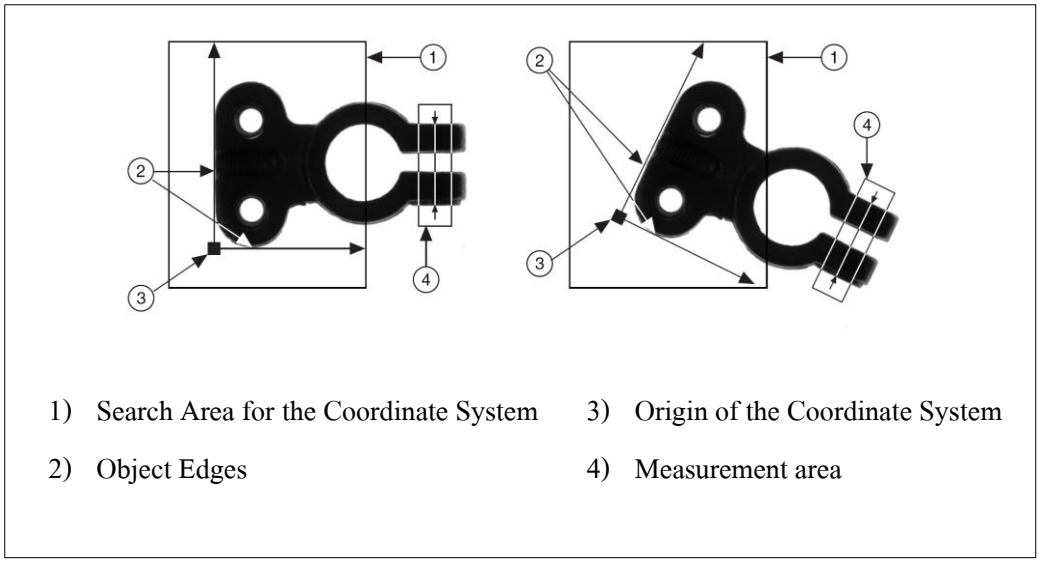
4) กำหนดพื้นที่การวัดในภาพอ้างอิงขึ้นมา

5) ทำการถ่ายภาพและนำภาพที่ต้องการตรวจสอบวัตถุในภาพ

6) ปรับปรุงระบบแกน โดยในกระบวนการนี้โปรแกรม NI Vision จะมองภาพรูปลักษณ์ที่สำคัญในพื้นที่ค้นหาของภาพที่จะทำการตรวจสอบ และเมื่อพบแล้วก็จะทำการสร้างระบบแกนขึ้นมาใหม่ให้สอดคล้องกับภาพที่หาพบ

7) ทำการวัดภายในพื้นที่ค้นหาที่พบใหม่ในภาพที่นำมาวิเคราะห์ หรือทำการวัดโดยโปรแกรมจะทำการคำนวณความแตกต่างของระบบแกนในภาพอ้างอิงและระบบแกนในภาพที่ทำการวัดเพื่อหาความแตกต่าง ๆ และความสัมพันธ์ระหว่างทั้งสองระบบแกน

จากรูปที่ 2.27 เป็นการแสดงกระบวนการวัดระยะของโปรแกรม รวมถึงวิธีการกำหนดระบบแกนด้วย โดยรูปที่ 2.27a จะเป็นภาพต้นแบบและมีการกำหนดตำแหน่งที่สำคัญของรูป กำหนดจุดกำเนิดของระบบแกน ซึ่งคือจุด 3 ในรูป เมื่อนำโปรแกรมไปใช้งานวัตถุที่ตรวจจับมีตำแหน่งและแนววางตัวที่เปลี่ยนไป อย่างไรก็ตามการกำหนดจุดสำคัญในภาพนั้นยังอยู่ในพื้นที่ค้นหาซึ่งก็คือในกรอบสี่เหลี่ยมหมายเลข 1 ในภาพ ดังนั้นเมื่อใช้วิธีการค้นหาที่พบจุดสำคัญแล้ว โปรแกรมจะทำการวางระบบแกนใหม่และจุดอ้างอิงต่าง ๆ ใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 2.27b เพื่อจะทำการวัดระยะที่ต้องการ ซึ่งในที่นี้ระยะที่ต้องการวัดจะอยู่ในพื้นที่กรอบหมายเลข 4 นั่นเอง



1) Search Area for the Coordinate System
2) Object Edges
3) Origin of the Coordinate System
4) Measurement area

รูปที่ 2.27 แสดงการกำหนดระบบแกนและพื้นที่ค้นหาเพื่อการวัด

รายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการวัดระยะโดยใช้ภาพนั้นยังมีรายละเอียดเพิ่มเติมอีก อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปแกรมสำเร็จรูป และได้เลือกฟังก์ชันการทำงานจากโปรแกรมบางส่วนเท่านั้น ดังนั้นรายละเอียดอื่น ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอนำเสนอในส่วนของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เพื่อให้เข้าใจว่าในส่วนของการประยุกต์ใช้งานนั้นผู้วิจัยได้ใช้วิธีการใดบ้างและโปรแกรมที่ใช้นั้นมีข้อดีและข้อเสียเช่นไร ซึ่งทั้งหมดจะกล่าวถึงในบทต่อไป

2.8 การควบคุมด้วยพีแอลซี

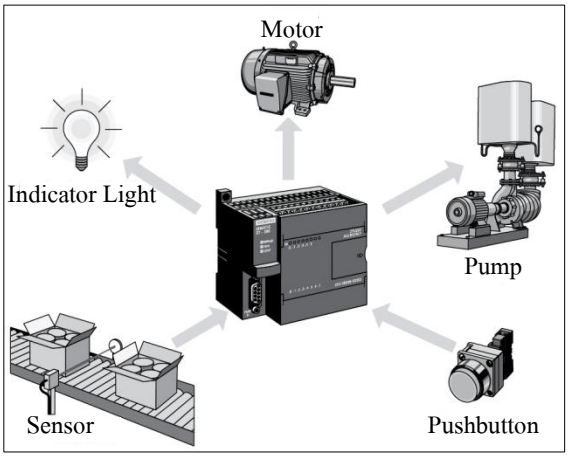
เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ใช้พีแอลซี เป็นอุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนที่ของกลไกที่ใช้ในการจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ดังนั้นในหัวข้อนี้จะเป็นการกล่าวถึงพื้นฐานการทำงานของพีแอลซีในเบื้องต้น

พีแอลซีเริ่มพัฒนาครั้งแรกในช่วงปี ค.ศ. 1968 เพื่อตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศสหรัฐอเมริกา และเริ่มติดตั้งเพื่อใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมการผลิตในปี ค.ศ. 1969 ซึ่งในช่วงแรกนี้ตรรกะหรือ Logic ที่ใช้ยังไม่ซับซ้อนมากและจะเน้นไปที่ On-Off Control

ในเวลาต่อมา พีแอลซีก็ได้มีการพัฒนาขึ้น สามารถที่จะใช้ควบคุมอุปกรณ์ได้หลากหลายมากขึ้น สามารถที่จะส่งและรับสัญญาณที่มีค่าแรงเคลื่อนที่แตกต่างกันได้ ซึ่งทำให้ พีแอลซีก้าวเข้าสู่ช่วงที่สามารถรับและจ่ายสัญญาณอนาลอก (Analog Input/Output) ได้ ส่วนในช่วงยุคปี ค.ศ. 1980 ได้มีการกำหนดมาตรฐานสำหรับพีแอลซีที่รู้จักกันในชื่อ Manufacturing Automation Protocol (MAP) และมีการลดขนาดของ พีแอลซีให้เล็กลง นอกเหนือจากนั้นยังได้เริ่มมีการใช้โปรแกรมช่วยในการเขียนคำสั่งบน PC ในลักษณะของสัญลักษณ์ หรือ Symbolic Programming ทำให้สามารถที่จะทำการโปรแกรมได้โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์พ่วงต่อที่เขียนชุดคำสั่งลงไปบนพีแอลซี

ในยุคปี ค.ศ. 1990s เราได้พบเห็นการนำเสนอลักษณะการทำงาน กระบวนการทำงานและฟังก์ชันใหม่ ๆ ที่ใช้งานกับพีแอลซีซึ่งการพัฒนาเหล่านี้เกิดจากการแข่งขันของบริษัทผู้ผลิต ที่พยายามที่จะให้อุปกรณ์ของตนเองใช้งานได้ตรงตามความต้องการของลูกค้าให้มากที่สุด แต่เพื่อให้การพัฒนา พีแอลซียังคงอยู่ในมาตรฐานที่ยอมรับกันได้ทั่วโลก จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานขึ้น โดยล่าสุดได้มีการกำหนดมาตรฐาน “IEC 1131-3” ซึ่งพยายามรวมภาษาการเขียนโปรแกรมพีแอลซีให้เป็นมาตรฐาน ซึ่งในปัจจุบันนี้ ภาษามาตรฐานของ พีแอลซีได้แก่ Function Block Diagrams Instruction Lists C และ Structured Text ซึ่งการที่ผู้ใช้จะเลือกใช้วิธีการเขียนอย่างไรนั้นก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความถนัดของผู้ใช้เป็นสำคัญ

สิ่งที่ทำให้ พีแอลซีเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในแวดวงอุตสาหกรรมอัตโนมัติและได้นำมาใช้งานในงานวิจัยนี้ ก็เพราะ อุปกรณ์นี้มีความทนทาน ทนต่อสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดี มีชุดอินพุทและเอาท์พุท บรรจุรวมเข้าอยู่กับชุดควบคุม และการเขียนชุดคำสั่งหรือภาษาที่ใช้นั้นง่ายต่อความเข้าใจ อุปกรณ์ต่างที่เชื่อมต่อกับพีแอลซี ดังแสดงในรูปที่ 2.28



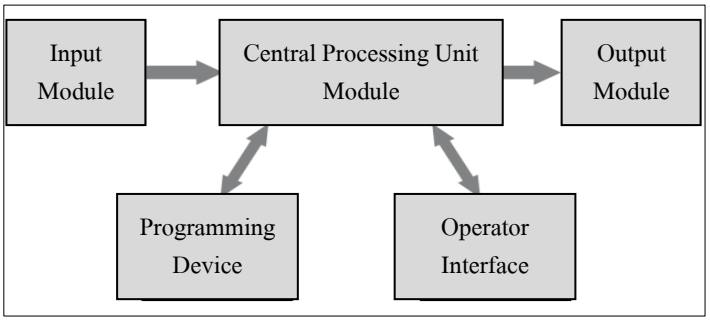
รูปที่ 2.28 แสดงอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับพีแอลซีเพื่อใช้ในการควบคุม

2.8.1 หลักการทำงานพื้นฐานของ พีแอลซี

ในการทำงานของ พีแอลซีจะมีส่วนประกอบอยู่หลายส่วนที่ทำงานสอดคล้องและประสานกัน สำหรับส่วนประกอบหลักของ พีแอลซีจะประกอบด้วยส่วนหรือ Module ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- โมดูลอินพุท (Input Modules)
- หน่วยประมวลผลกลาง หรือ Central Processing Unit (CPU)
- โมดูลเอาท์พุท (Output Modules)
- อุปกรณ์ใช้ในการโปรแกรม (Programming Device)

ซึ่งการเชื่อมโยงการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ นี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.29 และนอกเหนือจากส่วนประกอบหลักนี้แล้ว พีแอลซียังมีส่วนประกอบที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงหรือประสานการทำงานของเครื่องร่วมกับผู้ใช้หรือ Operator Interface ร่วมอยู่ด้วย สำหรับรายละเอียดและหน้าที่หลักของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วจะมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.29 แสดงส่วนประกอบของพีแอลซี

1) โมดูลอินพุท

ลักษณะและประเภทของโมดูลอินพุทนี้จะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของข้อมูลที่จะส่งให้กับ พีแอลซีที่พบเห็นมากที่สุดจะเป็น DC voltage Digital Input หรือ Discrete Input คือจะเป็นการจ่ายไฟที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าหนึ่ง อาจจะเป็น 5 หรือ 24 volt หรือไม่มีการจ่ายไฟให้ ซึ่งก็หมายความว่าเราจะได้ตรรกะของอินพุท (Logical Input) เป็นเปิด (ON) หรือปิด (OFF) จากโมดูลอินพุทนี้ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเริ่มพบเห็น พีแอลซีที่รองรับอินพุทที่เป็นอนาลอกมากขึ้น นั่นคือสามารถที่จะตรวจจับปริมาณไฟที่เข้ามาที่ช่องสัญญาณว่ามีปริมาณเท่าใดแทนที่จะตรวจจับเพียงแต่ว่ามีหรือไม่มีไฟมาที่ช่องสัญญาณ ซึ่งจะทำให้สามารถตรวจจับอุณหภูมิ ความดัน หรือปริมาณอื่น ๆ ได้ ซึ่งทำให้ระบบการควบคุมจะสมบูรณ์และซับซ้อนมากขึ้นได้

2) หน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลางนี้ มีหน้าที่ประมวลผลที่ได้รับ โดยจะเริ่มจากการที่รับเอาข้อมูลจากโมดูลอินพุททั้งหมดเข้ามาพิจารณา จากนั้นก็จะมีการประมวลตามตรรกะที่กำหนดไว้โดยโปรแกรม จากนั้นหน่วยประมวลผลกลางนี้จะทำหน้าที่ตัดสินใจ ทำการสั่งการ โมดูลเอาท์พุทให้เปิดหรือปิดส่องสัญญาณต่าง ๆ

สำหรับในหน่วยประมวลผลกลางนี้จะทำหน้าที่เหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไป คือจะมีหน่วยย่อย ๆ ประกอบอยู่ด้วยเช่นหน่วยความจำทั้ง ROM และ RAM นอกเหนือจากนั้นยังมีหน้าสัมผัสแบบต่าง ๆ เช่น ชุด Control Relay Special Relay Contacts และอื่น ๆ อีกมาก แต่เราจะไม่ขอกล่าวถึงในรายละเอียดในที่นี้

3) โมดูลเอาท์พุท

หน้าที่หลักของส่วนโมดูลเอาท์พุทนี้ จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณที่ได้รับในการตัดสินใจของหน่วยประมวลผลกลาง ให้กลายเป็นสัญญาณควบคุมที่จะส่งออกไปทางช่องสัญญาณของโมดูลเอาท์พุทนี้ สำหรับช่องสัญญาณนี้อาจจะเป็นช่องสัญญาณแบบดิจิตอล

(Digital) คือมีเฉพาะสัญญาณเปิดหรือปิดเท่านั้น หรือจะเป็นสัญญาณแบบอนาลอกที่สามารถปรับค่าต่าง ๆ ให้เข้าหรือออกจากอุปกรณ์นี้ได้ตามความต้องการ

4) อุปกรณ์ใช้ในการโปรแกรม

อุปกรณ์เขียนและแก้ไขโปรแกรม หรืออุปกรณ์ในการเขียนโปรแกรมนี้เป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการเขียนชุดคำสั่งที่ผู้ใช้ต้องการเข้าสู่เครื่อง พีแอลซีหรือทำหน้าที่ดึงโปรแกรมที่บรรจุอยู่ในหน่วยประมวลผลกลาง CPU ของ พีแอลซีออกมาสู่เครื่องนี้ นอกเหนือจากนี้ในบางรุ่นยังสามารถที่จะทำหน้าที่ตรวจสอบสภาวะการทำงานของ พีแอลซีว่าสามารถที่จะทำงานได้ตามที่ผู้เขียนโปรแกรมต้องการหรือไม่

5) การประมวลผลของพีแอลซี Processing

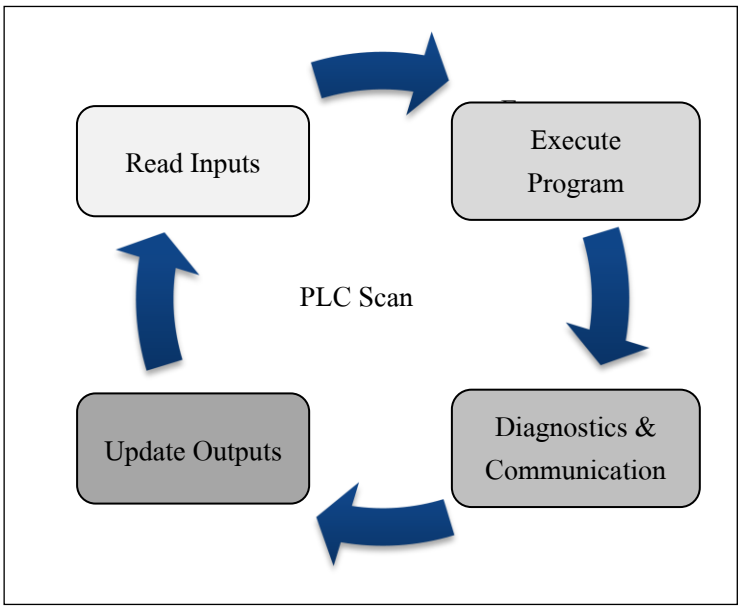
เมื่อมีส่วนประกอบหลายส่วนในพีแอลซี จึงต้องมีการกำหนดกระบวนการการทำงานของพีแอลซีเอาไว้ ขั้นตอนการทำงานของพีแอลซีนั้นจะมีอยู่ 2 โหมด (Mode) คือ

Edit Mode คือโหมดที่ผู้ใช้จะทำการเขียนโปรแกรมหรือแก้ไขโปรแกรม ซึ่งในระหว่างที่อยู่ในโหมดนี้เครื่องจะไม่มีการรับข้อมูลจากอินพุทมาทำการวิเคราะห์ หรือส่งข้อมูลใด ๆ ออกไปทางช่องเอาท์พุท

Run Mode คือโหมดที่เครื่องจะทำงานตามที่ได้โปรแกรมไว้ โดยระหว่างที่อยู่ในโหมดนี้ จะไม่สามารถที่จะแก้ไขโปรแกรมได้ และสำหรับในบางผู้ผลิตจะมีโหมดการเฝ้าตรวจ (Monitor Mode) เพิ่มขึ้นมา โหมดนี้จะเป็นส่วนพิเศษเพิ่มเติมของ Run Mode โดยจะเพิ่มการแสดงผลสภาวะต่าง ๆ ของ พีแอลซีในขณะนั้นให้เราทราบไปพร้อมกับการทำงานของเครื่องไปด้วย

เมื่ออยู่ใน Run Mode การทำงานของ พีแอลซีเริ่มจากเปิดเครื่องมีขั้นตอนดังนี้ และลักษณะการทำงานของ พีแอลซี ดังแสดงในรูปที่ 2.30

- ลบคำสั่งเดิมที่โมดูลเอาท์พุท
- ดึงข้อมูลจากโมดูลอินพุท เข้ามาและประมวลสัญญาณทั้งหมดส่งให้หน่วยประมวลผลกลาง
- หน่วยประมวลผลกลางรับข้อมูลอินพุท แล้วเปรียบเทียบกับตรรกะของโปรแกรม แล้ววิเคราะห์ว่าจะต้องดำเนินการเช่นไรบ้าง จากนั้นก็จะส่งสัญญาณตามข้อกำหนดที่วิเคราะห์ให้กับโปรแกรม ส่งไปให้กับโมดูลเอาท์พุท
- โมดูลเอาท์พุทรับข้อมูลจากหน่วยประมวลผลกลางจากนั้นจะแปลงสัญญาณคำสั่งไปเป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของชุดเอาท์พุทตามที่กำหนด
- เมื่อครบรอบการทำงานนี้จะถือว่า พีแอลซีทำงานครบหนึ่งรอบหรือหนึ่ง Scan จากนั้นก็จะเริ่มรอบทำงานต่อไป โดยกลับเข้าไปอ่านสภาวะของอินพุทว่ามีสภาวะเป็นอย่างไร



รูปที่ 2.30 แสดงรอบการทำงานหนึ่งรอบของพีแอลซี

6) การกำหนดตำแหน่ง

ช่องสัญญาณอินพุทหรือ เอาท์พุท แต่ละช่องจะต้องมีชื่อหรือหมายเลขกำกับ เพื่อที่จะได้ทราบถึงความแตกต่างรวมทั้งอุปกรณ์ภายในที่ประเภทรีเลย์ (Relay) ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในหน่วยประมวลผลกลาง ล้วนแต่จะต้องมีหมายเลขหรือชื่อกำกับด้วยกันทั้งสิ้น ซึ่งเราจะเรียกการกำหนดตัวเลขหรือตัวอักษรนั้นว่า Addressing ซึ่งการกำหนดนี้จะมีลักษณะของการกำหนด เป็นหมายเลขหรือตัวอักษรที่แสดงถึงช่องสัญญาณ หรือแสดงช่องสัญญาณ จากนั้นจะตามด้วยหมายเลขบิตหรือหมายเลขอุปกรณ์ที่อยู่ในช่วงสัญญาณนั้น ยกตัวอย่างเช่นอาจกำหนดหมายเลขอุปกรณ์แบบอินพุท 007 ก็หมายถึงว่าเป็นช่องสัญญาณในด้านอินพุทและเป็นอุปกรณ์หมายเลข 007 ในช่องสัญญาณนั้น

เนื่องจากมีผู้ผลิต พีแอลซีหลายบริษัทที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรมในประเทศของเรา และผู้ผลิตแต่ละรายจะมีการกำหนดรายละเอียดของการกำหนดตำแหน่งนี้จะแตกต่างกันออกไป นอกเหนือจากนี้จำนวนตำแหน่งของผู้ผลิตรายเดียวกันแต่รุ่น พีแอลซีที่แตกต่างกันออกไปก็อาจจะแตกต่างกัน หรือมีจำนวนไม่เท่ากัน ซึ่งจะไม่ขอกล่าวถึงในรายละเอียดในที่นี้

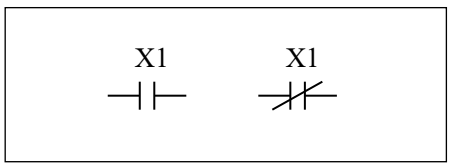
2.8.2 การโปรแกรมพีแอลซี

การจะโปรแกรมพีแอลซีนั้นในยุคแรกอาจมีวิธีการไม่มากนัก แต่ในยุคหลังนี้มีวิธีการให้เลือกเขียนได้หลายวิธีตามที่เราได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้แล้ว แต่ในเอกสารที่เราจะกล่าวถึงต่อไปนี้จะให้ความสำคัญเพียงสองประเภทคือการเขียนโปรแกรมขั้นบันไดหรือ Ladder Diagram

ซึ่งสำหรับผู้ที่คุ้นเคยกับการเขียนวงจรไฟฟ้าจะเรียนรู้การเขียนขั้นบันไดมากกว่า และสำหรับผู้ผลิตแต่ละรายถึงแม้จะมีการกำหนดตำแหน่งที่แตกต่างกัน แต่ในการเขียนโปรแกรมขั้นบันไดนี้จะมีความคล้ายคลึงกันมาก สำหรับแบบที่ 2 จะเป็นการเขียนแบบชุดคำสั่ง ซึ่งวิธีการนี้เป็นการใช้ตัวหนังสือทั้งหมด ด้วยวิธีการนี้ผู้เขียนจะสามารถเขียนโปรแกรมโดยใช้อุปกรณ์พ่วงต่อ เช่น Programming Console แก้ไขได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว ข้อเสียคือในโปรแกรมที่ซับซ้อนนี้ต้องอาศัยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในการแก้ไข และแต่ละผู้ผลิตจะมีการกำหนดวิธีการเขียนแบบชุดคำสั่ง (Instruction Code) ที่แตกต่างกันออกไปโดยสิ้นเชิง ลักษณะการเขียนโปรแกรมทั้งสองแบบเราจะกล่าวถึงต่อไป

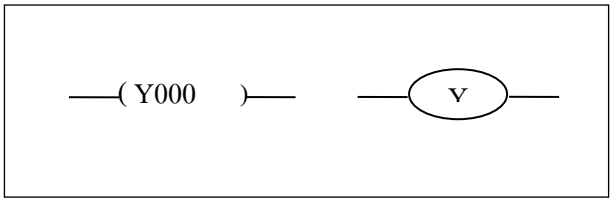
การเขียนโปรแกรมขั้นบันได เป็นการเขียนแผนผังกำหนดการทำงานของพีแอลซี ซึ่งถ้าพิจารณาแล้วก็เป็นการพัฒนามาจากการเขียนแผนภาพวงจรทางไฟฟ้านั่นเอง เพียงแต่การเขียนจะมีการจัดระเบียบมากกว่า ทำให้มีรูปแบบเป็นขั้นบันได เราจึงเรียกมันว่า Ladder Diagram สัญลักษณ์ที่เราจะใช้กับ Ladder Diagram จะประกอบด้วย Contact Coil และ Box เป็นหลัก ซึ่งรายละเอียดของแต่ละตัวเป็นดังนี้คือ

1) Contact จะแสดงเป็นหน้าสัมผัส เหมือนกับการเขียนวงจรไฟฟ้าทั่วไป ซึ่งจะประกอบด้วยหน้าสัมผัส 2 แบบคือ Normally Closed และ Normally Open ซึ่งจะมีสัญลักษณ์ดังแสดงในรูปที่ 2.32 ซึ่ง Relay แต่ละตัวที่เราเรียกใช้เราอาจจะเลือก ที่เป็นแบบ NO หรือ NC หรือจะเรียกใช้ทั้งสองแบบในวงจรเดียวกันก็ได้ สำหรับในการเขียนโปรแกรมนั้น หน้าสัมผัสจะต้องมีหมายเลข Address ของหน้าสัมผัสนั้นประกอบอยู่ด้วย ซึ่งจากรูปที่ 2.31 จะเป็นการกำหนดว่าเป็นหน้าสัมผัสของ Input Relay แบบปกติเปิด X0 และหน้าสัมผัส Input Relay แบบปกติปิด X1 ซึ่งเป็นการกำหนดที่ใช้กับเครื่องของบริษัท Mitsubishi



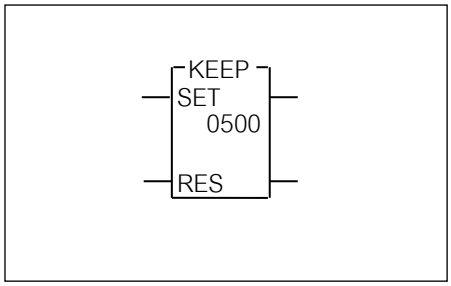
รูปที่ 2.31 แสดง Contact ใน พีแอลซีตามข้อกำหนดของ Mitsubishi

2) Coil เป็นลักษณะของ Relay ที่อาจเป็น Output หรือ Relay พิเศษอื่น ๆ ก็ได้ ซึ่ง Coil แต่ละอัน ก็จะมี Contact ที่เป็นของ Coil นั้นด้วยและ Contact ก็จะสามารถเป็นได้ทั้งแบบ NO และ NC สำหรับสัญลักษณ์ของ Coil ที่ใช้กันอยู่มีสามแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.32 ซึ่งก็จะเหมือนกับหน้าสัมผัส คือจะต้องมีหมายเลขหรือตัวอักษรกำกับ Address ของ Coil และ Relay นั้นด้วย



รูปที่ 2.32 แสดงสัญลักษณ์ของ Coil ที่นิยมใช้สามแบบตามบริษัทผู้ผลิต

3) Box กล่องหรือ Box นี้เป็นสัญลักษณ์แทน Relay ประเภทพิเศษแบบต่าง ๆ ที่เราจะต้องมีการกำหนดค่าเพิ่มเติมให้กับ Relay เหล่านั้น ซึ่งอาจจะเป็น Timer Relay ซึ่งต้องมีการกำหนดค่าเวลา หรือ Counter Relay ที่ต้องมีการกำหนดค่าจำนวนเหตุการณ์ที่จะนับลงไปด้วย สำหรับ Box นี้จะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป ตามแต่ลักษณะของผู้ผลิต สำหรับกรณีทั่วไปแล้วดังแสดงในรูปที่ 2.33 ซึ่งใน Box นี้จะมีทั้งคำสั่งหรือ Instruction เช่น บอกว่าเป็น Timer และมี Operant ซึ่งจะบอกตำแหน่งของ Relay ระยะเวลาที่จะให้หน่วงเวลา เป็นต้น



รูปที่ 2.33 แสดงสัญลักษณ์ของ Box ในรูปแบบต่าง ๆ

4) Internal and Special Relays นอกเหนือจากหน้าสัมผัสที่เป็น Input Relay และ Output Coil แล้วในพีแอลซียังมี Relay และ Coil อื่นอีก โดยอุปกรณ์เหล่านั้นจะเป็นอุปกรณ์ที่อยู่ภายใน CPU ไม่สามารถที่จะต่อออกสู่ภายนอกได้จริง อุปกรณ์เหล่านั้นก็เช่น Timer Counter และ Internal Relay อื่น ๆ ซึ่งการกำหนด Address ของอุปกรณ์เหล่านี้จะขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละราย เช่น ของบริษัท OMRON เราจะให้ Relay หมายเลข 008.00 008.01 ... หรือสำหรับของ บริษัท Mitsubishi จะใช้ M100 M101 ... แทน Internal Relay เหล่านี้ สำหรับจำนวนและหมายเลขของ Internal Relay แต่ละรุ่นนั้นขอให้ผู้ใช้ตรวจสอบกับคู่มือการใช้งานก่อนที่จะทำการเขียนโปรแกรม

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 กล่าวนำ

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบอัตโนมัติ โดยเริ่มต้นด้วยการศึกษาข้อกำหนดการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยสายตาของทางผู้ผลิต อีกทั้งเก็บข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการตรวจสอบเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการตรวจสอบ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องจักรต้นแบบ โดยทางผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะลดข้อผิดพลาดในการตรวจสอบการควบคุมคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยแรงงานมนุษย์ในปัจจุบัน ทางผู้ผลิตกำหนดให้ตรวจสอบเชิงกายภาพของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว เพราะเป็นการตรวจสอบความสมบูรณ์ขั้นตอนสุดท้ายก่อนจะนำไปบรรจุภัณฑ์เพื่อส่งออกจำหน่าย จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญและไม่ต้องการให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการตรวจสอบโดยใช้การมองเห็นของคอมพิวเตอร์และออกแบบการตรวจสอบโดยใช้ภาพแทนการใช้แรงงานมนุษย์เพื่อเป็นแนวทางนำไปสู่การพัฒนาระบบตรวจสอบอัตโนมัติแบบเต็มระบบต่อไป

3.2 กระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ต้องการตรวจสอบ

ผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นมีหลายรุ่นและมีกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หลายขั้นตอน แต่ในโครงงานวิจัยนี้ต้องการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว หลังจากกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เสร็จเรียบร้อยแล้วก่อนที่จะส่งไปบรรจุกล่อง เพื่อให้แน่ใจว่า ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นผ่านการประกอบอย่างถูกต้องสมบูรณ์ พร้อมที่จะส่งให้ลูกค้า โดยทำการตรวจสอบทั้งหมด 3 ด้าน คือ

1) ด้านฝาปิดด้านบน (Top Cover) ด้านฝาปิดด้านบนจะมีสกรูที่ขันยึดระหว่างฝาและตัวฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จะต้องตรวจสอบความสมบูรณ์ของสกรูฝาปิดด้านบน (Top Cover Screw) ต้องไม่สูญหาย และครบตามจำนวนที่กำหนดไว้

2) ด้านแผงวงจร (Card) ด้านแผงวงจรนี้จะมีสกรูสำหรับขันยึดแผงวงจรลงบนตัวฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะต้องตรวจสอบความสมบูรณ์ของ Card Screw ต้องไม่สูญหาย และมี Card Positioning Pin On Base สำหรับกำหนดตำแหน่งการวางแผงวงจรให้ถูกต้อง จะต้องตรวจสอบให้ Card Positioning Pin On Base ต้องพอดีกับ Card Hole และ Card

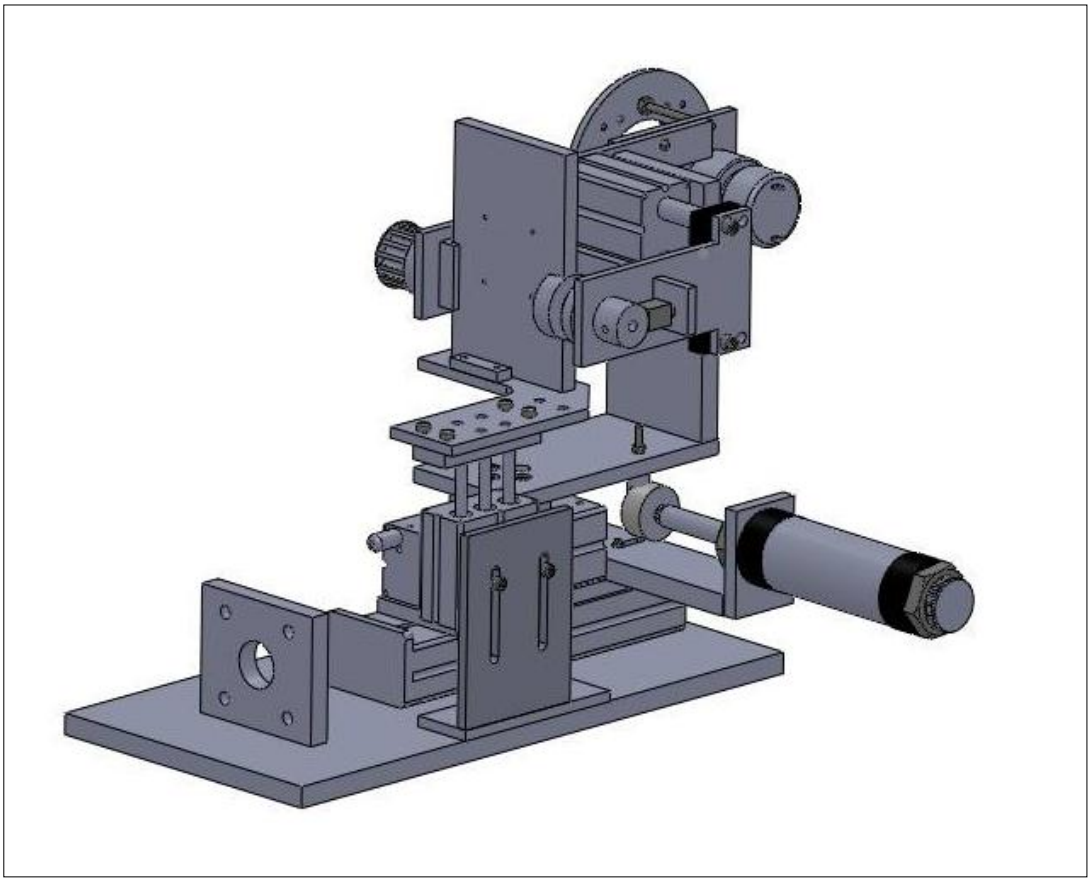
3) ด้านแถบรหัส (Barcode) ด้านฐานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะติด Barcode เพื่อแสดงรหัสของรุ่นผลิตภัณฑ์ (Model Label) การตรวจสอบความเรียบร้อยของ Barcode ต้องไม่สูญหายและไม่มีการฉีกขาด

3.3 การสร้างกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

3.3.1 การออกแบบชุดกลไกสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ต้องการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำนวน 3 ด้าน และมาตรฐานของกล้องที่ใช้นั้นเป็นกล้องที่มีความละเอียดสูง จึงมีราคาแพง ข้อจำกัดดังกล่าวทำให้ไม่สามารถออกแบบการทำงานด้วยกล้อง 3 ตัวได้ ประกอบกับด้านที่ต้องการตรวจสอบทั้งสามด้านนั้นตั้งฉากซึ่งกันและกัน จึงไม่สะดวกที่จะใช้กระจกสะท้อนภาพลงมาให้อยู่ในระยะโฟกัสเดียวกันได้ทั้งหมด ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินการใช้งบประมาณน้อยที่สุด เบื้องต้นคณะวิจัยจึงออกแบบการใช้กล้องสำหรับจับภาพเพียง 1 ตัว และออกแบบชุดกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และหมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไปให้กล้องจับภาพได้ครบทั้ง 3 ด้าน โดยมุมกล้องและระยะโฟกัสของกล้องจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและเหมาะสมสำหรับการประมวลผลภาพที่ต้องการความละเอียดและความแม่นยำสูงและจะต้องสามารถจับชิ้นงานหมุนได้อย่างรวดเร็ว

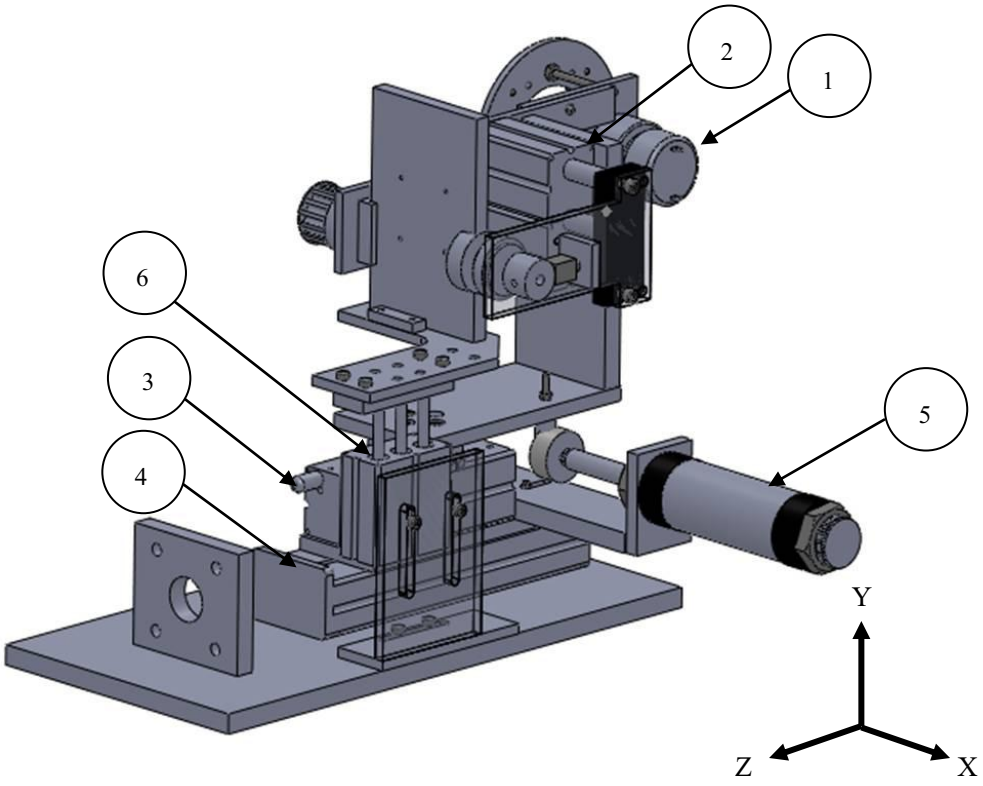
กระบวนการแรกของการจัดทำชุดกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นี้ทางผู้วิจัยได้ออกแบบชุดจับยึดที่สามารถจับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้หมุนหันหน้าทั้งหกด้าน เข้าหากล้องและปรับระยะห่างจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ถึงกล้อง ซึ่งเป็นระยะโฟกัสที่คงที่ สาเหตุที่ทำการปรับให้หมุนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ทั้งหกด้าน เนื่องจากด้านที่ต้องการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แต่ละรุ่นอาจแตกต่างกันออกไป ผู้ออกแบบจึงเลือกที่จะให้กลไกทำงานได้อย่างครบถ้วน แต่ผู้ใช้สามารถที่จะปรับโปรแกรมให้หมุนเฉพาะด้านที่ต้องการเข้าหากล้องได้ และในเบื้องต้นทางผู้วิจัยได้ออกแบบโดยการใช้โปรแกรม SolidWorks เพื่อจำลองตำแหน่ง การเคลื่อนที่ รวมถึงการเลือกขนาดอุปกรณ์ระยะทางระหว่างกล้องกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงชุดกลไกสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

3.3.2 การเลือกใช้อุปกรณ์ต้นกำลัง

อุปกรณ์ต้นกำลังที่เลือกใช้เป็นส่วนประกอบในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องต้นแบบสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.2



1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ควบคุมการเคลื่อนที่หมุนรอบแกน x
2) กระบอกสูบสองทางแบบก้านคู่ สำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
3) กระบอกสูบทำงานในแนวหมุน ควบคุมการเคลื่อนที่หมุนรอบแกน y
4) กระบอกสูบทำงานแบบเชิงเส้น ควบคุมการเคลื่อนที่ตามแนวแกน z
5) กระบอกสูบสองทางแบบก้านเดี่ยว ควบคุมตำแหน่งหมุนรอบแกน y
6) กระบอกสูบสองทางแบบก้านคู่ ควบคุมตำแหน่งตั้งศูนย์ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

รูปที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบของชุดกลไกสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

เนื่องจากชุดกลไกในการจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นี้ จะต้องจับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หมุนเพื่อหันหน้าที่ต้องการตรวจสอบเข้าหากล้องเพื่อรับภาพ โดยการหมุนรอบแกน x แต่การเคลื่อนที่นี้จะต้องหยุดในตำแหน่งที่ต้องการด้วยความแม่นยำค่อนข้างสูง ทางผู้วิจัยจึงเลือกใช้มอเตอร์เกียร์ (Gear Motor) ของบริษัท SAYAMA รุ่น RB-350GM-N574-24 ดังแสดงในรูปที่ 3.3 สำหรับควบคุมการหมุน เนื่องจากมอเตอร์เกียร์คือมอเตอร์กระแสตรงต่อกับเกียร์ทดรอบเพื่อช่วยในการลดความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ออกมา และเพิ่มแรงบิดให้เหมาะสมกับการใช้งาน

รูปที่ 3.3 แสดง SAYAMA Geared Motor รุ่น RB-350GM-N574-24

2) กระบอกสูบสองทางแบบก้านคู่ (Twin Rod Cylinder)

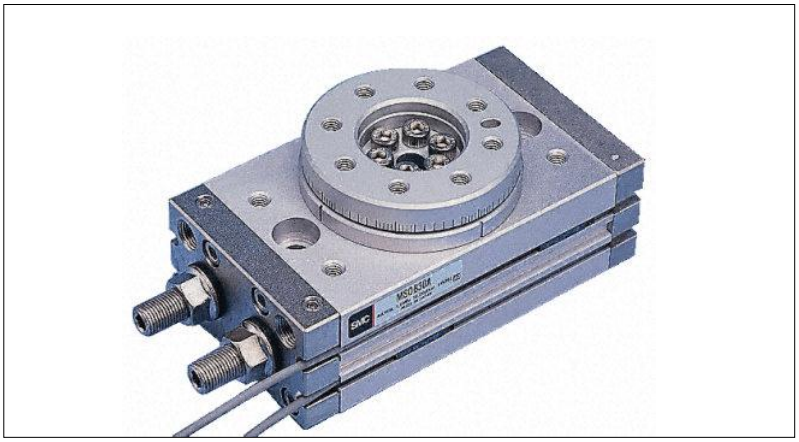
กระบอกสูบสองทางแบบก้านคู่นี้ถูกออกแบบมาเพื่อต้องการเพิ่มพื้นที่และแรงในการทำงาน ที่ปลายของก้านสูบจะติดแผ่นโลหะ จึงเป็นการป้องกันการหมุนตัวของก้านสูบได้อีกด้วย ทางผู้วิจัยจึงเลือกกระบอกสูบประเภทนี้ ของบริษัท SMC รุ่น MGPM25TF-40 ขนาดก้านสูบ 25 มิลลิเมตร และมีระยะชัก (Stroke) 40 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.4 จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับการควบคุมมือจับ (Gripper) ของกลไกในการจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และเนื่องจากที่ปลายก้านสูบมีแผ่นโลหะที่สามารถยึดติดกับวัสดุที่ทำเป็นมือจับได้ง่าย และปลายก้านสูบไม่มีการหมุนตัวเหมาะ

สำหรับมือจับที่ไม่มีการหมุนตามที่ต้องการ และอีกหนึ่งตัวสำหรับการควบคุมตำแหน่งตั้งศูนย์ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อการเริ่มต้นการตรวจสอบด้วยภาพ

รูปที่ 3.4 แสดงกระบอกสูบสองทางแบบก้านคู่ SMC รุ่น MGPM25TF-40

3) กระบอกสูบทำงานในแนวหมุน (Rotary Cylinder)

กระบอกสูบประเภทนี้ถูกออกแบบมาเพื่อการใช้งานในลักษณะของการทำให้ชิ้นงานหรือเครื่องจักรนั้นเกิดการหมุน ผู้วิจัยจึงเลือกกระบอกสูบประเภทนี้ของบริษัท SMC รุ่น MSQB10R-A93L ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ช่วงการหมุน 0° - 190° สำหรับการควบคุมชุดกลไกจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้หมุนด้านข้างทั้ง 4 ด้านของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เข้าหากล้องเพื่อทำการถ่ายภาพ



รูปที่ 3.5 แสดงกระบอกสูบทำงานในแนวหมุน SMC รุ่น MSQB10R-A93L

4) กระบอกสูบทำงานแบบเชิงเส้น (Slide Unit)

กระบอกสูบประเภทนี้ถูกออกแบบมาเพื่อการทำงานในลักษณะการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง (Linear Motion) ทางผู้วิจัยจึงเลือกกระบอกสูบของบริษัท SMC รุ่น MXS12-75B ขนาดก้านสูบ 12 มิลลิเมตร และมีระยะชัก 75 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ใช้สำหรับปรับตำแหน่งของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้เหมาะสมกับระยะโฟกัสของกล้องที่ได้กำหนดไว้

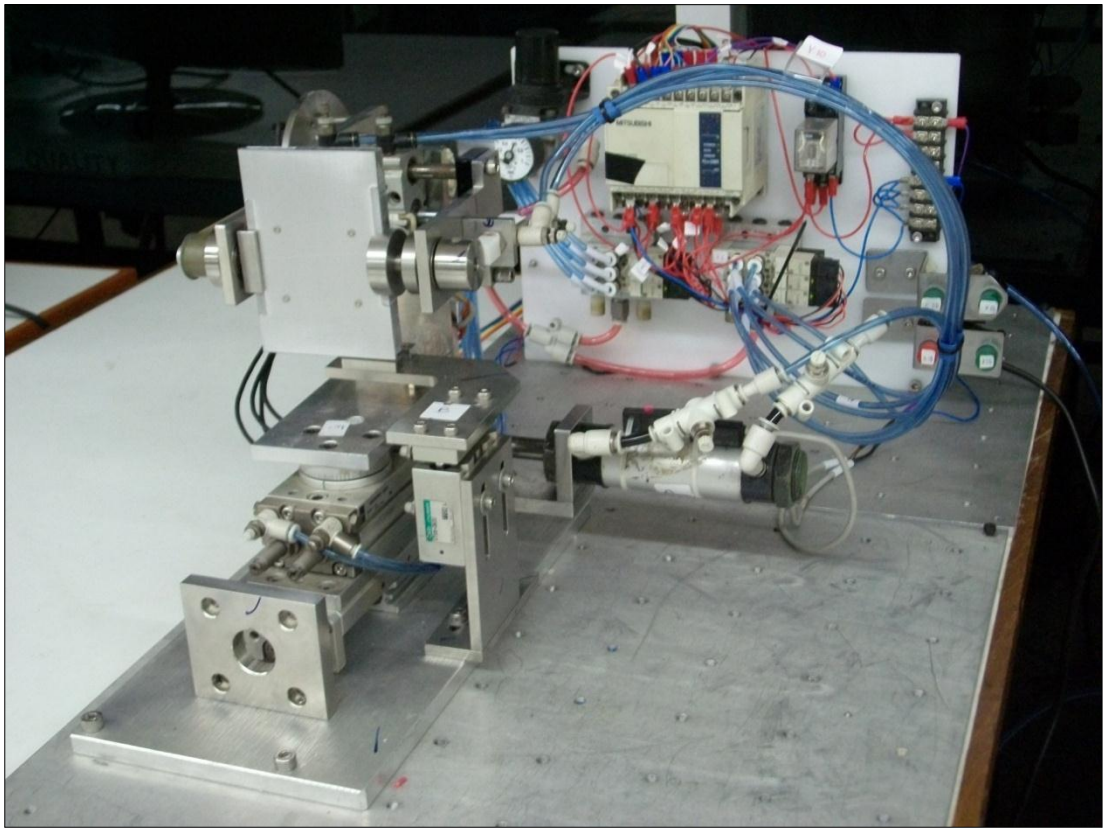
รูปที่ 3.6 แสดงกระบอกสูบทำงานแบบเชิงเส้น SMC รุ่น MXS12-75B

5) กระบอกสูบสองทางแบบก้านเดี่ยว (Double Acting Cylinder)

กระบอกสูบสองทางจะใช้ความดันลมในการเคลื่อนที่เข้า และเคลื่อนที่ออกทั้งสองด้าน สามารถรับแรงกระทำได้มาก ทางผู้วิจัยจึงได้เลือกกระบอกสูบสองทางแบบก้านเดี่ยวของบริษัท SMC รุ่น CDM2YB-40TF-75 ขนาดก้านสูบ 40 มิลลิเมตร และมีระยะชัก 75 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ในการทำให้ชุดกลไกที่หมุนรอบแกน y มาหยุดตามตำแหน่งที่ต้องการได้

รูปที่ 3.7 แสดงกระบอกสูบสองทางแบบก้านเดี่ยว SMC รุ่น CDM2YB-40TF-75

จากอุปกรณ์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นคือส่วนประกอบที่สำคัญสำหรับการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร ซึ่งเมื่อได้ทำการออกแบบและทดสอบโดยการใช้โปรแกรม SolidWorks เพื่อจำลองตำแหน่งและการเคลื่อนที่แล้ว จึงนำแบบมาทำการสร้างเครื่องจักรต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องจักรต้นแบบสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

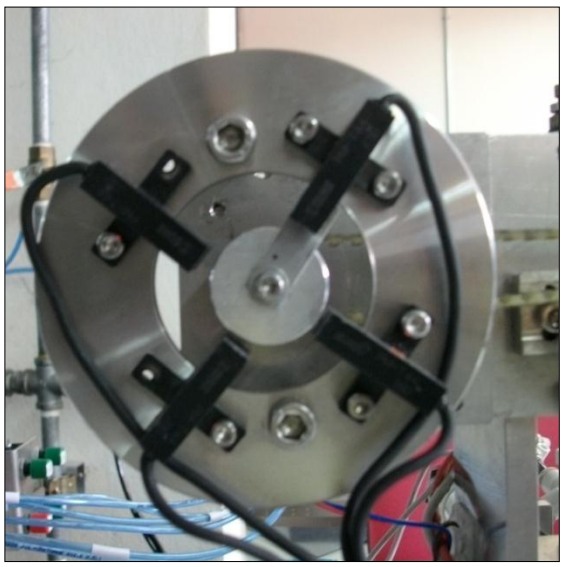
3.3.3 การเลือกใช้เซนเซอร์ในตำแหน่งต่าง ๆ

ชุดกลไกจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นี้มีการควบคุมการเคลื่อนที่โดยใช้เซนเซอร์ 2 ชนิด คือ เซนเซอร์แบบใช้แสง (Photoelectric Sensor) และรีดสวิตซ์ (Reed Switch) โดยมีรายละเอียดในการติดตั้งดังนี้

1) เซนเซอร์แบบใช้แสง

เซนเซอร์แบบใช้แสงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจจับการมีหรือไม่มีของวัตถุที่เราต้องการตรวจจับ โดยอาศัยหลักการวัดปริมาณของความเข้มของแสงที่กระทบกับวัตถุและสะท้อนกลับมายัง Photoelectric sensor การกำหนดตำแหน่งให้มอเตอร์หยุดหมุนที่ตำแหน่ง 0° 90°

270˚ และ 360˚ จะใช้เซนเซอร์แบบใช้แสงจำนวน 4 ตัว ของบริษัท SunX รุ่น PM-T44 ติดตามตำแหน่งที่ต้องการทั้งสี่จุด เพื่อให้มอเตอร์หยุดหมุนตามตำแหน่งที่ต้องการได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.9

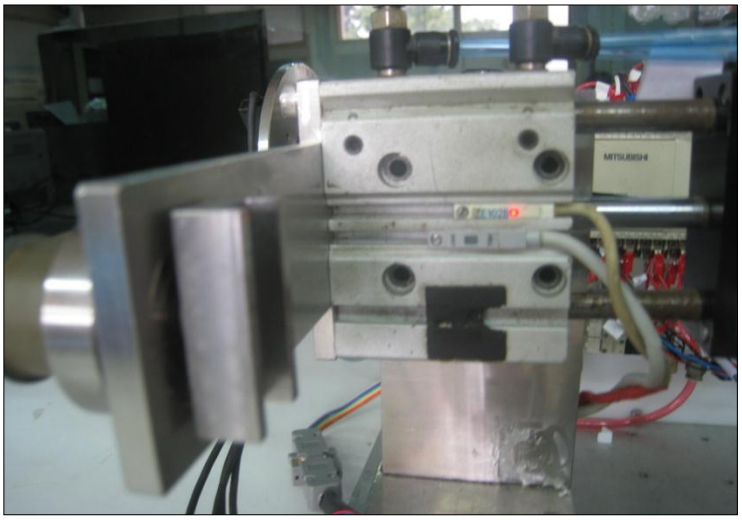


รูปที่ 3.9 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์แบบใช้แสงในการควบคุมมอเตอร์

2) รีดสวิตซ์

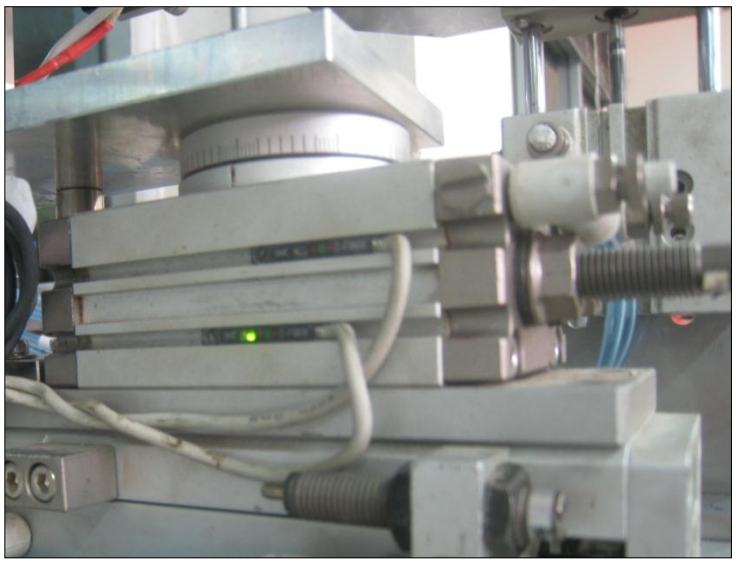
รีดสวิตซ์ คือ สวิตซ์ที่ควบคุมการทำงานโดยใช้แม่เหล็ก ในการใช้งานจะทำการยึดรีดสวิตซ์ไว้ที่ตัวกระบอกสูบ โดยตัวกระบอกสูบต้องทำจากอลูมิเนียมและลูกสูบต้องมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กถาวร เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เข้าสุด อำนาจแม่เหล็กที่ตัวลูกสูบจะไปดึงดูดให้หน้าสัมผัส (Contact) ของรีดสวิตซ์ต่อกัน ซึ่งปกติหน้าสัมผัสจะเป็นหน้าสัมผัสปกติเปิด เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่มาตรงกับตำแหน่งของรีดสวิตซ์ รีดสวิตซ์ก็จะปิดวงจรและเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ออกไปตรงกับตำแหน่งของรีดสวิตซ์ตัวนอก อำนาจแม่เหล็กของลูกสูบก็จะดึงดูดให้รีดสวิตซ์ปิดวงจรเช่นกัน โดยมีตำแหน่งที่ทำการติดเซนเซอร์ดังนี้

ที่กระบอกสูบสำหรับการควบคุมมือจับ (Gripper) ของกลไกในการจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จะติดรีดสวิตซ์ จำนวน 2 ตัว รุ่น ZE102B เพื่อการบอกตำแหน่งการทำงานของ Gripper ว่าเปิดหรือปิดอยู่เพื่อการนำไปสั่งการขั้นต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.10



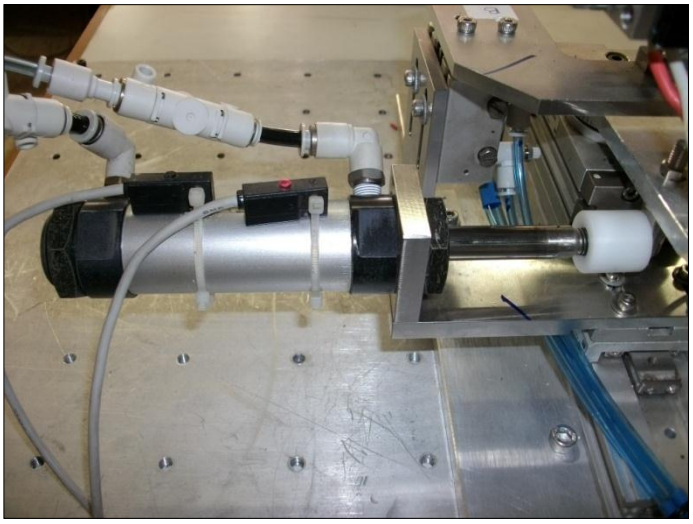
รูปที่ 3.10 แสดงตำแหน่งการติดตั้งรีดสวิตซ์เพื่อการบอกตำแหน่งของ Gripper

ที่ตัวกระบอกสูบสำหรับการควบคุมชุดกลไกจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้หมุนด้านข้างทั้ง 4 ด้านของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เข้าหากล้องจะติดรีดสวิตซ์จำนวน 2 ตัว ของบริษัท SMC รุ่น D-F9NW เพื่อการบอกตำแหน่งการทำงานของกระบอกสูบ ว่าหมุนไปตรงตามตำแหน่งที่ต้องการแล้วจึงนำไปสั่งให้กลไกทำงานขั้นต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงตำแหน่งการติดตั้งรีดสวิตซ์เพื่อควบคุมการหมุนชุดจับยึด

ที่ตัวกระบอกสูบในการทำให้ชุดกลไกที่หมุนรอบแกน y มาหยุดตามตำแหน่งที่ต้องการได้ จะติดรีดสวิตซ์ จำนวน 2 ตัว รุ่น D-C73 เพื่อบอกตำแหน่งการทำงานของกระบอกสูบ ว่าเคลื่อนที่เข้าหรือเคลื่อนที่ออก แล้วจึงนำไปสั่งให้กลไกทำงานขั้นต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงตำแหน่งการติดตั้งรีดสวิตซ์เพื่อควบคุมตำแหน่งการหยุดหมุนรอบแกน y

3.3.4 การควบคุมการทำงานของชุดกลไกสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

สำหรับการควบคุมการทำงานของชุดกลไกจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นี้ จะใช้พีแอลซีในการควบคุม โดยพีแอลซี ที่ใช้จะต้องมีจำนวนช่องอินพุทไม่ต่ำกว่า 14 ช่อง จำนวนช่องเอาท์พุทไม่ต่ำกว่า 7 ช่อง จึงเลือกใช้พีแอลซีของบริษัท Misubishi รุ่น FX1N-24MR-ES/UL ซึ่งมีจำนวนอินพุท 14 ช่องและเอาท์พุท 10 ช่อง ใช้แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 24 V มีขนาดความจุคำสั่ง 8000 คำสั่ง มีขนาด 80 mm × 130 mm × 30 mm (กว้าง × ยาว × สูง) และมีน้ำหนัก 230 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 3.13 เพื่อการควบคุมการทำงานเป็นลำดับขั้นตอนและเมื่อจับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หมุนไปยังตำแหน่งที่ต้องการแล้วจะส่งสัญญาณเอาท์พุทออกไปสั่งให้กล้องจับภาพเพื่อการตรวจสอบความสมบูรณ์ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และเมื่อกล้องถ่ายภาพเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะส่งสัญญาณกลับมาให้พีแอลซีทำงานขั้นตอนต่อไป

รูปที่ 3.13 แสดง PLC ของบริษัท Misubishi รุ่น FX1N-24MR-ES/UL

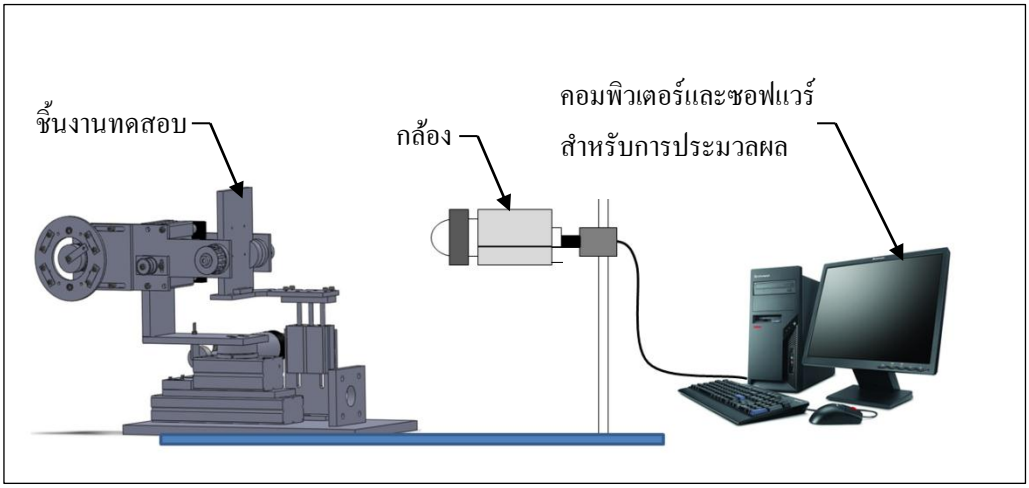
3.4 การสร้างระบบการตรวจสอบด้วยภาพ

3.4.1 การออกแบบกระบวนการตรวจสอบด้วยภาพ

เบื้องต้นงานวิจัยนี้ต้องการที่จะสร้างระบบการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยภาพแทนการทำงานของมนุษย์ ซึ่งสิ่งที่ทางผู้ผลิตต้องการตรวจสอบนั้นคือลักษณะกายภาพภายนอกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หลังจากกระบวนการประกอบเสร็จเรียบร้อยก่อนส่งไปบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้มั่นในคุณภาพการผลิตของบริษัทว่าผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นที่ส่งถึงมือลูกค้าจะต้องสมบูรณ์ จากการศึกษาข้อมูลที่ต้องการตรวจสอบแล้วทางผู้วิจัยจึงเลือกที่จะสร้างระบบการตรวจสอบด้วยภาพนี้โดยการใช้ซอฟแวร์ LabVIEW ร่วมกับโมดูล NI Vision ของบริษัท National Instruments สำหรับการประมวลผลภาพที่มีความสามารถในการตรวจจับขอบ การจับคู่รูปแบบ การเปรียบเทียบต้นแบบและหาขนาดของวัตถุจากภาพ ซึ่งเพียงพอต่อการออกแบบระบบตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยภาพได้ และได้เลือกวิธีการในตรวจสอบเป็นการจับคู่ภาพ โดยการกำหนดภาพต้นแบบซึ่งเป็นข้อกำหนดที่ผู้ผลิตต้องการและจำนวนที่ถูกต้อง ไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับภาพผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบ ในกระบวนการนี้จะต้องสามารถตรวจจับได้ไม่ว่าระดับแสงที่เปลี่ยนแปลงทำให้ความเข้มแสงในภาพที่ต้องการตรวจสอบแตกต่างไปจากภาพต้นแบบ หรือวัตถุในภาพมีขนาดที่เปลี่ยนแปลงไป หรือแม้แต่ภาพที่ต้องการตรวจจับมีแนวการวางตัวหมุนเอียงไปจากภาพต้นแบบ โปรแกรมที่เขียนขึ้นจะต้องตรวจจับวัตถุได้ทั้งหมด

3.4.2 ส่วนประกอบของระบบการตรวจสอบด้วยภาพ

ในกระบวนการตรวจสอบด้วยภาพนั้นมีอุปกรณ์ที่ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 3.14



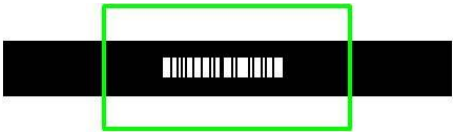
รูปที่ 3.14 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์การตรวจสอบด้วยภาพ

โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ชิ้นงานทดสอบ

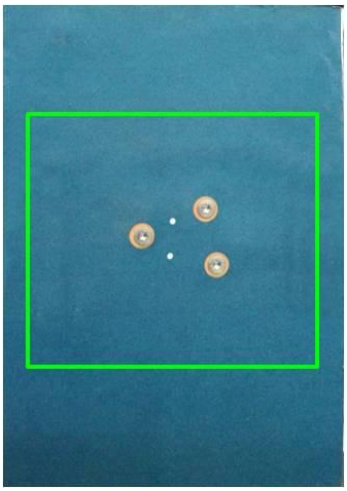
เนื่องจากข้อจำกัดของกล้องที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จึงต้องกำหนดพื้นที่ที่จะใช้ในการตรวจสอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในด้านต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.15 และต้องการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำนวน 3 ด้าน ในแต่ละด้านมีข้อกำหนดแตกต่างกันไป กรณีที่อาจเกิดความเสียหายจึงต่างกัน ทางผู้วิจัยจึงจำลองชิ้นงานทดสอบที่เกิดความเสียหายและชิ้นงานสมบูรณ์ในกรณีต่าง ๆ จำนวน 6 ชิ้น เพื่อการทดสอบที่ครอบคลุมในทุกกรณี รายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 3.1

a. ตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ



b. ด้านแถบรหัส

c. ด้านฝาปิดด้านบน



d. ด้านแผงวงจร

รูปที่ 3.15 แสดงตัวอย่างชิ้นงานทดสอบ

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของชิ้นงานทดสอบ

ชิ้นงานทดสอบ	การตรวจสอบคุณภาพ			
	ด้านฝาปิดด้านบน (Top cover)	ด้านแผงวงจร (Card)	ด้านแถบรหัส (Barcode)	ผลการตรวจสอบคุณภาพ
1	สกรู 4 ตัว	สกรู 3 ตัว Pin 2 ตัว	Barcode 1 แผ่น	ผ่าน
2	สกรู 2 ตัว	สกรู 2 ตัว Pin 2 ตัว	ไม่พบ Barcode	ไม่ผ่าน
3	สกรู 4 ตัว	สกรู 2 ตัว Pin 1 ตัว	Barcode พิมพ์ไม่ครบ	ไม่ผ่าน
4	สกรู 4 ตัว	สกรู 3 ตัว ไม่พบ Pin	Barcode ฉีกขาด	ไม่ผ่าน
5	สกรู 3 ตัว	สกรู 3 ตัว Pin 1 ตัว	Barcode 1 แผ่น	ไม่ผ่าน
6	สกรู 4 ตัว	สกรู 3 ตัว Pin 2 ตัว	Barcode ฉีกขาด	ไม่ผ่าน

2) กล้องสำหรับถ่ายภาพ

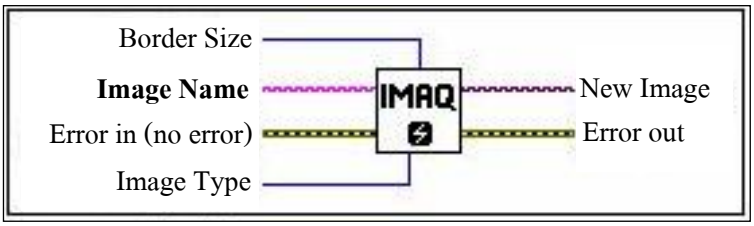
การตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หลังจากการประกอบเสร็จแล้ว ลักษณะกายภาพภายนอกที่สำคัญ มีขนาดเล็กจึงต้องใช้กล้องมี่มีคุณภาพค่อนข้างสูง เพื่อการจับภาพและถ่ายภาพวัตถุขนาดเล็ก จึงเลือกใช้กล้อง Dino-Lite Digital Microscope รุ่น AM-311 ดังแสดงในรูปที่ 3.16 เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วย Universal Serial Bus (USB) สามารถปรับระยะโฟกัสได้ มีหลอดไฟ Light-Emitting Diode (LED) แสงสีขาวในตัว ใช้ในการปรับแสงขณะถ่ายภาพ เพื่อการประมวลผลแม่นยำมากขึ้นเหมาะกับการใช้งานด้านการตรวจสอบทางด้านอุตสาหกรรม เครื่องประดับ เหรียญ แสตมป์และอื่น ๆ

รูปที่ 3.16 แสดง Dino-lite Digital Microscope รุ่น AM-311

3) ซอฟท์แวร์สำหรับการประมวลผล

การตรวจสอบด้วยภาพใช้ซอฟแวร์ LabVIEW ร่วมกับโมดูล NI Vision ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานที่สามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาวัตถุบนภาพถ่ายจากภาพต้นแบบที่กำหนดให้ว่าครบตามจำนวนที่กำหนดหรือไม่ โดยมีฟังก์ชันที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ดังนี้

- IMAQ Create เป็นฟังก์ชันสำหรับการจองพื้นที่หน่วยความจำชั่วคราวสำหรับเก็บภาพในโปรแกรม LabVIEW โดยมีสัญลักษณ์ของฟังก์ชันและการกำหนดค่าให้กับฟังก์ชัน ดังแสดงในรูปที่ 3.17

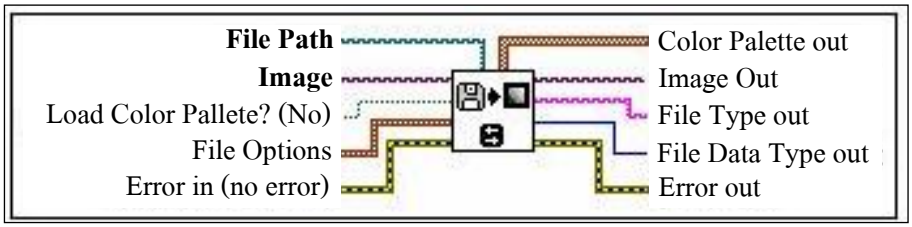


รูปที่ 3.17 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Create

จากรูปที่ 3.17 ฟังก์ชันนี้สามารถกำหนดข้อมูลในการทำงานของฟังก์ชันและประมวลผลส่งค่าออกมาได้ดังนี้

- Border size กำหนดขนาดความกว้างของขอบรูปภาพในหน่วยพิกเซล แต่จะนำมาวิเคราะห์เฉพาะเมื่อมีการประมวลผล ไม่แสดงผลหรือเก็บข้อมูล
- Image Name กำหนดชื่อให้กับตำแหน่งที่จะทำการจองเพื่อรับภาพ และในแต่ละภาพจะต้องมีชื่อไม่ซ้ำกัน หากตั้งชื่อซ้ำกันโปรแกรมจะอ่านข้อมูลสุดท้ายของภาพที่โปรแกรมทำงานแล้วส่งไปแทนที่ยังภาพที่ได้ตั้งชื่อซ้ำกันไว้
- Image Type ระบุประเภทของรูปภาพ มีทั้งหมด 7 ประเภท โดยการกำหนดค่าเป็นตัวเลข 0 - 6 ดังนี้
  - 0 ระดับสีเทา(Grayscale) ขนาด 8 บิตต่อพิกเซล
  - 1 ระดับสีเทา(Grayscale) ขนาด 16 บิตต่อพิกเซล
  - 2 ระดับสีเทา(Grayscale) ขนาด 32 บิตต่อพิกเซล
  - 3 Complex ขนาด 2 x 32 บิตต่อพิกเซล
  - 4 RGB (ระดับสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน) ขนาด 32 บิตต่อพิกเซล
  - 5 HSL (ระดับสี ความเข้ม และความสว่างของสี) 32 บิตต่อพิกเซล
  - 6 RGB (ระดับสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน) ขนาด 64 บิตต่อพิกเซล

- IMAQ Read File เป็นฟังก์ชันสำหรับการอ่านไฟล์รูปภาพ รูปแบบไฟล์อาจจะเป็นรูปแบบมาตรฐาน (BMP TIFF JPEG JPEG2000 PNG และ AIPD) หรือรูปแบบไฟล์ที่ไม่เป็นมาตรฐาน โดยไฟล์รูปภาพทุกประเภทเมื่อถูกอ่านเข้ามาแล้วโปรแกรมจะแปลงค่าในแต่ละพิกเซลเป็นข้อมูลรูปภาพสำหรับการประมวลผลโดยโปรแกรม LabVIEW อัตโนมัติ การตรวจสอบนี้จะต้องมีการอ่านไฟล์ที่ถ่ายภาพต้นแบบไว้เข้ามาในโปรแกรมเพื่อเปรียบเทียบกับภาพที่ต้องการทดสอบ โดยมีสัญลักษณ์ของฟังก์ชันและการกำหนดค่าให้กับฟังก์ชัน ดังแสดงในรูปที่ 3.18

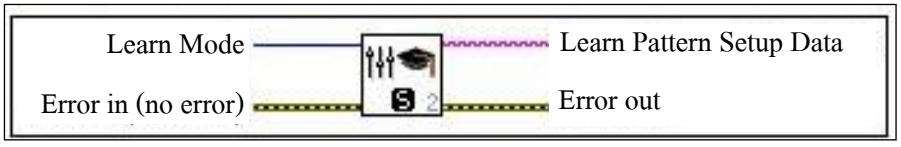


รูปที่ 3.18 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Read File

จากรูปที่ 3.14 ฟังก์ชันนี้สามารถกำหนดข้อมูลในการทำงานของฟังก์ชันและประมวลผลส่งค่าออกมาได้ดังนี้

- File Path กำหนดที่อยู่ของไฟล์ที่ต้องการอ่าน เพื่อให้ระบบรู้ว่าจะอ้างอิงไฟล์ในไดเร็กเทอรี่ (Directory) ใด อยู่ที่ไหนในระบบและไฟล์ชื่ออะไร
- Image คือภาพที่แสดงเป็นข้อมูลอ้างอิงให้กับไฟล์ภาพที่ถูกอ่านเข้ามา
- Load Color Palette จะกำหนดให้อ่านสีที่ปรากฏในไฟล์ภาพที่อ่านเข้ามาแล้วจะส่งค่ากลับออกมาเป็นจานสีทางขาออก โดยจะกำหนดค่าการอ่านเป็นจริงหรือเท็จ ถ้ากำหนดเป็นจริง โปรแกรมจะทำการอ่านค่าสีนั้นออกมา แต่ถ้ากำหนดเป็นเท็จโปรแกรมก็จะไม่แสดงผลออกมา ซึ่งปกติจะมีค่าเริ่มต้นเท็จ
- File Options เป็นตัวเลือกกลุ่มของรูปภาพที่รูปแบบไฟล์ที่ไม่ใช่ไฟล์รูปภาพมาตรฐาน
- Color Palette out เป็นจานสีรับค่าการอ่านสีที่ปรากฏในไฟล์ภาพที่อ่านเข้ามาแล้วส่งค่ากลับออกมา ถ้ามีการสั่งให้อ่านค่าสีนั้น แต่ถ้าไม่มีการสั่งก็จะไม่แสดงข้อมูลออกมา โดยแสดงสีออกมาเป็นระดับของสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน
- Image Out คือภาพปลายทางระบบส่งค่าการอ่านไฟล์เข้ามาออกเป็นรูปภาพสำหรับการใช้งานในโปรแกรม LabVIEW
- File Type Out เป็นการแจ้งประเภทของไฟล์ที่ได้ทำการอ่าน เป็นข้อมูลชนิดตัวอักษร (String) อาจจะเป็นรูปแบบมาตรฐาน (BMP TIFF JPEG JPEG2000 PNG และ AIPD) หรือแสดงค่า xxx หากไม่ใช่รูปแบบมาตรฐาน

- IMAQ Setup Learn Pattern 2 เป็นฟังก์ชันการทำงานที่อยู่ในกลุ่มของ Pattern Matching เป็นการกำหนดตำแหน่งของพื้นที่ในภาพระดับสีเทา ที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงระดับสีเทาเหมือนกับภาพต้นแบบหรือภาพอ้างอิง ซึ่งจะพิจารณาว่ามีส่วนใดบ้างในภาพค้นหาที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของพิกเซลคล้ายกับการเปลี่ยนแปลงค่าของพิกเซลในภาพต้นแบบ ซึ่ง IMAQ Setup Learn Pattern 2 นี้มีหน้าที่เป็นชุดฟังก์ชันสำหรับเก็บค่าพารามิเตอร์ก่อนที่จะส่งข้อมูลเข้าไปในฟังก์ชัน IMAQ Learn Pattern 2 โดยมีสัญลักษณ์ของฟังก์ชันและการกำหนดค่าให้กับฟังก์ชัน ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Setup Learn Pattern 2

จากรูปที่ 3.19 ฟังก์ชันนี้สามารถกำหนดข้อมูลในการทำงานของฟังก์ชันและประมวลผลส่งค่าออกมาได้ดังนี้

- Learn Mode กำหนดโหมดในการจะใช้งานรูปแบบในฟังก์ชัน IMAQ Learn Pattern 2 มีทั้งหมด 3 ประเภท โดยการกำหนดค่าเป็นตัวเลข 0 - 2 ดังนี้

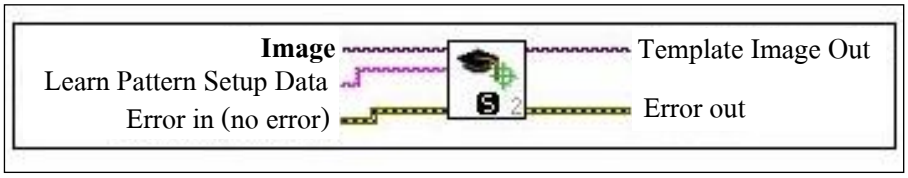
➢ 0 All กำหนดการใช้งานรูปแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งในลักษณะการเลื่อนตำแหน่งแต่ไม่มีการหมุน และรูปแบบที่มีการหมุนไปจากแนวของภาพต้นแบบ

➢ 1 Shift Information กำหนดการใช้งานรูปแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะการเลื่อนตำแหน่งแต่ไม่มีการหมุนไปจากแนวของภาพต้นแบบ

➢ 2 Rotation Information กำหนดการใช้งานในการตรวจสอบรูปแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะรูปแบบที่มีการหมุนไปจากแนวของภาพต้นแบบ

- Learn Pattern Setup Data แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก Learn Mode ในรูปแบบข้อมูลตัวอักษร เพื่อส่งค่าออกไปยัง IMAQ Learn Pattern 2

- IMAQ Learn Pattern 2 เป็นฟังก์ชันการทำงานในกลุ่ม Pattern Matching เพื่อสร้างรายละเอียดของภาพต้นแบบที่เราต้องการค้นหาในระหว่างการจับคู่ และใช้เป็นภาพต้นแบบในการตรวจสอบ โดยมีสัญลักษณ์ของฟังก์ชันและการกำหนดค่าให้กับฟังก์ชันดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Learn Pattern 2

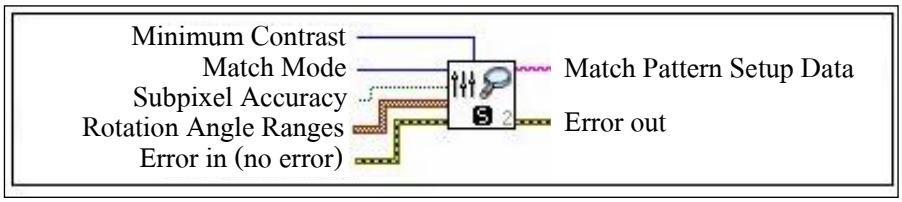
จากรูปที่ 3.16 ฟังก์ชันนี้สามารถกำหนดข้อมูลในการทำงานของฟังก์ชันและประมวลผลส่งค่าออกมาได้ดังนี้

- Image ใช้สำหรับกำหนดภาพอ้างอิงหรือภาพต้นแบบที่ต้องการค้นหาในกระบวนการตรวจสอบด้วยภาพ

- Learn Pattern Setup Data ใช้รับค่าค่าพารามิเตอร์ที่ส่งมาจาก IMAQ Setup Learn Pattern 2 ในรูปแบบข้อมูลตัวอักษร

- Template Image Out จะทำหน้าที่ส่งภาพต้นแบบที่มีการกำหนดรูปแบบสำหรับการจับคู่แล้ว

- IMAQ Setup Match Pattern 2 เป็นฟังก์ชันการทำงานที่อยู่ในกลุ่มของ Pattern Matching เพื่อการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่จะใช้ในระหว่างขั้นตอนการจับคู่ ก่อนที่จะดำเนินการขั้นตอนจับคู่โดยฟังก์ชัน IMAQ Match Pattern 2 ซึ่งมีสัญลักษณ์และการกำหนดค่าให้กับฟังก์ชัน ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Setup Match Pattern 2

จากรูปที่ 3.21 ฟังก์ชันนี้สามารถกำหนดข้อมูลในการทำงานของฟังก์ชันและประมวลผลส่งค่าออกมาได้ดังนี้

- Minimum Contrast คือ การกำหนดค่าความแตกต่างความคมชัดต่ำสุดระหว่างค่าพิกเซลที่สูงที่สุดและต่ำที่สุดในการตรวจสอบด้วยภาพ ถ้าไม่กำหนดให้จะมีค่าเริ่มคือ 0

- Match Mode คือ การระบุโหมดที่จะใช้ในการตรวจสอบด้วยภาพมีทั้งหมด 2 โหมด โดยการกำหนดค่าเป็นตัวเลข 0 - 1 ดังนี้

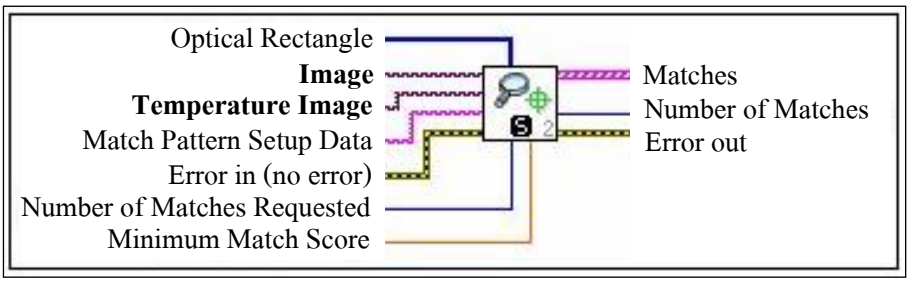
  ➢ 0 Shift Invariant คือ การค้นหาภาพต้นแบบที่มีการหมุนไปจากแนวขอบของภาพต้นแบบไม่เกิน ±4 องศา

  ➢ 1 Rotation Invariant คือ การค้นหาภาพต้นแบบโดยไม่คำนึงถึงการหมุนของภาพต้นแบบ

- Rotation Angle Ranges (degrees) คือการระบุช่วงการหมุนของภาพต้นแบบ เป็นข้อมูลแบบอาร์เรย์ โดยจะระบุก่อนการตรวจสอบ เพื่อกำหนดมุมต่ำสุดและสูงที่สุดที่ยอมให้ภาพที่ตรวจพบมีมุมการหมุนไปจากแนวขอบของภาพต้นแบบได้ในการจับคู่ภาพ

- Match Pattern Setup Data เป็นการส่งค่าในลักษณะข้อมูลเป็นสตริงออกไปให้กับ IMAQ Match Pattern 2 เพื่อตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับขั้นตอนการจับคู่

- IMAQ Match Pattern 2 เป็นฟังก์ชันการทำงานในกลุ่ม Pattern Matching เพื่อค้นหาภาพต้นแบบในภาพที่ต้องการตรวจสอบว่ามีภาพต้นแบบอยู่ในภาพนั้นหรือไม่ และแสดงค่าที่ประมวลผลออกมาว่าภาพที่ค้นหาเจอนั้นมีมุมการหมุนไปจากแนวขอบของภาพต้นแบบเท่าใด ตำแหน่งที่พบ ขนาดที่เปลี่ยนแปลงจากภาพต้นแบบคิดเป็นอัตราร้อยละเท่าใด และความสมบูรณ์ของภาพที่พบมีมากน้อยเท่าใด โดยมีสัญลักษณ์ของฟังก์ชันและการกำหนดค่าดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 แสดงฟังก์ชัน IMAQ Match Pattern 2

จากรูปที่ 3.22 ฟังก์ชันนี้สามารถกำหนดข้อมูลในการทำงานของฟังก์ชันและประมวลผลส่งค่าออกมาได้ดังนี้

- Optional Rectangle เป็นการกำหนดกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อเป็นพิกัดของพื้นที่ที่ใช้ในการประมวลผล โดยระบุค่า 4 ค่าคือ ระยะขอบซ้าย ขอบบน ขอบขวาและขอบล่าง หากไม่ระบุจะทำการประมวลทั้งภาพ
- Image คือ ภาพที่ต้องการตรวจสอบเพื่อการจับคู่ภาพต้นแบบ
- Template Image คือ ภาพต้นแบบที่จะใช้ในการจับคู่ โดยรับมาจาก IMAQ Learn Pattern 2
- Match Pattern Setup Data เป็นการตั้งค่าข้อมูลชนิดสตริงที่ได้รับมาจากฟังก์ชัน IMAQ Setup Match Pattern 2 เพื่อตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับขั้นตอนการจับคู่
- Number of Matches Requested คือ จำนวนที่คาดหวังว่าจะพบภาพต้นแบบที่ถูกต้องในการจับคู่
- Minimum Match Score คือ การกำหนดค่าที่สุดที่การจับคู่จะสามารถพิจารณาความถูกต้องของภาพได้ โดยกำหนดค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1000

- Matches คือ ข้อมูลอาร์เรย์ที่ส่งค่าการประมวลผลออกมาได้แก่ ตำแหน่งของภาพที่จับคู่กับภาพต้นแบบได้ มุมการหมุนไปจากแนวขอบของภาพต้นแบบ ขนาดของภาพที่เปลี่ยนแปลงไปจากภาพต้นแบบโดยคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละของภาพต้นแบบ และระดับความถูกต้องของภาพระดับ 0 ถึง 1000 โดยที่ 0 เท่ากับไม่ตรงกับภาพต้นแบบเลย และ 1000 เท่ากับการจับคู่ภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์

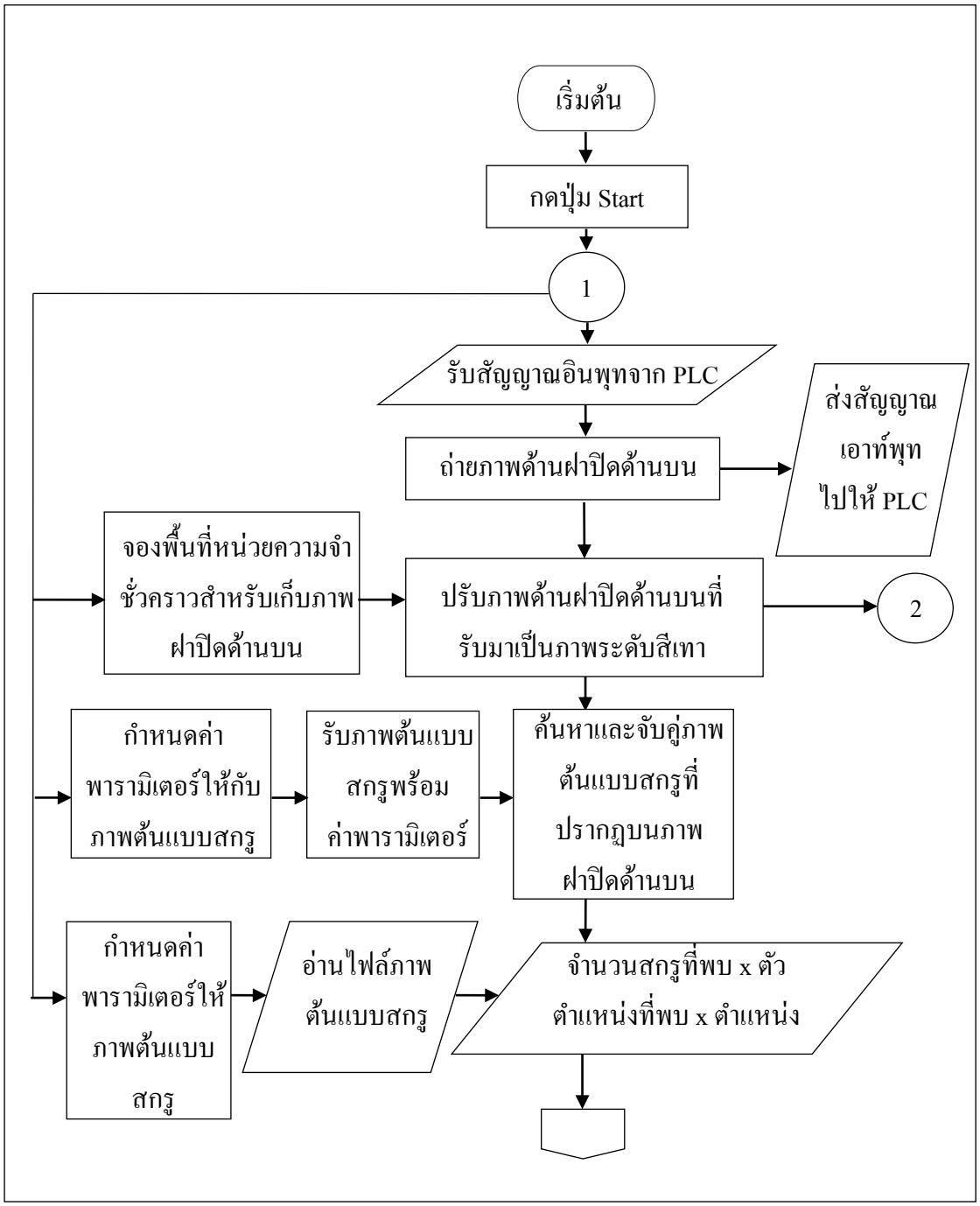
3.4.3 การควบคุมการทำงานของระบบการตรวจสอบด้วยภาพ

สำหรับการควบคุมการทำงานของการตรวจสอบด้วยภาพจะใช้โปรแกรม LabVIEW ในการจับภาพเพื่อการตรวจสอบความสมบูรณ์ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยการรับสัญญาณจาก PLC มาสั่งให้กล้องถ่ายภาพแล้วจึงส่งข้อมูลเข้าโปรแกรม LabVIEW เพื่อทำการตรวจสอบความสมบูรณ์แล้วแจ้งข้อมูลให้กับผู้ใช้ทราบ โดยการแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ และแจ้งให้ผู้ใช้งานได้ทราบด้วยว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไม่ผ่านการตรวจสอบด้วยสาเหตุใดและด้านใด เมื่อถ่ายภาพเสร็จแล้วจะส่งสัญญาณกลับไปให้ PLC สั่งให้ชุดกลไกทำงานขั้นต่อไป การส่งและรับสัญญาณนี้จะใช้ Data Acquisition Board (DAQ) NI USB 6008 ของบริษัท National Instruments ซึ่งมีช่องสัญญาณอินพุทชนิดสัญญาณอนาล็อก 8 ช่อง สัญญาณเอาท์พุท 2 ช่องช่องสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทชนิดสัญญาณดิจิตอลจำนวน 12 ช่อง ดังแสดงในรูปที่ 3.23

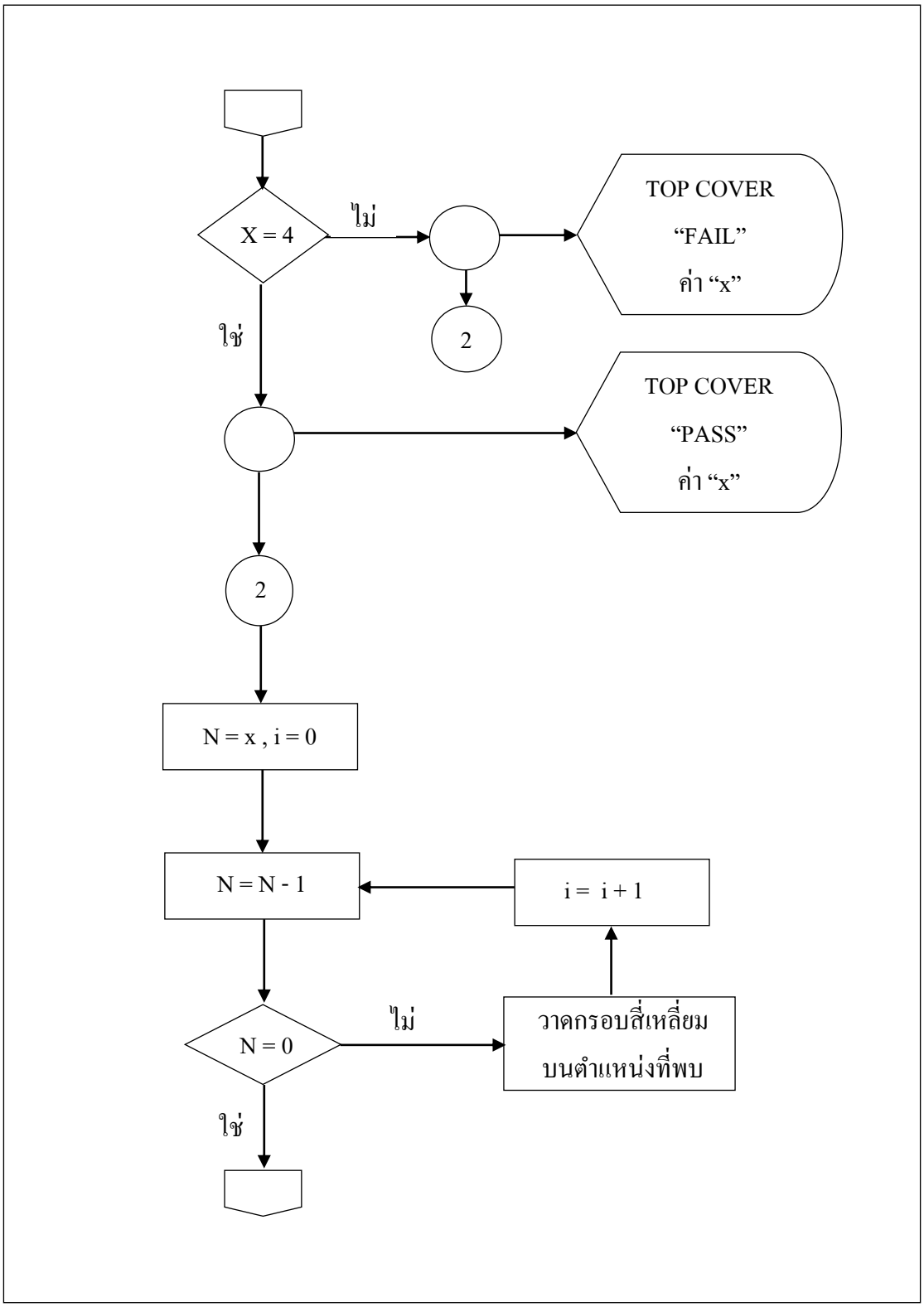
รูปที่ 3.23 แสดง DAQ NI USB 6008

3.4.4 การทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ

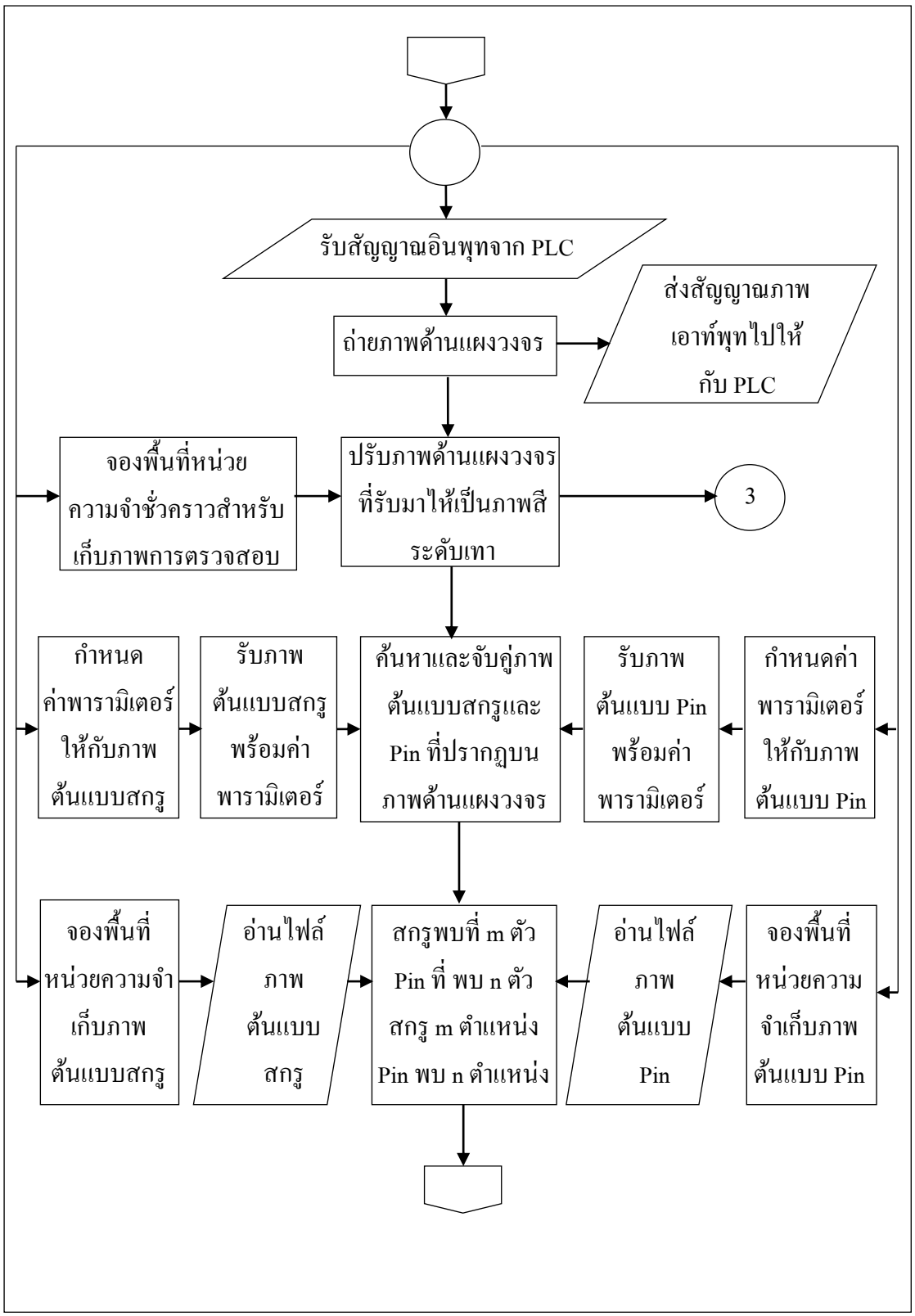
การทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพมีแผนผังการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.24



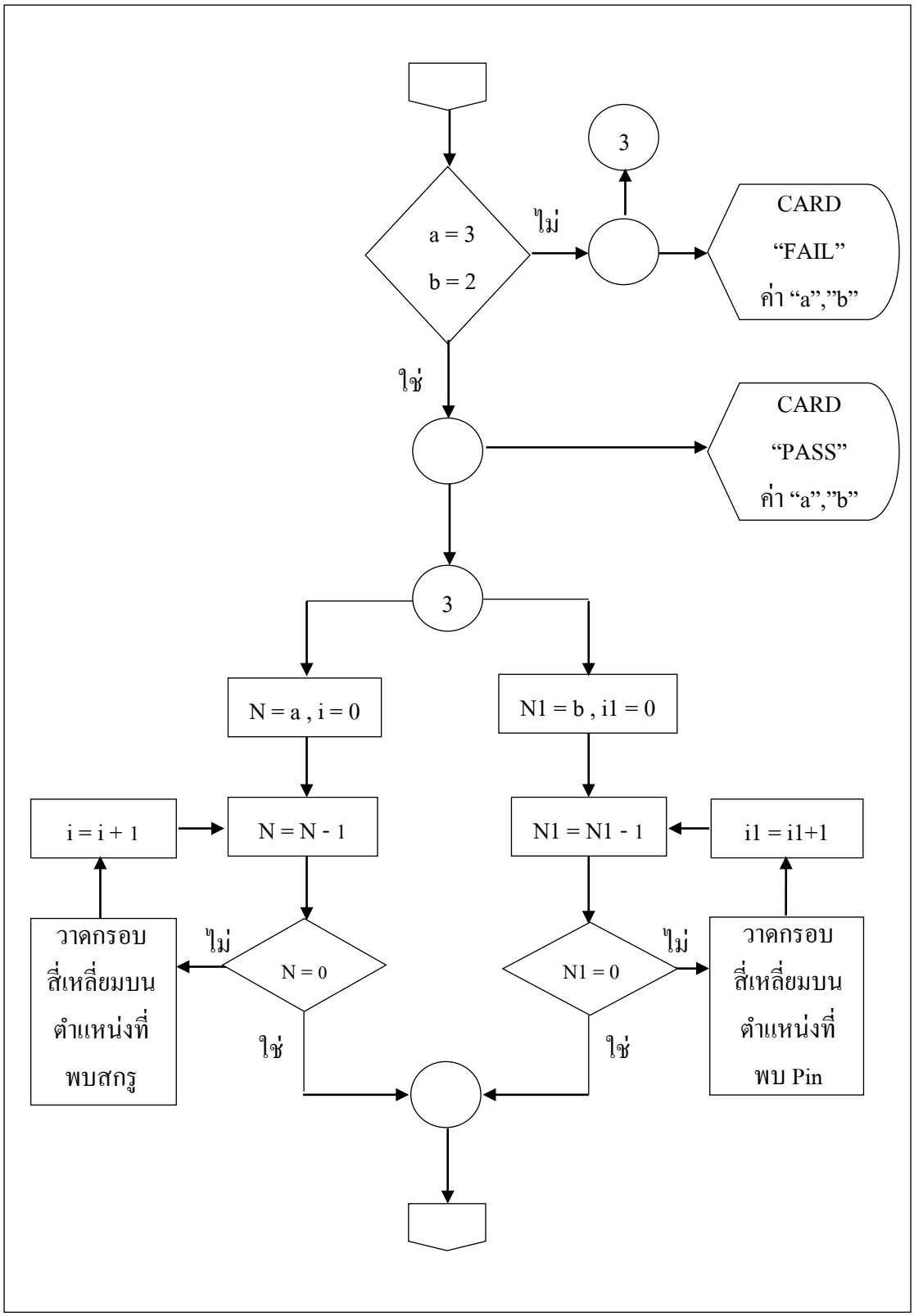
รูปที่ 3.24 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ



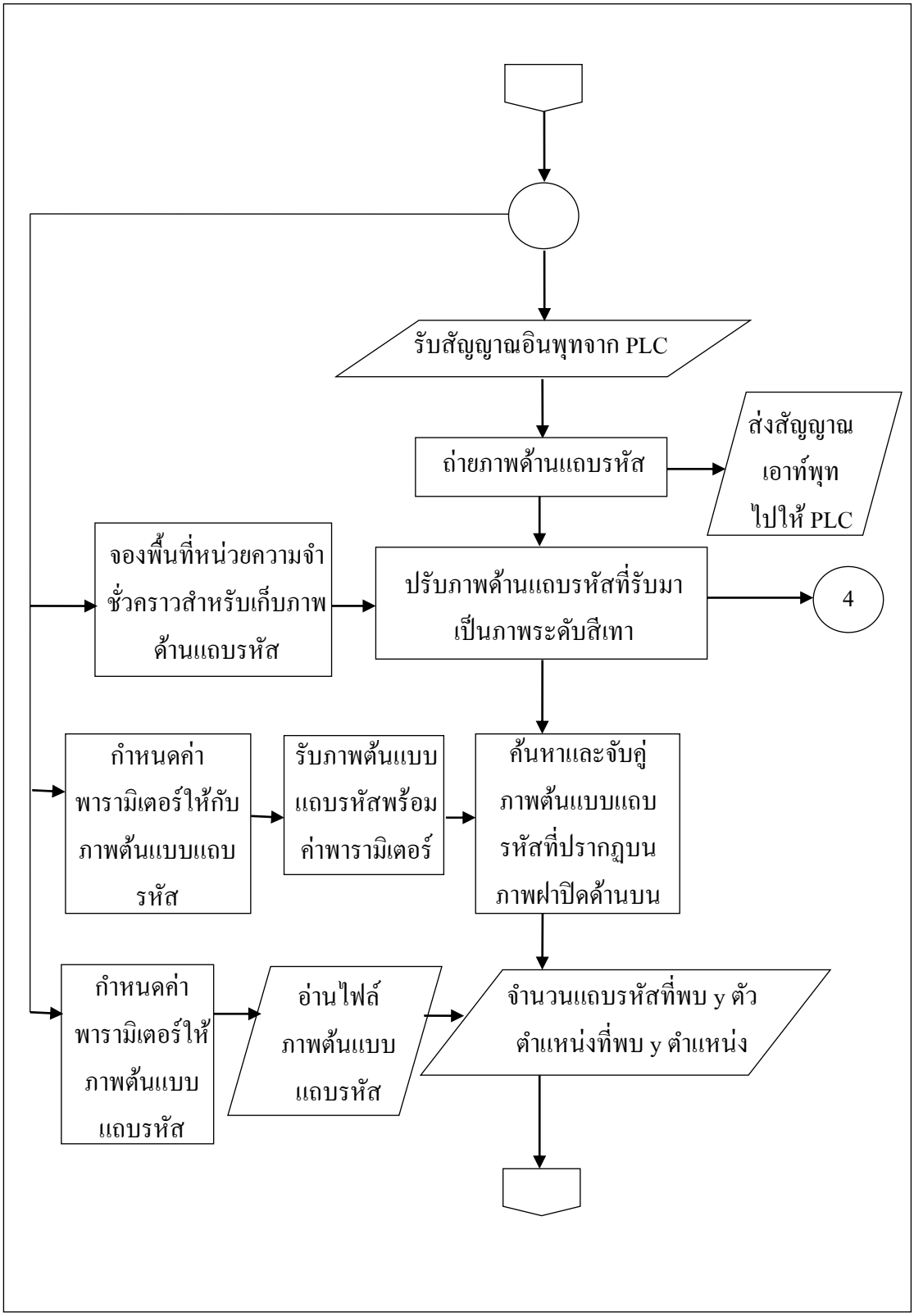
รูปที่ 3.24 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ (ต่อ)



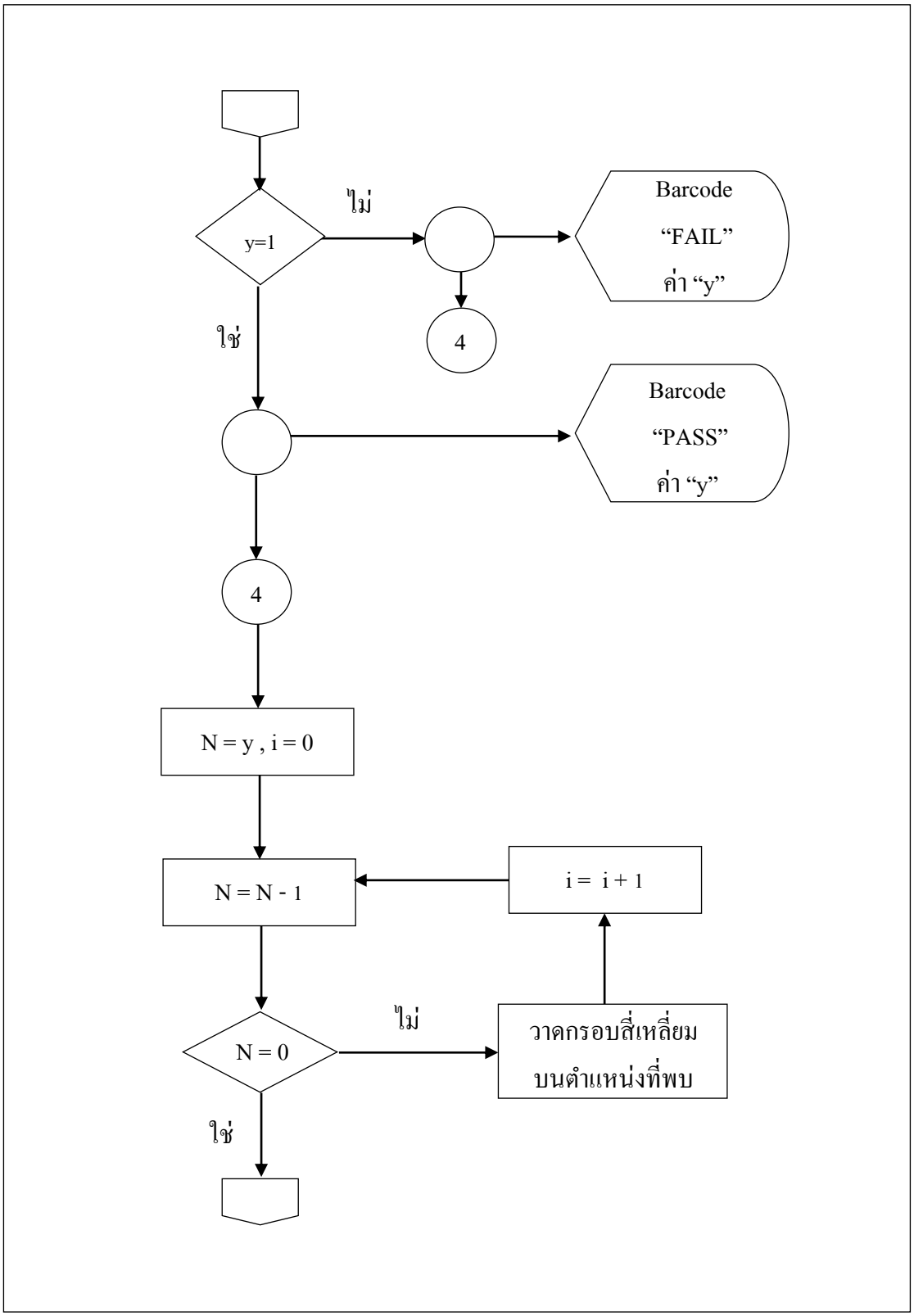
รูปที่ 3.24 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ (ต่อ)



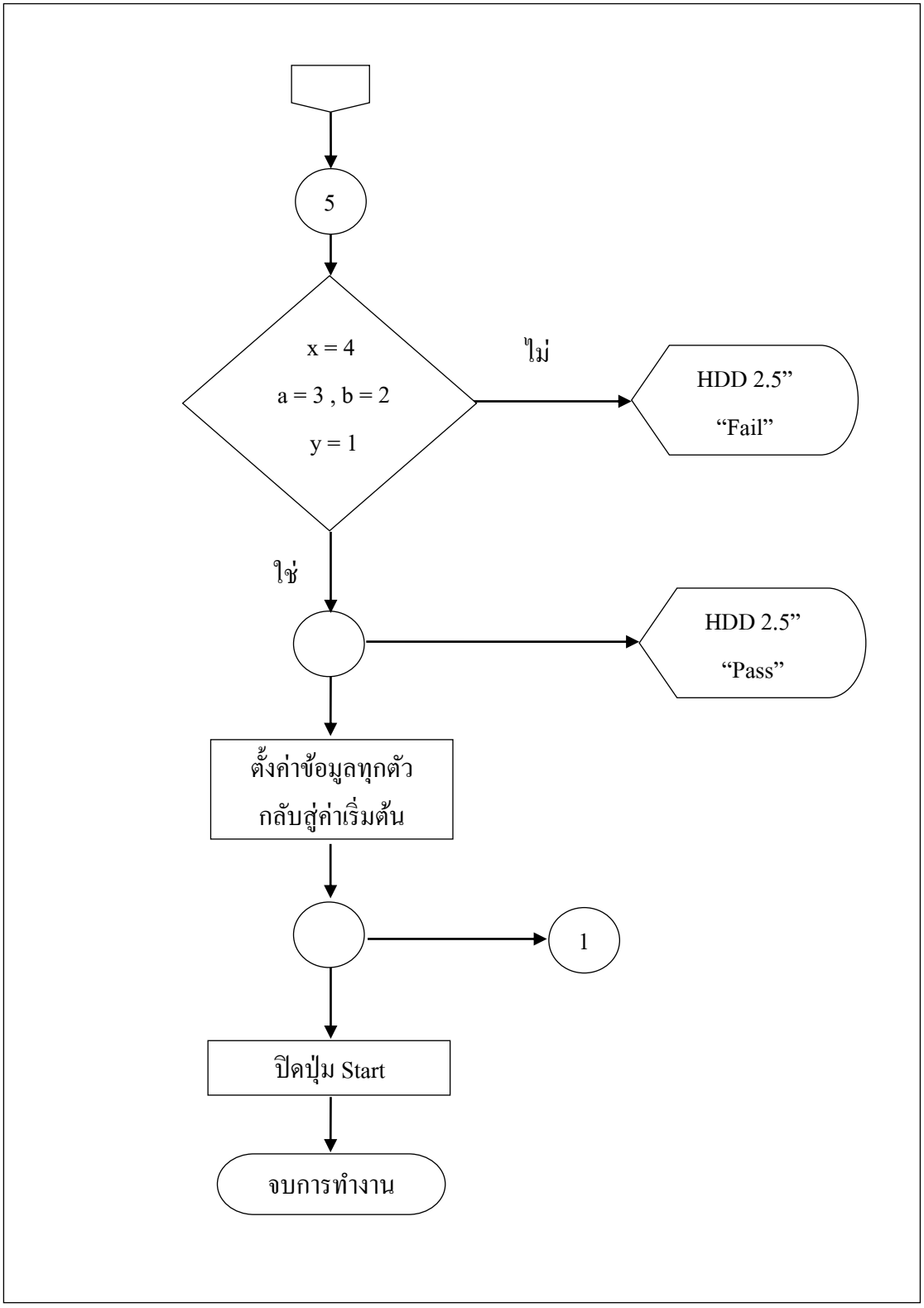
รูปที่ 3.24 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ (ต่อ)



รูปที่ 3.24 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ (ต่อ)



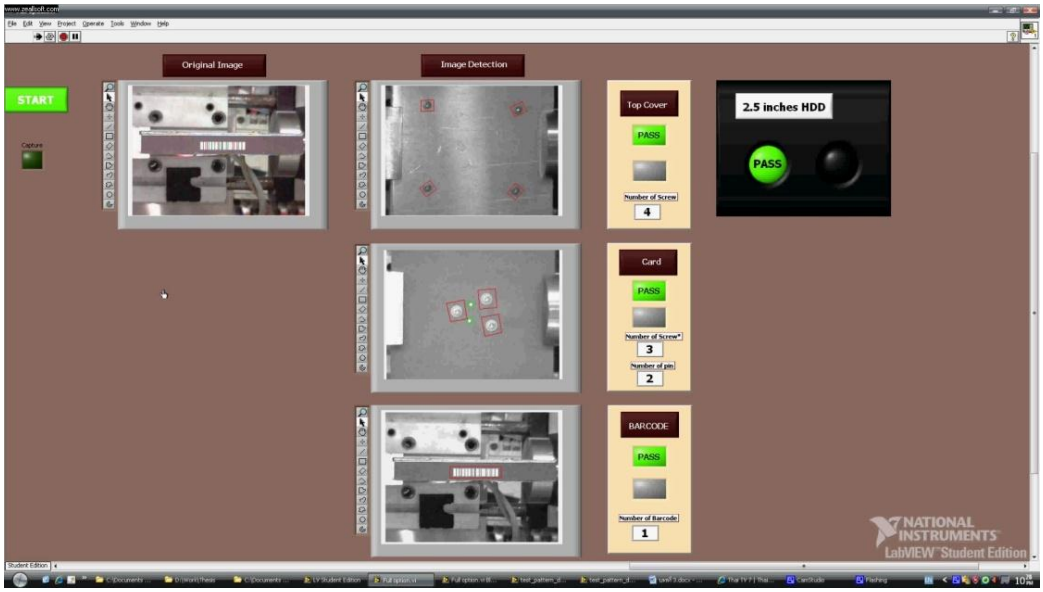
รูปที่ 3.24 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ (ต่อ)



รูปที่ 3.24 แสดงแผนผังการทำงานของโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ (ต่อ)

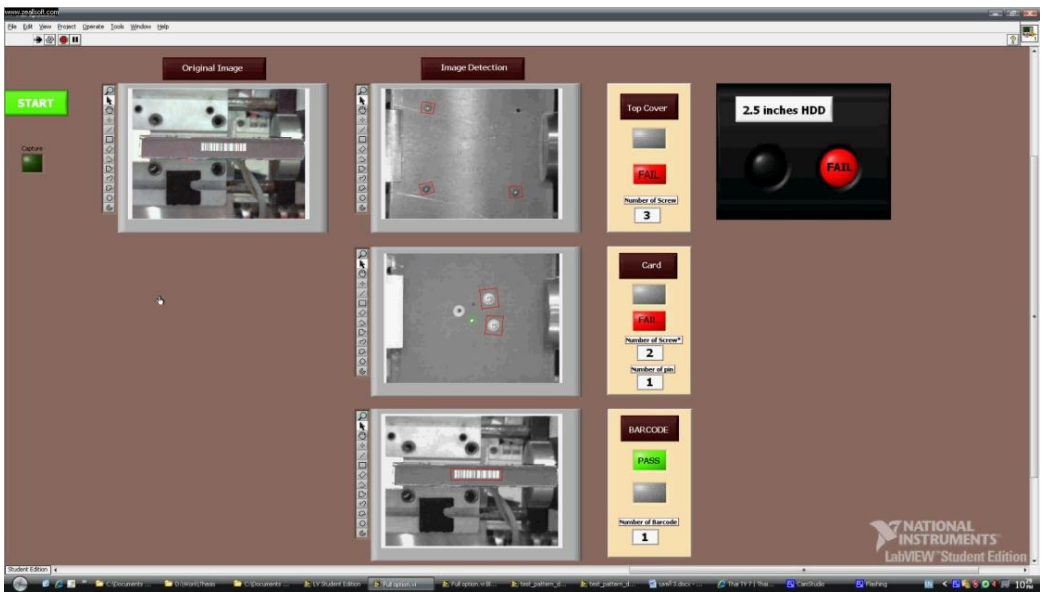
3.4.5 การแสดงผลการตรวจสอบด้วยภาพ

ในการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยภาพจะแสดงผลการตรวจสอบออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยการแสดงภาพที่ตรวจสอบ ตำแหน่งที่ตรวจพบภาพต้นแบบตามที่ผู้ผลิตกำหนด จำนวนที่ตรวจพบ ผลการตรวจสอบในแต่ละด้าน หากในแต่ละด้านหาวัตถุตามภาพต้นแบบครบตามจำนวนที่กำหนดจะแสดงผลการตรวจสอบว่า “PASS” แต่ถ้าหาวัตถุตามภาพต้นแบบไม่ครบตามจำนวนที่กำหนดจะแสดงผลการตรวจสอบว่า “FAIL” และเมื่อตรวจสอบครบทั้งสามด้านแล้ว ถ้าผลการตรวจสอบผ่านทั้งสามด้านจะแสดงผลการตรวจสอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตัวนี้ว่า “PASS” แต่ถ้ามีด้านใดด้านหนึ่งไม่ผ่านการตรวจสอบจะแสดงผลการตรวจสอบว่า “FAIL” ดังแสดงในรูปที่ 3.25



a. ตัวอย่างการแสดงผลการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่สมบูรณ์

รูปที่ 3.25 แสดงผลการตรวจสอบด้วยภาพ

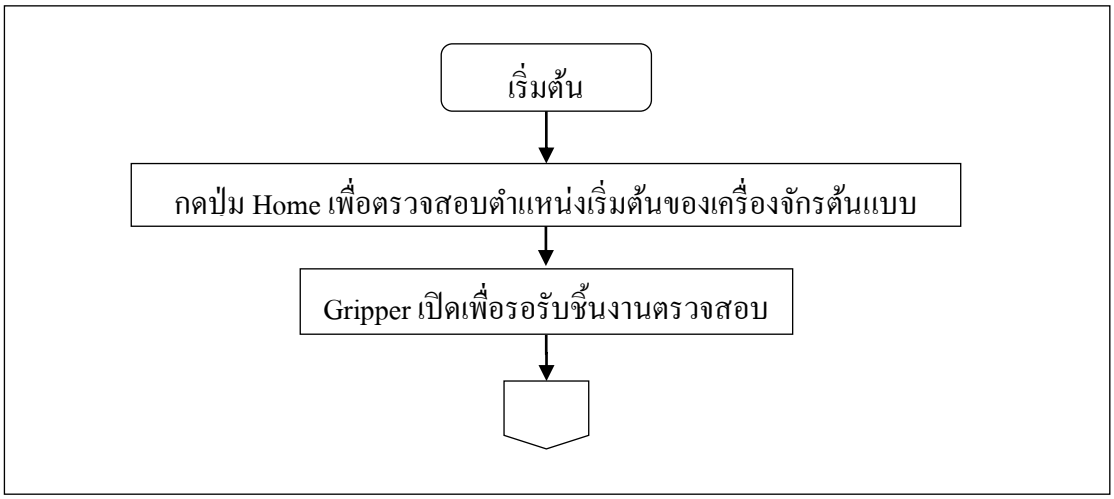


b. ตัวอย่างการแสดงผลการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ไม่สมบูรณ์

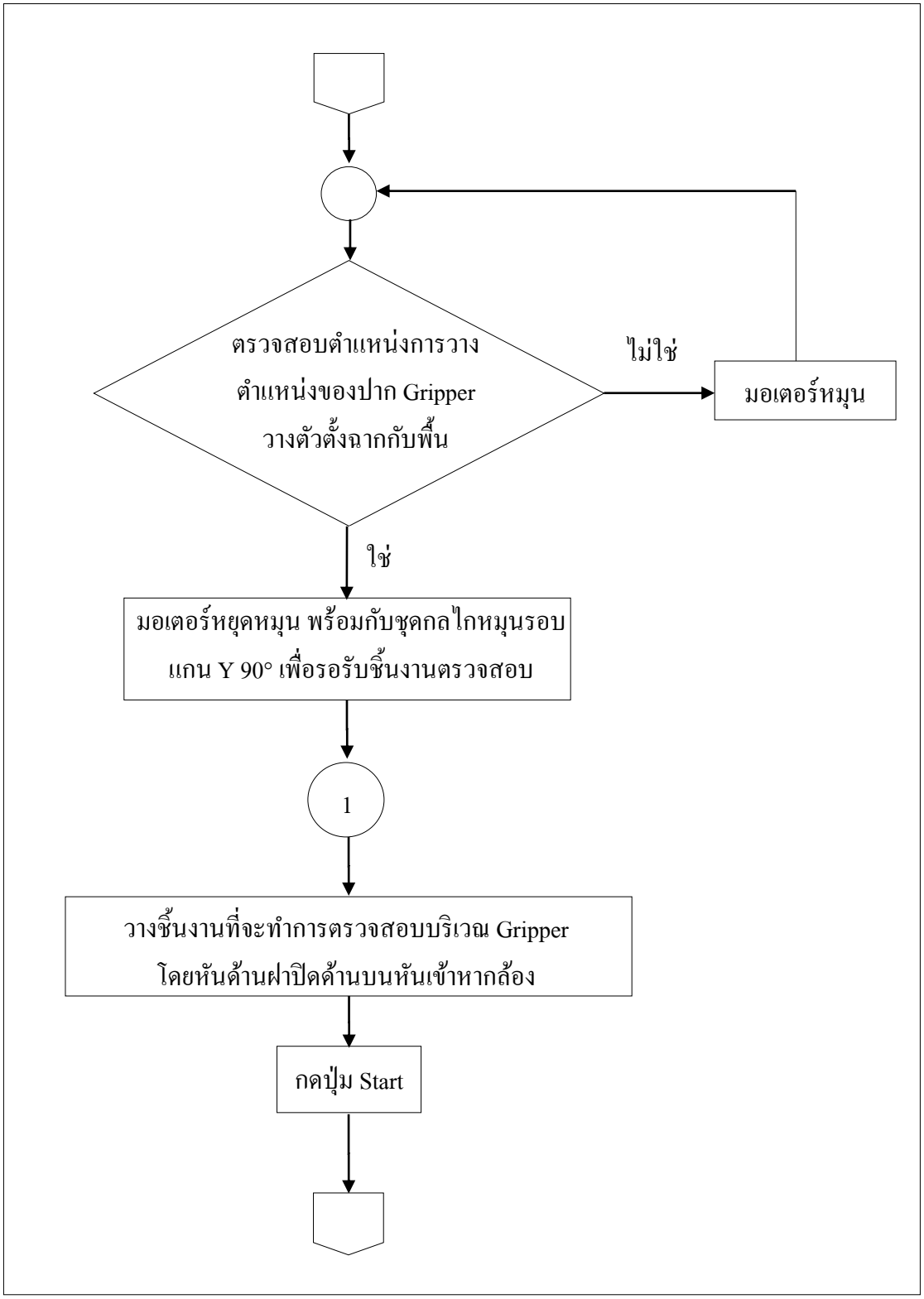
รูปที่ 3.25 แสดงผลการตรวจสอบด้วยภาพ (ต่อ)

3.5 แผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ

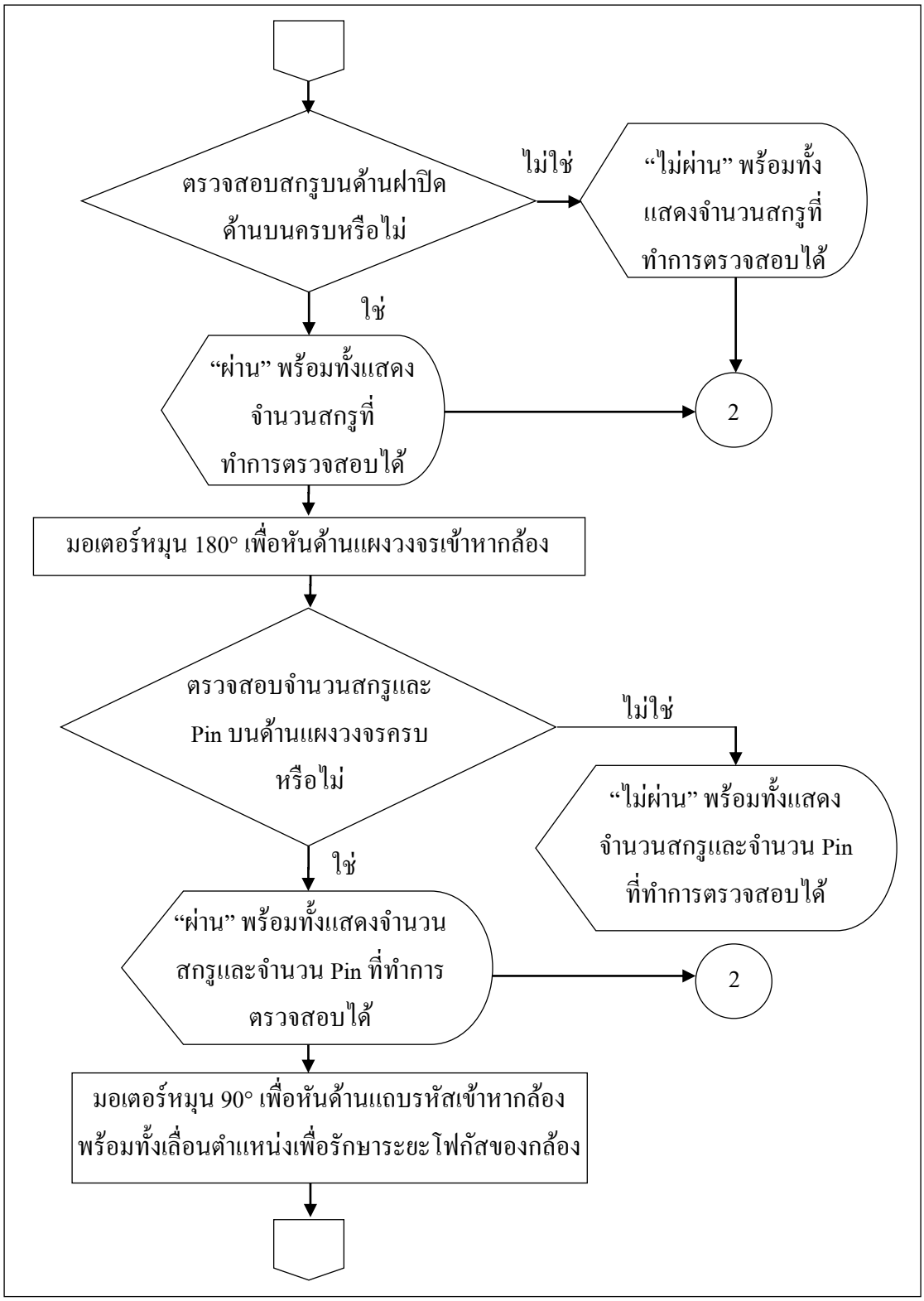
เครื่องจักรต้นแบบสำหรับการตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เชิงมองเห็นแบบอัตโนมัติ มีแผนผังการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.26



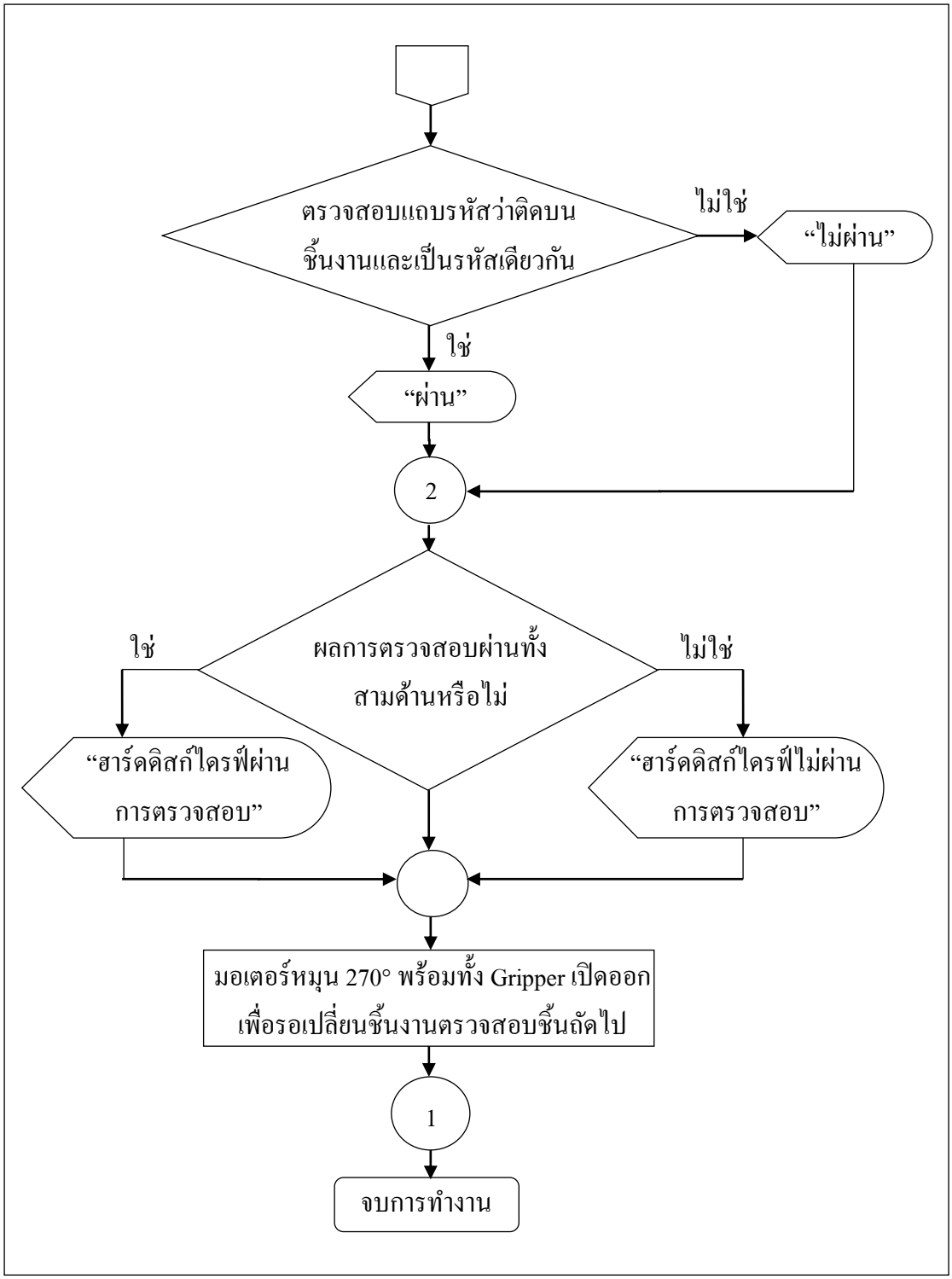
รูปที่ 3.26 แสดงแผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ



รูปที่ 3.26 แสดงแผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ (ต่อ)



รูปที่ 3.26 แสดงแผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ (ต่อ)

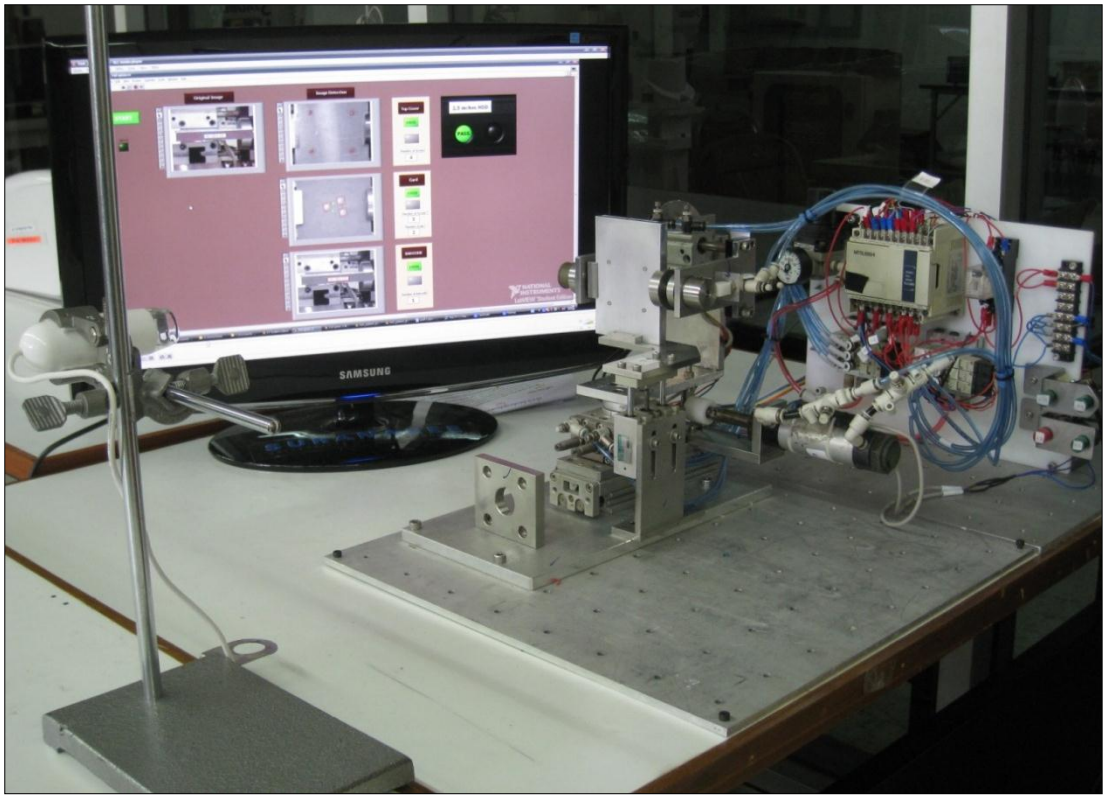


รูปที่ 3.26 แสดงแผนผังการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ (ต่อ)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

สำหรับบทนี้จะนำเสนอผลการดำเนินงานสร้างเครื่องจักรต้นแบบเพื่อตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยกระบวนการวิจัยนี้ได้แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ระบบ คือระบบการทำงานของชุดกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และระบบการทำงานของการตรวจสอบด้วยภาพ จึงต้องทำการทดสอบระบบทั้งสองระบบให้สมบูรณ์ก่อนที่จะนำมาทำงานร่วมกัน เพื่อการทำงานถูกต้องและแม่นยำ



รูปที่ 4.1 แสดงเครื่องจักรต้นแบบเพื่อตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบอัตโนมัติ

4.1 ผลการทดสอบการทำงานของชุดกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

การทำงานของกลไกจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นี้จะทำการจับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หมุนด้านที่ต้องการทำการตรวจสอบเข้าหากล้องโดยงานวิจัยนี้จะทำการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทั้งหมด 3 ด้าน และการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบนี้ยังต้องใช้มนุษย์ในการนำชิ้นงานมาวางบนตัวเครื่องและถอดชิ้นงานออก การเก็บข้อมูลเวลาของการทำงานของเครื่องจักรจึงรวมเวลาในการใส่และถอดชิ้นงานด้วย ซึ่งการเก็บข้อมูลนี้เป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องจักรโดยยังไม่ได้ทำการวิเคราะห์ภาพ ได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาการทำงานของชุดกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ลำดับที่	ขั้นตอน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
1	นำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ใส่ชุดจับยึด	3.172
2	การทำงานของชุดกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	8.967
3	นำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ออกจากชุดจับยึด	2.129
รวม		14.268

จากผลการทดสอบเวลาการทำงานของชุดกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ใช้เวลาเฉลี่ย 14.268 วินาทีต่อการทำงาน 1 รอบ

4.2 ผลการทดสอบระบบตรวจสอบด้วยภาพ

ในการตรวจสอบด้วยภาพนี้จะทำการประมวลในโปรแกรม LabVIEW โดยการประมวลผลด้วยภาพจึงต้องคำนึงถึงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับการประมวลผล เวลาที่ใช้ในการประมวลผลและความถูกต้องในการประมวลผลด้วย

4.2.1 ผลการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลด้วยภาพ

ในการประมวลผลด้วยภาพสิ่งที่สำคัญและต้องควบคุมให้คงที่คือระยะโฟกัส ค่า Minimum Contrast และค่า Minimum Match Score ซึ่งในการวิจัยนี้มีข้อจำกัดของกล้อง ระยะโฟกัสจึงจำเป็นจะต้องกำหนดตามความสามารถของกล้องที่จะสามารถถ่ายภาพให้ครอบคลุมบริเวณที่ต้องการทดสอบได้ ในงานวิจัยนี้จึงควบคุมระยะโฟกัสคงที่ 35 เซนติเมตร และในการตรวจสอบชิ้นงานหากค่า Minimum Contrast และค่า Minimum Match Score ไม่เหมาะสมอาจทำให้

การตรวจสอบคลาดเคลื่อนได้ จึงต้องทำการทดสอบเพื่อหาค่า Minimum Contrast และค่า Minimum Match Score ที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลด้วยภาพ

ส่วนที่ต้องการตรวจสอบ	ค่า Minimum Match Score	ความถูกต้องในการตรวจสอบ (%) ที่ค่า Minimum Contrast			
		20	25	30	35
สกรูฝาปิดด้านบน	550	60	80	100	100
	600	70	90	100	100
	650	60	20	50	30
สกรูด้านแผงวงจร	550	100	100	100	100
	600	100	100	100	100
	650	100	100	100	100
Pin ด้านแผงวงจร	750	100	100	100	100
	800	100	100	100	100
	850	100	100	90	100
แถบรหัส	850	50	50	50	50
	900	100	100	100	100
	950	60	100	60	60

จากผลการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สามารถเลือกค่า Minimum Contrast และค่า Minimum Match Score ที่เหมาะสมสำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเลือกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับการประมวลผลด้วยภาพ

พารามิเตอร์ที่ควบคุม	ส่วนที่ต้องการตรวจสอบ			
	สกรูฝาปิดด้านบน	สกรูด้านแผงวงจร	Pin ด้านแผงวงจร	แถบรหัส
Minimum Match Score	600	600	800	900
Minimum Contrast	30	30	30	30

4.2.2 ผลการทดสอบเวลาที่ใช้ในการตรวจสอบด้วยภาพ

ในการตรวจสอบด้วยภาพนี้หากกล้องถ่ายภาพและส่งข้อมูลเข้าโปรแกรมสำหรับการประมวลผลใช้เวลาการตรวจสอบน้อยมาก แต่เนื่องจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีการเคลื่อนที่ กล้องไม่สามารถถ่ายภาพได้ทันที จึงต้องมีการทดสอบเพื่อหาเวลาในการถ่ายภาพที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ทดสอบเวลาที่ใช้ในการประมวลหลังจากที่กล้องถ่ายภาพแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบเวลาที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพ

การวิเคราะห์	เวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพ (วินาที)				
	0.5	1	1.5	2	2.5
ความถูกต้องในการประมวลผล (%)	8	34	52	98	98

จากผลการทดสอบหาเวลาที่เหมาะสมในการถ่ายภาพ ที่เวลา 2 วินาทีและ 2.5 วินาที มีความถูกต้องเท่ากันจึงเลือกเวลาที่ใช้ในการรอเพื่อถ่ายหลังจากที่ฮาร์ดดิสก์อยู่ในตำแหน่งที่พร้อมจะถ่ายภาพแล้ว 2 วินาที

ตารางที่ 4.5 แสดงเวลาในการตรวจสอบด้วยภาพ

ชิ้นงานทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	เวลาเฉลี่ยในการตรวจสอบถูกต้อง (วินาที)				
		ด้านฝาปิดด้านบน	ด้านแผงวงจร	ด้านแถบรหัส	ผลการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	เวลารวม
1	30	0.284	0.268	0.218	0.116	0.886
2	30	0.288	0.288	0.265	0.131	0.972
3	30	0.238	0.249	0.281	0.136	0.904
4	30	0.213	0.213	0.217	0.106	0.749
5	30	0.167	0.196	0.169	0.135	0.667
6	30	0.210	0.169	0.190	0.130	0.699
เฉลี่ย		0.233	0.231	0.223	0.126	0.813

จากผลการทดสอบเวลาการตรวจสอบด้วยภาพของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้านฝาปิดด้านบนใช้เวลาในการตรวจสอบเฉลี่ย 0.233 วินาที ด้านแผงวงจร 0.231 วินาที ด้านแถบรหัส 0.223 วินาทีและ ใช้เวลาเฉลี่ย 0.813 วินาทีในการตรวจสอบด้านทั้ง 3 ด้าน และรายงานผลออกมาว่าผ่านการตรวจสอบหรือไม่ โดยเป็นการบันทึกเวลาหลังจากที่กล้องได้ถ่ายภาพแล้ว

4.2.3 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ

โดยทำการตรวจสอบทั้งหมด 3 ด้านและในแต่ละด้านมีข้อกำหนดแตกต่างกันไปกรณีเกิดความเสียหายจึงต่างกัน ทางผู้วิจัยจึงจำลองชิ้นงานทดสอบที่เกิดความเสียหายและชิ้นงานสมบูรณ์ในกรณีต่าง ๆ จำนวน 6 ชิ้น เพื่อการทดสอบที่ครอบคลุมในทุกกรณี และได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องของการตรวจสอบด้วยภาพ

ชิ้นงานทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่การตรวจสอบถูกต้อง				เปอร์เซ็นความถูกต้องของการตรวจสอบ
		ด้านฝาปิดด้านบน	ด้านแผงวงจร	ด้านแถบรหัส	ผลการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	
1	30	29	30	30	29	96.67
2	30	30	30	30	30	100
3	30	28	30	30	28	100
4	30	30	30	30	30	100
5	30	30	30	30	30	100
6	30	30	30	30	30	100
รวม	180	177	180	180	177	98.33

จากผลการตรวจสอบด้วยภาพที่ได้มีความถูกต้อง 98.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในการตรวจสอบที่ผลการตรวจสอบไม่ถูกต้องนั้นเป็นการตรวจสอบที่ไม่พบสกรูที่ขันอยู่ แต่ในชิ้นงานที่เสียที่ไม่ได้ขันสกรู การติดแผงวงจรไม่ตรงตำแหน่งจึงทำให้ไม่เห็น Card Positioning Pin on Base หรือการไม่ติดแถบรหัสนั้น การตรวจสอบมีความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

4.3 ผลการตรวจสอบระบบการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เชิงมองเห็นแบบอัตโนมัติ

ในการตรวจสอบแบบอัตโนมัติจะต้องนำทั้งสองระบบมาทำงานร่วมกันจึงต้องมีการส่งผ่านข้อมูลระหว่างทั้งสองระบบ จึงต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบหลังจากนำระบบมารวมกันแล้ว โดยจะทำการทดสอบโดยใช้ชิ้นงานทั้งหมดจำนวน 6 ชิ้น แต่ละชิ้นจะทำการทดสอบทั้งสิ้น 50 รวมทั้งสิ้น 300 ครั้ง โดยได้ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบความถูกต้องของการทำงานเครื่องจักรต้นแบบ

ชิ้นงานทดสอบ	จำนวนครั้งที่ทดสอบ	จำนวนครั้งที่การตรวจสอบถูกต้อง				เปอร์เซ็นความถูกต้องของการตรวจสอบ
		ด้านฝาปิดด้านบน	ด้านแผงวงจร	ด้านแถบรหัส	ผลการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	
1	50	48	50	50	48	96.00
2	50	50	50	50	50	100.00
3	50	47	50	50	47	94.00
4	50	49	50	50	49	98.00
5	50	50	50	50	50	100.00
6	50	49	50	50	49	98.00
รวม	300	293	300	300	293	97.67

ตารางที่ 4.8 แสดงเวลาการทำงานเครื่องจักรต้นแบบ

ลำดับที่	ขั้นตอน	เวลาเฉลี่ย (วินาที)
1	นำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ใส่ชุดจับยึด	2.530
2	การทำงานของเครื่องจักรต้นแบบ	16.442
3	นำฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ออกจากชุดจับยึด	1.582
รวม		20.554

จากผลการทดสอบของเครื่องจักรต้นแบบจากผลการตรวจสอบด้วยภาพที่ได้มีความถูกต้อง 97.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในการตรวจสอบที่ผลการตรวจสอบไม่ถูกต้องนั้นเป็นการตรวจไม่พบสกรูที่ขันอยู่ และเกิดขึ้นกับด้านฝาปิดด้านบนเพียงด้านเดียว ส่วนอีกสองด้านและบริเวณที่ไม่ได้ขันสกรูการติดแผงวงจรไม่ตรงตำแหน่งจึงทำให้ไม่เห็น Card Positioning Pin on Base หรือการไม่ติดแถบรหัสนั้น การตรวจสอบมีความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

4.4 สรุปผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบทั้งสองระบบนั้น ระบบการทำงานของชุดกลไกอัตโนมัติสำหรับจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทำงานได้ถูกต้องแม่นยำและใช้เวลาเฉลี่ย 14.27 วินาทีต่อการทำงาน 1 รอบ ส่วนการทำงานของระบบการตรวจสอบด้วยภาพ มีความถูกต้อง 98.33 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการตรวจสอบเฉลี่ย 0.813 วินาที และเมื่อนำระบบมารวมกันแล้ว เครื่องจักรต้นแบบสามารถตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทั้งสามด้านโดยใช้เวลา 20.554 วินาที และมีความถูกต้องเฉลี่ยประมาณ 97.67 เปอร์เซ็นต์ ในการตรวจสอบที่ผลการตรวจสอบไม่ถูกต้องนั้นเป็นการตรวจไม่พบสกรูที่ขันอยู่ และเกิดขึ้นกับด้านฝาปิดด้านบนเพียงด้านเดียว ส่วนอีกสองด้านและบริเวณที่ไม่ได้ขันสกรู การติดแผงวงจรไม่ตรงตำแหน่งจึงทำให้ไม่เห็น Card Positioning Pin on Base หรือการไม่ติดแถบรหัสนั้น การตรวจสอบมีความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ผ่านการตรวจสอบออกไปจะเป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ ส่วนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ไม่ผ่านการตรวจสอบก็จะถูกนำไปตรวจสอบอีกครั้ง ด้วยการตรวจสอบด้วยสายตา จึงสามารถลดปริมาณแรงงานที่ต้องในการตรวจสอบด้วยตาลงได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ต้องตรวจสอบด้วยตานั้นจะเหลือเพียงผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการตรวจสอบด้วยภาพเท่านั้น และในส่วนของแถบรหัสที่แสดงรหัสของรุ่นผลิตภัณฑ์นี้หากตรวจด้วยสายตามนุษย์อาจเกิดความผิดพลาดได้ แต่ในการตรวจสอบด้วยภาพของเครื่องจักรต้นแบบนี้ สามารถทำการตรวจสอบได้หากรหัสบนแถบรหัสที่ติดอยู่ไม่ตรงกับแถบรหัสต้นแบบ

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างเครื่องจักรต้นแบบเพื่อการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เชิงมองเห็นด้วยระบบอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องจักรต้นแบบนี้สามารถตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ตามความต้องการของผู้ผลิตทุกประการ มีการแสดงผลและจัดเก็บข้อมูลฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ทำการตรวจสอบ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานหรือปรับปรุงการทำงานของเครื่องจักรต้นแบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการทดสอบระบบการตรวจสอบด้วยเครื่องจักรต้นแบบนี้มีความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 97.67 ของจำนวนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ทำการตรวจสอบทั้งหมด ซึ่งความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้เป็นการตรวจจับไม่พบสกรูที่ขันอยู่บนด้านฝาปิดด้านบน เนื่องจากสกรูของฝาปิดด้านบนมีลักษณะของสีและความเข้มของสีใกล้เคียงกันมาก ทำให้ภาพของสกรูบางตัวที่ทำการทดสอบเกิดการเปลี่ยนแปลงของพิกเซลไม่มากพอที่จะนำมาประมวลผลและตรวจพบได้ และรูสกรูที่ไม่มีการขันสกรูอยู่ก็จะไม่สามารถตรวจพบเช่นกัน โดยระบบจะทำการวิเคราะห์กรณีว่าไม่พบสกรูดังกล่าวส่งผลให้ไม่ผ่านการตรวจสอบ ก็จะถูกส่งไปตรวจสอบอีกครั้งเพื่อทำการแก้ไขฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ไม่ผ่านการตรวจสอบให้สมบูรณ์ ส่วนการตรวจสอบอีกสองด้านนั้นมีความถูกต้องแม่นยำ เนื่องจากด้านแผงวงจรมีสีพื้นเป็นสีน้ำเงินเข้ม ซึ่งมีความแตกต่างของความเข้มของสีระหว่างสกรู Pin และแผงวงจรอย่างชัดเจน ทำให้เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพิกเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพในทำนองเดียวกันด้าน Barcode ที่มีพื้นสีดำและตัว Barcode เป็นสีขาวแถบสีดำ ซึ่งมีความเข้มของสีต่างกันชัดเจน ก็ทำให้การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของพิกเซลมีประสิทธิภาพและแม่นยำ ซึ่งเฉพาะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ถูกต้องสมบูรณ์เท่านั้นที่จะผ่านการตรวจสอบ โดยใช้เวลาในการตรวจสอบทั้งระบบประมาณ 20.554 วินาทีในการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ 1 ตัว ผลการทดสอบที่ได้พบว่าการตรวจสอบด้วยวิธีการประมวลผลด้วยภาพได้ผลอยู่ในระดับดี ส่งผลให้ช่วยลดข้อผิดพลาดในการตรวจสอบด้วยสายตา ลดปริมาณแรงงานที่จะต้องใช้ในขั้นตอนการตรวจสอบได้เป็นอย่างดีและยังสามารถควบคุมเวลาในกระบวนการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากเครื่องจักรต้นแบบเพื่อตรวจสอบคุณภาพฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบอัตโนมัตินี้ มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ภาพสำหรับการประมวลผล หากต้องการตรวจสอบเป็นระบบเวลาจริง (Real Time System) ระยะโฟกัสและความเข้มของแสงในการทำงานจึงมีผลต่อการประมวลผลด้วยภาพ เพื่อความถูกต้องและแม่นยำจะต้องควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ให้คงที่อยู่เสมอ

5.2.2 ความละเอียดของกล้องที่นำมาใช้ ส่งผลต่อความแม่นยำในการตรวจสอบ หากนำกล้องที่มีความละเอียดสูงมาใช้งานความถูกต้องในการประมวลผลก็จะมากขึ้นด้วย และในงานที่ต้องการความแม่นยำสูงควรจะเลือกใช้กล้องที่มีความละเอียดสูง แต่ราคาก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

5.2.3 สำหรับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม อาจจะเพิ่มกลไกในการนำชิ้นงานมาใส่และถอดออกจากเครื่องจับยึดฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อการพัฒนาสู่ระบบอัตโนมัติที่สมบูรณ์ต่อไป

รายการอ้างอิง

กนต์ธร ชำนิประศาสน์ **การวัดเชิงกลด้วย LabVIEW**. สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Chen, T.Q., Murphey, Y.L., Zhang, J.X., and Zhou, Y.N. (2001) **A Smart Machine Vision System for PCB Inspection.** *IEA/AIE*.

Guerra, E., and Villalobos, J.R. (2001) **A three-dimensional automated visual inspection system for SMT assembly.** *Computers & Industrial Engineering 40.* (pp.175-190).

Kim, S.M., Lee, S.C., and Lee, Y.C. (2006) **Vision Based Automatic Inspection System for Nuts Welded on the Support Hinge.** *SICE-ICASE International Joint Conference 2006*.

National Instruments. (2005) **NI-IMAQ for USB Cameras (online)**. Available : http://www.csun.edu/~rd436460/Labview/NI-IMAQ_for_USB_Cameras_User_Guide.pdf

National Instruments.(2007) **NI Vision Assistant Tutorial (online).**Available: http://www.ni.com/pdf/manuals/372228h.pdf

National Instruments. (2005) **NI Vision Concepts Manual (online)**.Available: http://www.ni.com/pdf/manuals/372916e.pdf

Prommarak, N., and Chamniprasart, K. (2010) **Damage Screw Inspection Computer Vision Prototype Machine.** *Proceedings of International Conference on Data Storage Technology (DST-CON) Bangkok*, Thailand .

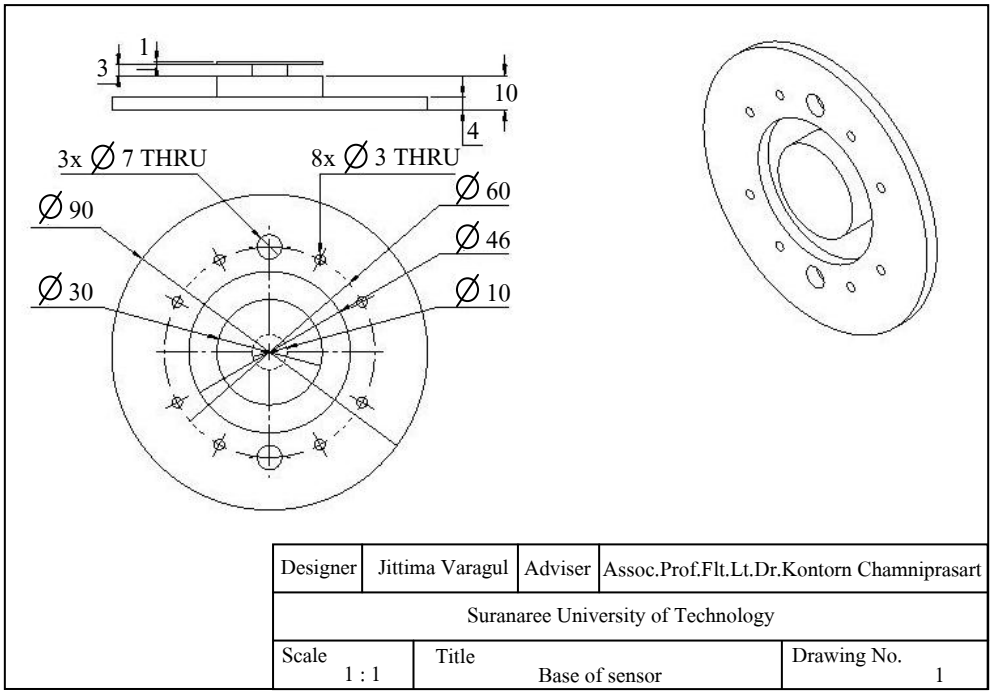
Wang, Z., Huan, Y., Ji, S., Yang, G., and Zhang, L. (2006) **Detecting assembling quality of Razor Based on the machine vision system.** *5th WSEAS*, pp. 49-52

Watanabe, T., Fujiwara, T., Kusano, A., and Koshimizu, H. (2007) **3D Precise Inspection of Electronic Devices by Single Stereo Vision.** *MVA2007 IAPR Conference on Machine Vision Applications*.

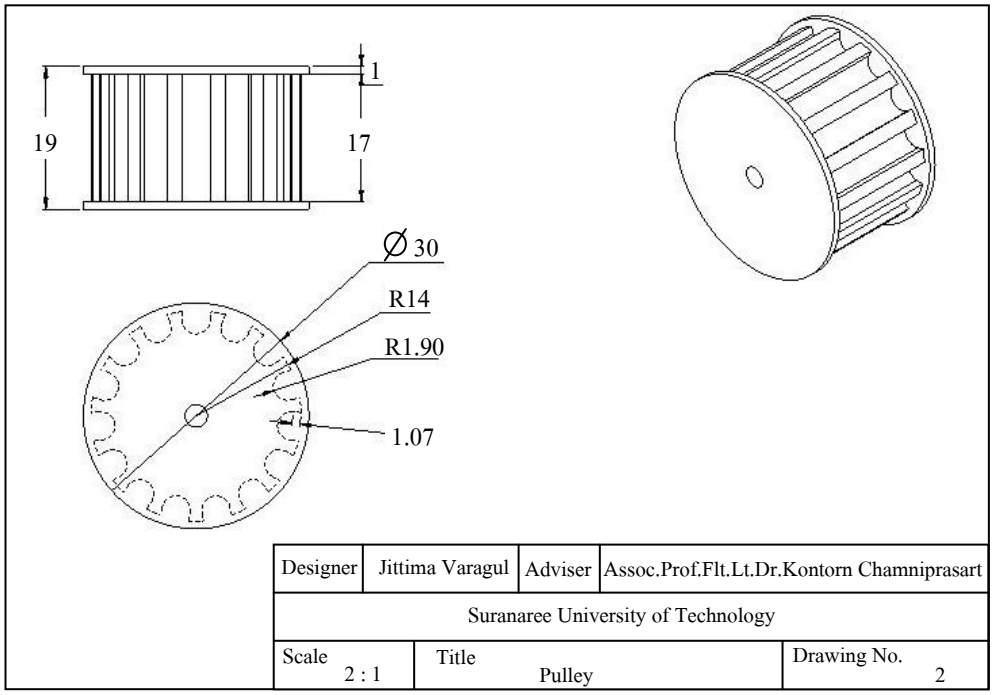
Youssef, S.M**.,** and Salem, R.M. (2007) **Automated barcode recognition for smart identification and inspection automation.** *Expert Systems with Applications 33***,** pp. 968-977**.**

ภาคผนวก ก

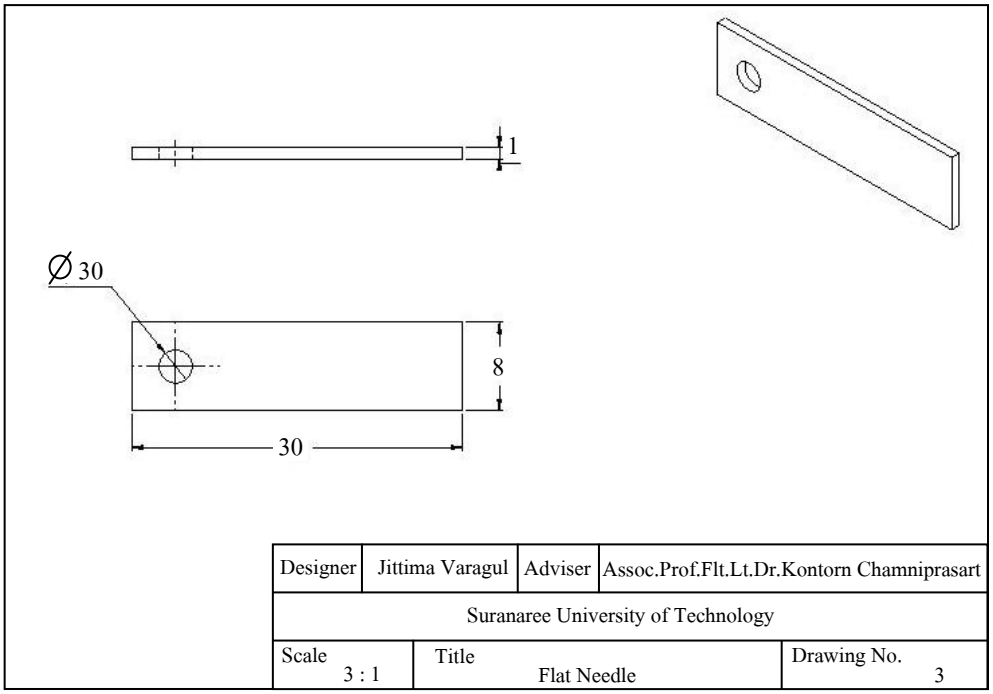
รายละเอียดขนาดชิ้นส่วนของเครื่องจักรต้นแบบ



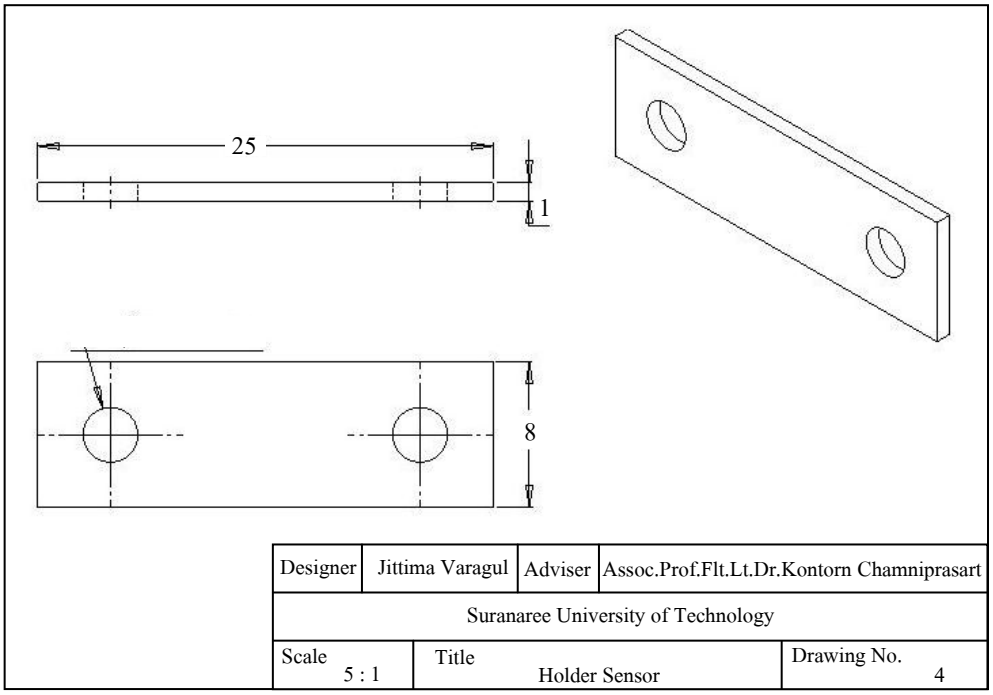
รูปที่ ก.1 แสดงรายละเอียดขนาดของ Base of Sensor



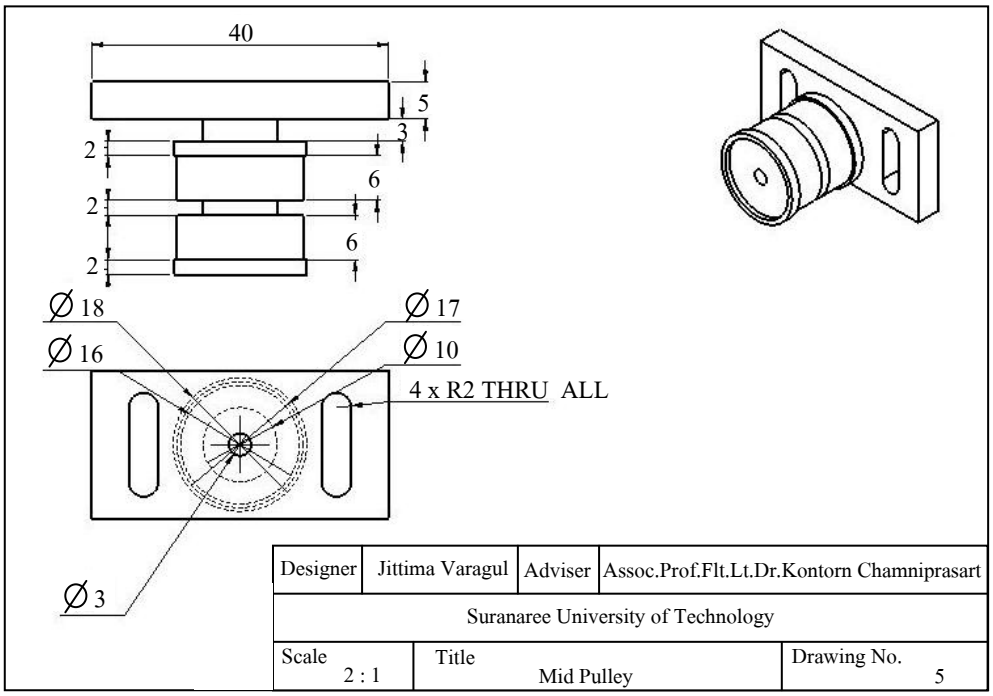
รูปที่ ก.2 แสดงรายละเอียดขนาดของ Pulley



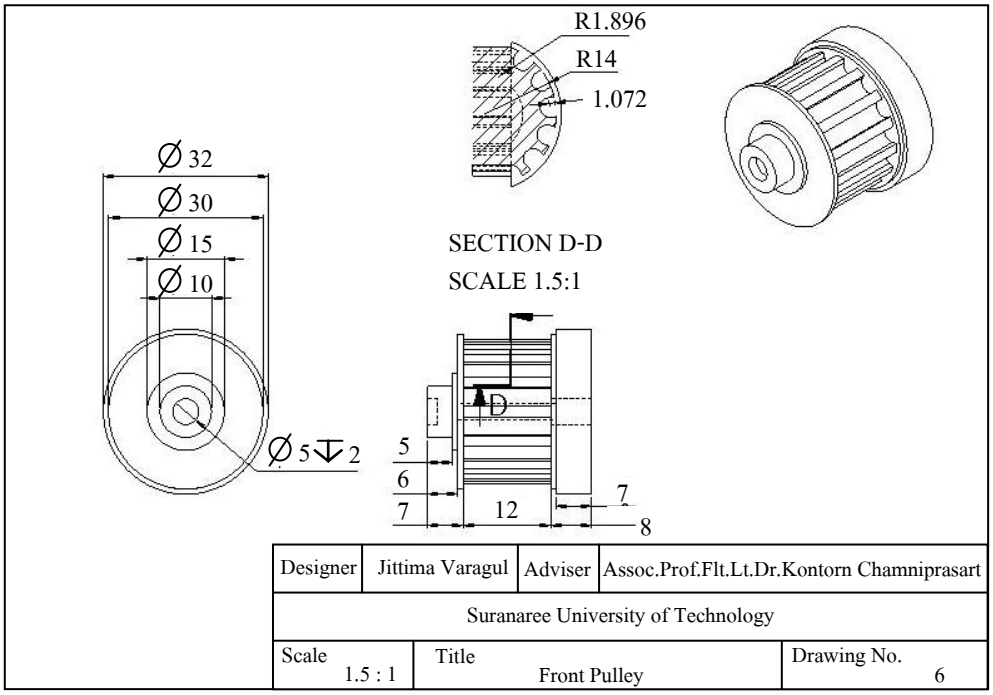
รูปที่ ก.3 แสดงรายละเอียดขนาดของ Flat Needle



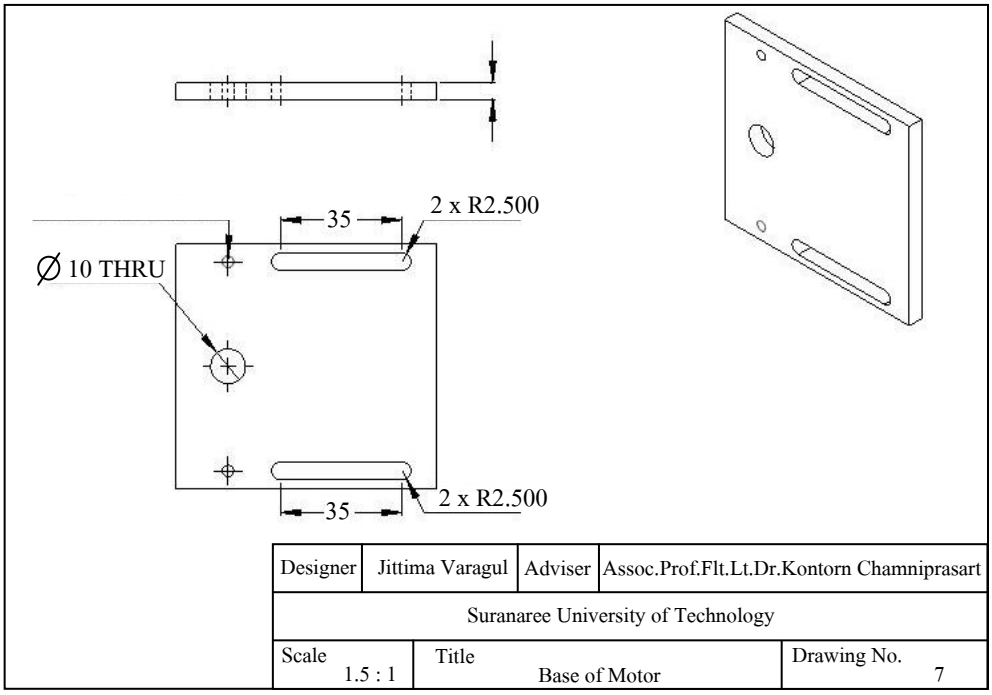
รูปที่ ก.4 แสดงรายละเอียดขนาดของ Holder Sensor



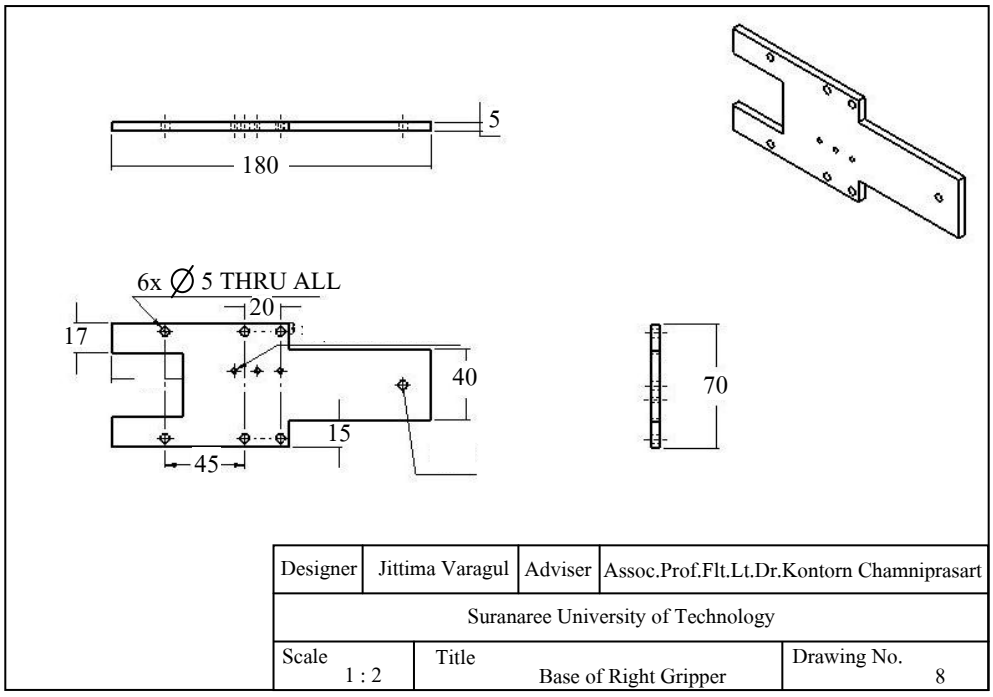
รูปที่ ก.5 แสดงรายละเอียดขนาดของ Mid Pulley



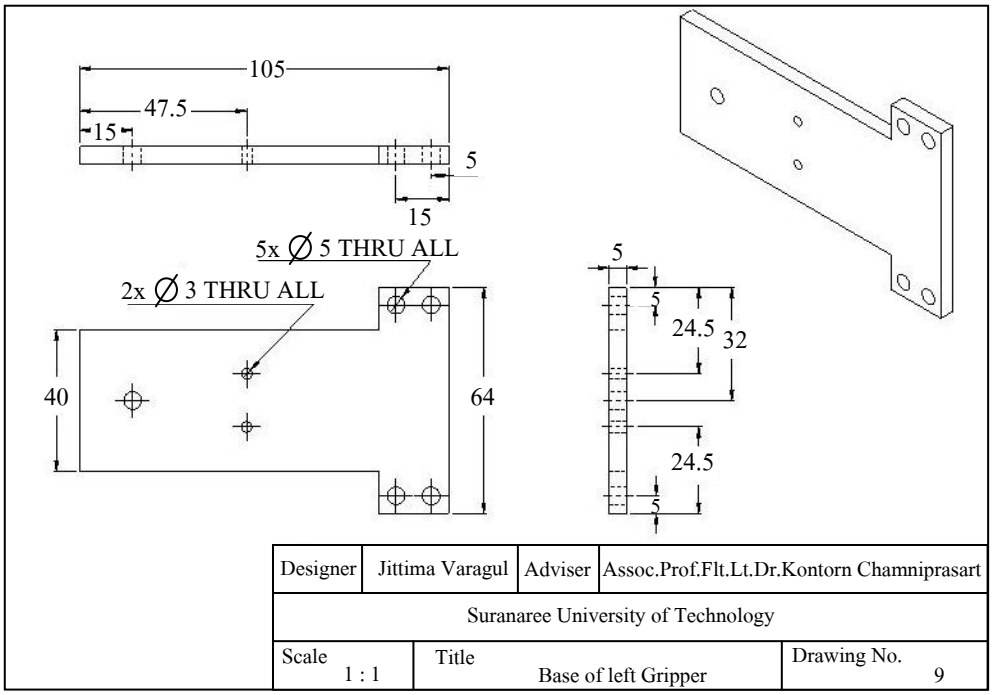
รูปที่ ก.6 แสดงรายละเอียดขนาดของ Front Pulley



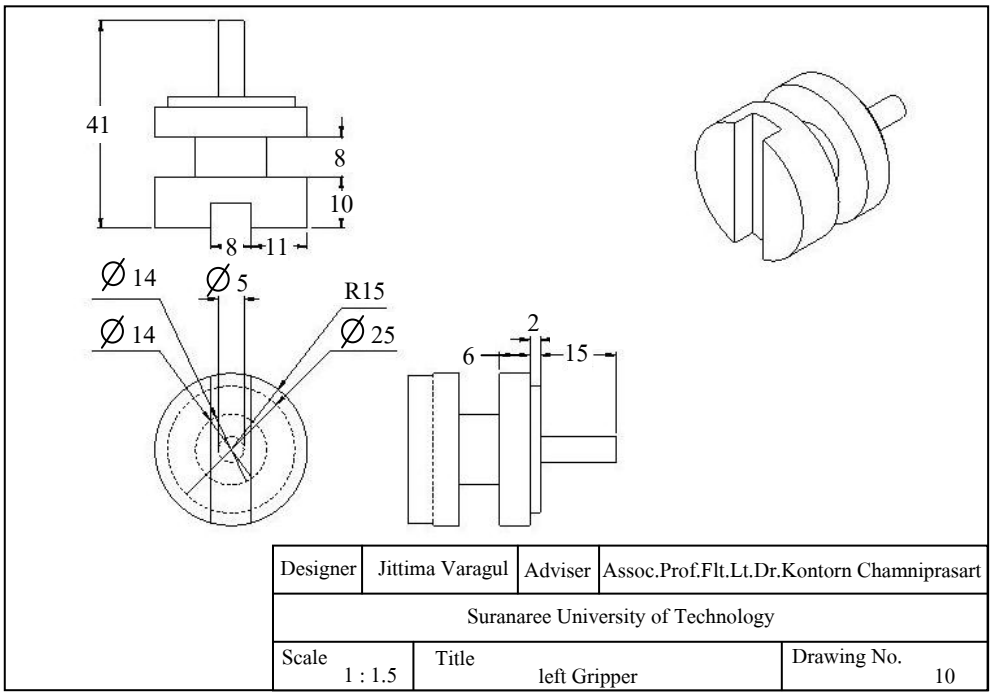
รูปที่ ก.7 แสดงรายละเอียดขนาดของ Base of Motor



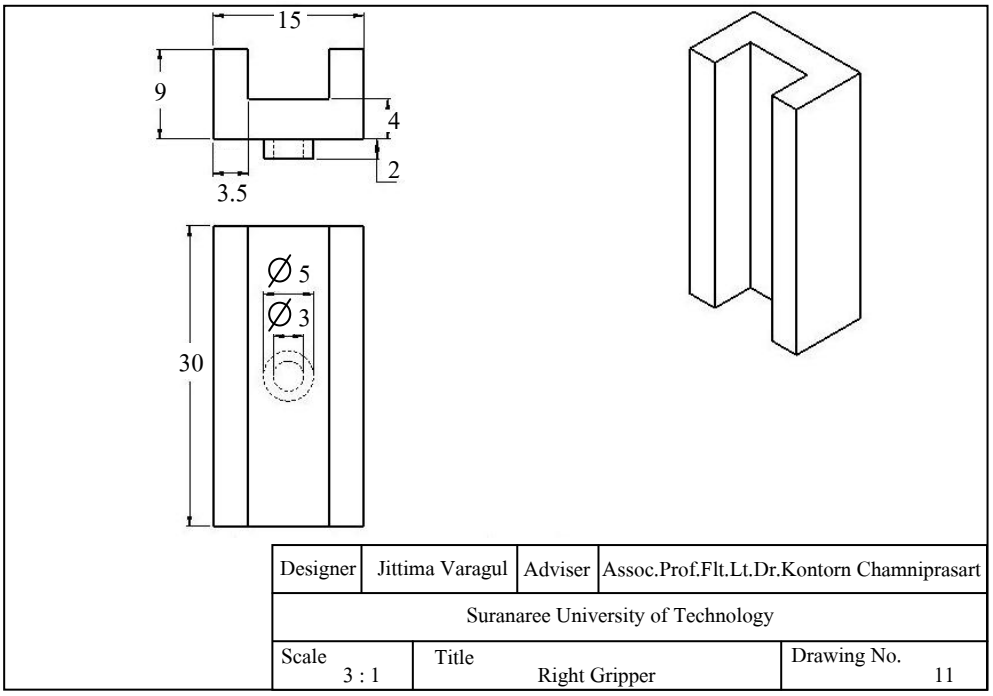
รูปที่ ก.8 แสดงรายละเอียดขนาดของ Base of Right Gripper



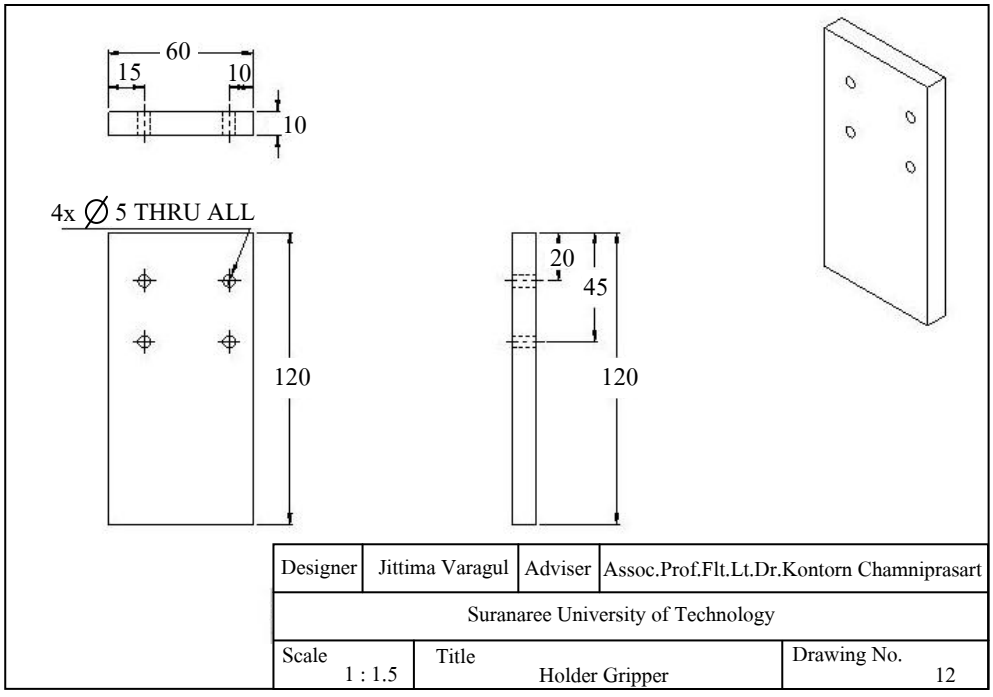
รูปที่ 2.9 แสดงรายละเอียดขนาดของBase of Left Gripper



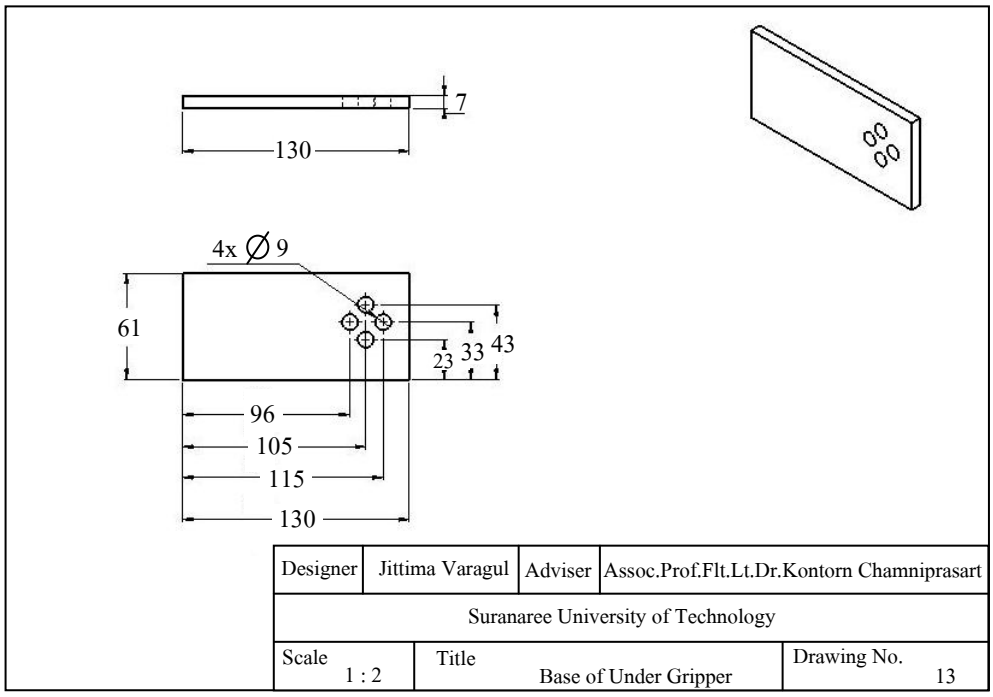
รูปที่ ก.10 แสดงรายละเอียดขนาดของ Left Gripper



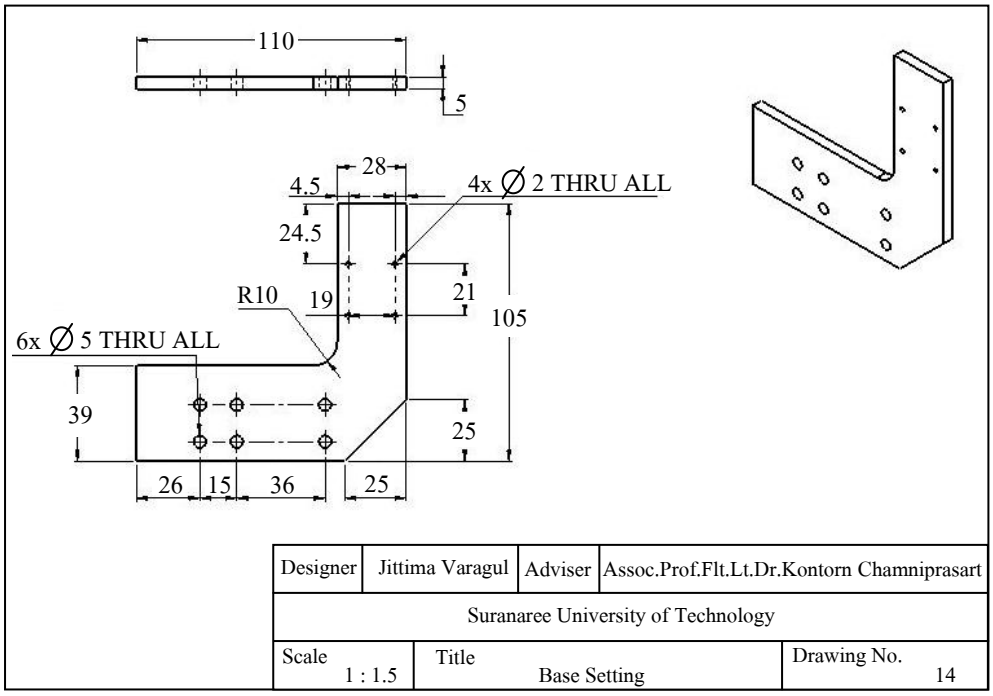
รูปที่ ก.11 แสดงรายละเอียดขนาดของ Right Gripper



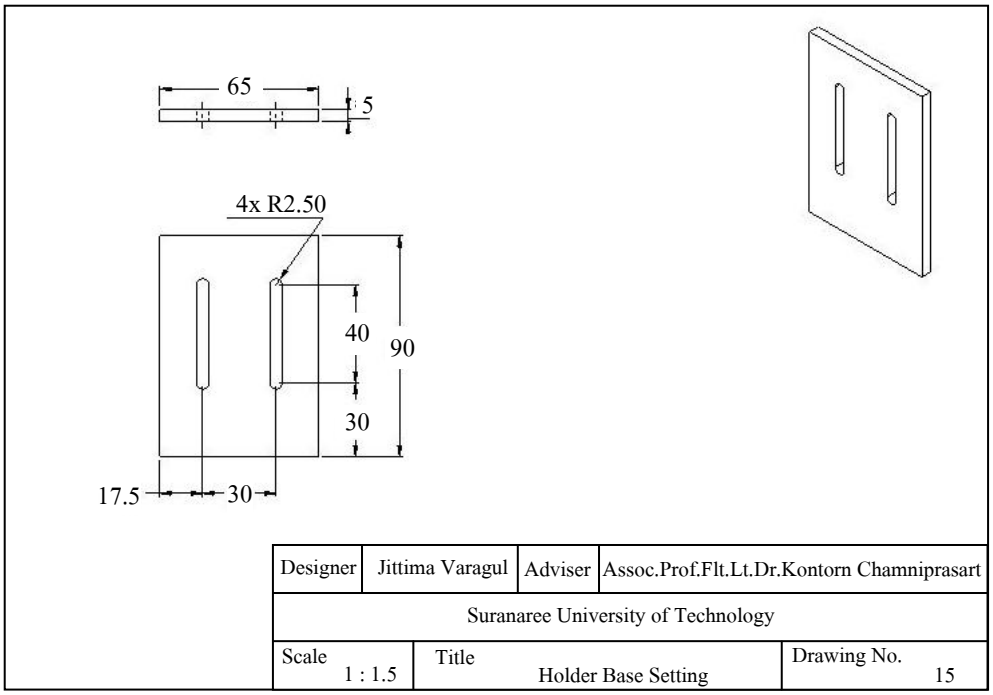
รูปที่ ก.12 แสดงรายละเอียดขนาดของ Holder Gripper



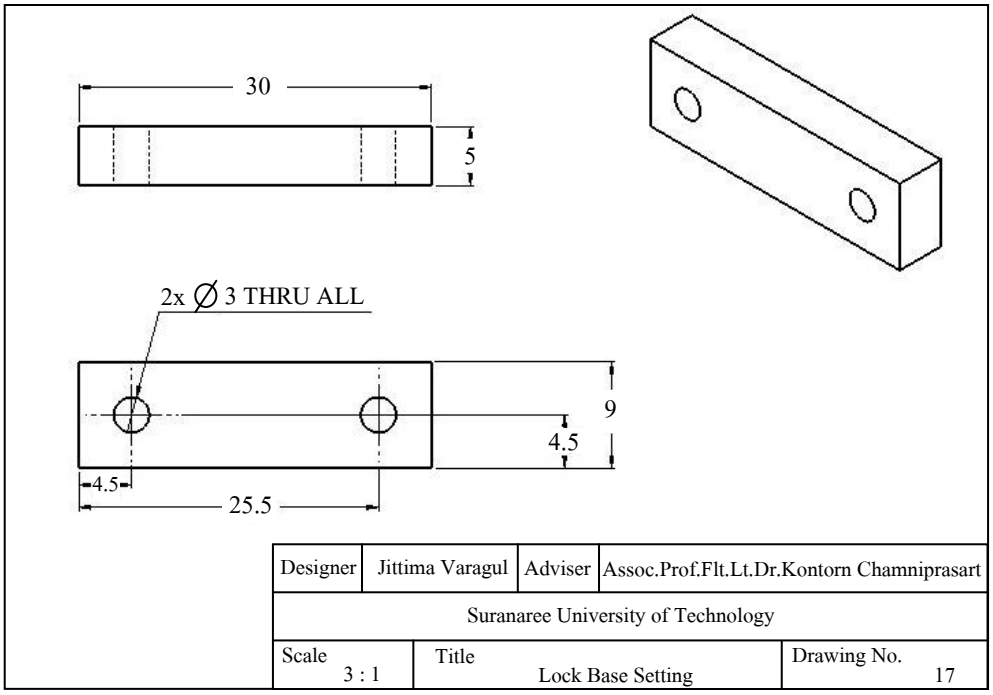
รูปที่ ก.13 แสดงรายละเอียดขนาดของ Base of Under Gripper



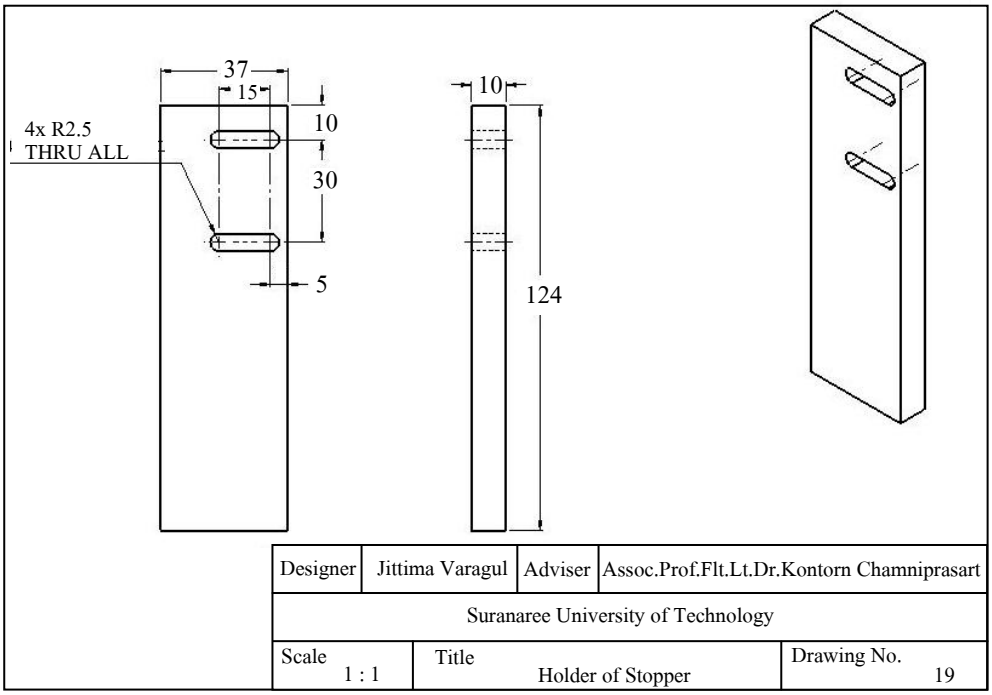
รูปที่ ก.14 แสดงรายละเอียดขนาดของ Base Setting



รูปที่ ก.15 แสดงรายละเอียดขนาดของ Holder Base Setting



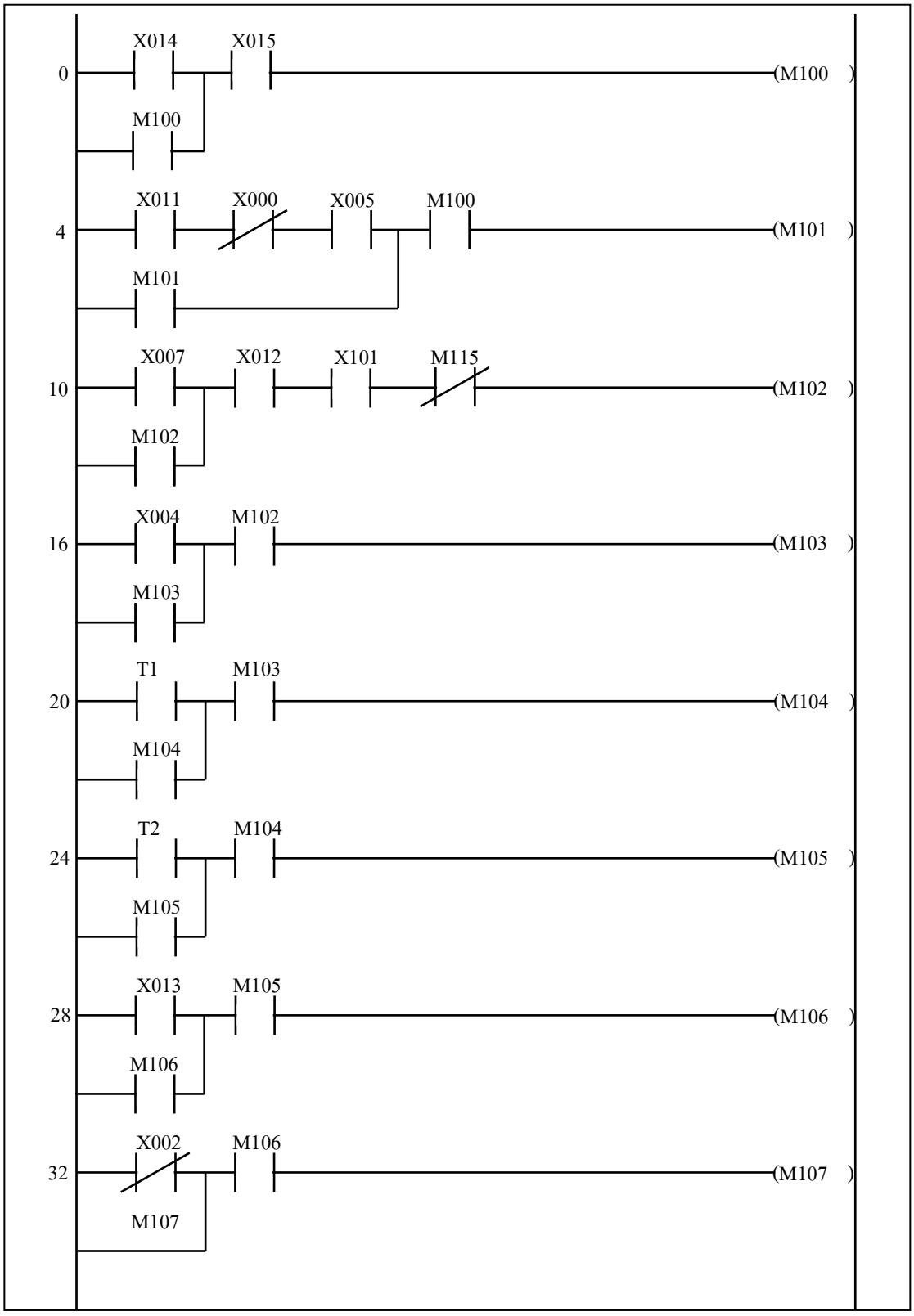
รูปที่ ก.16 แสดงรายละเอียดขนาดของ Lock Base Setting



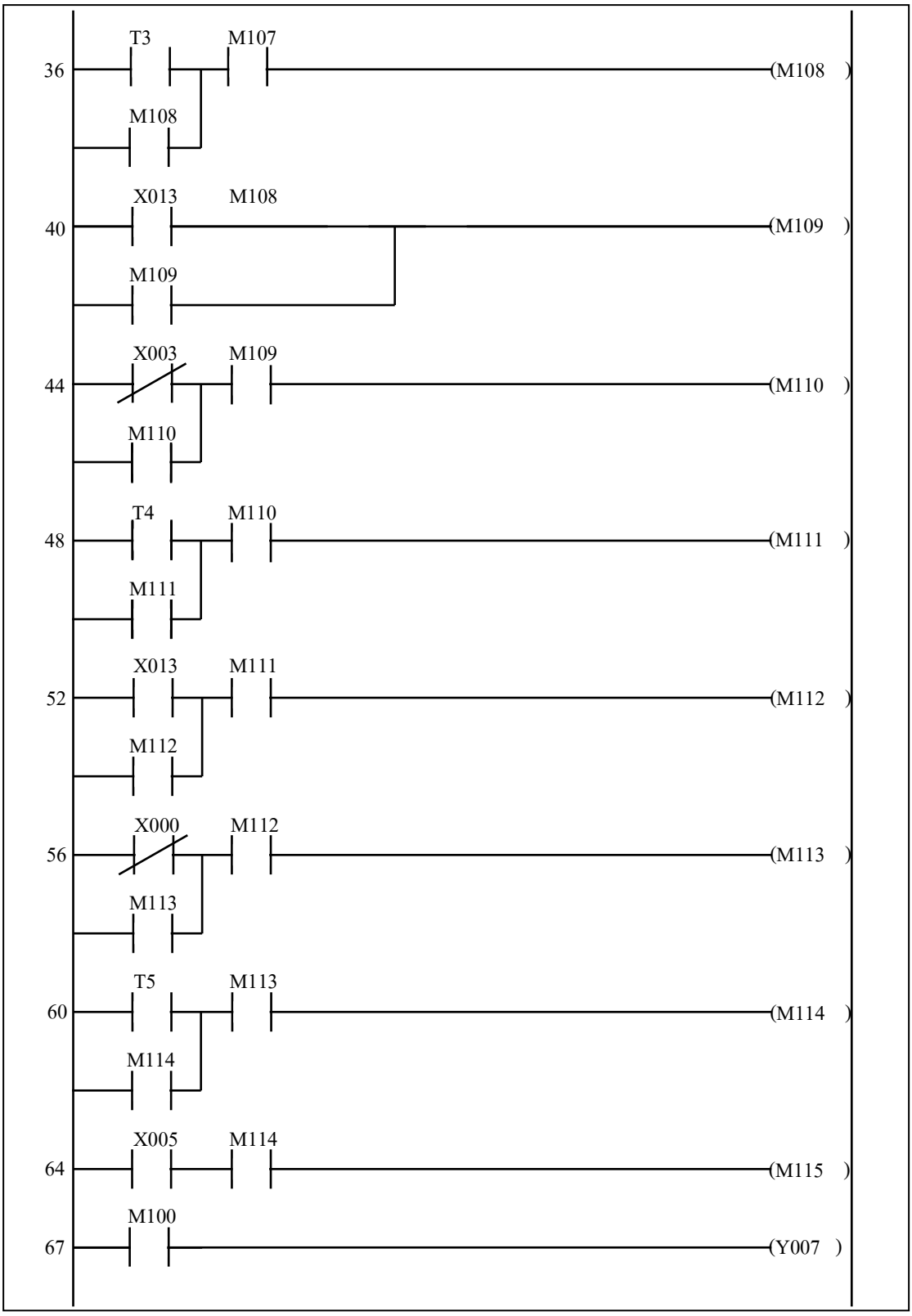
รูปที่ ก.17 แสดงรายละเอียดขนาดของ Holder of Stopper

ภาคผนวก ข

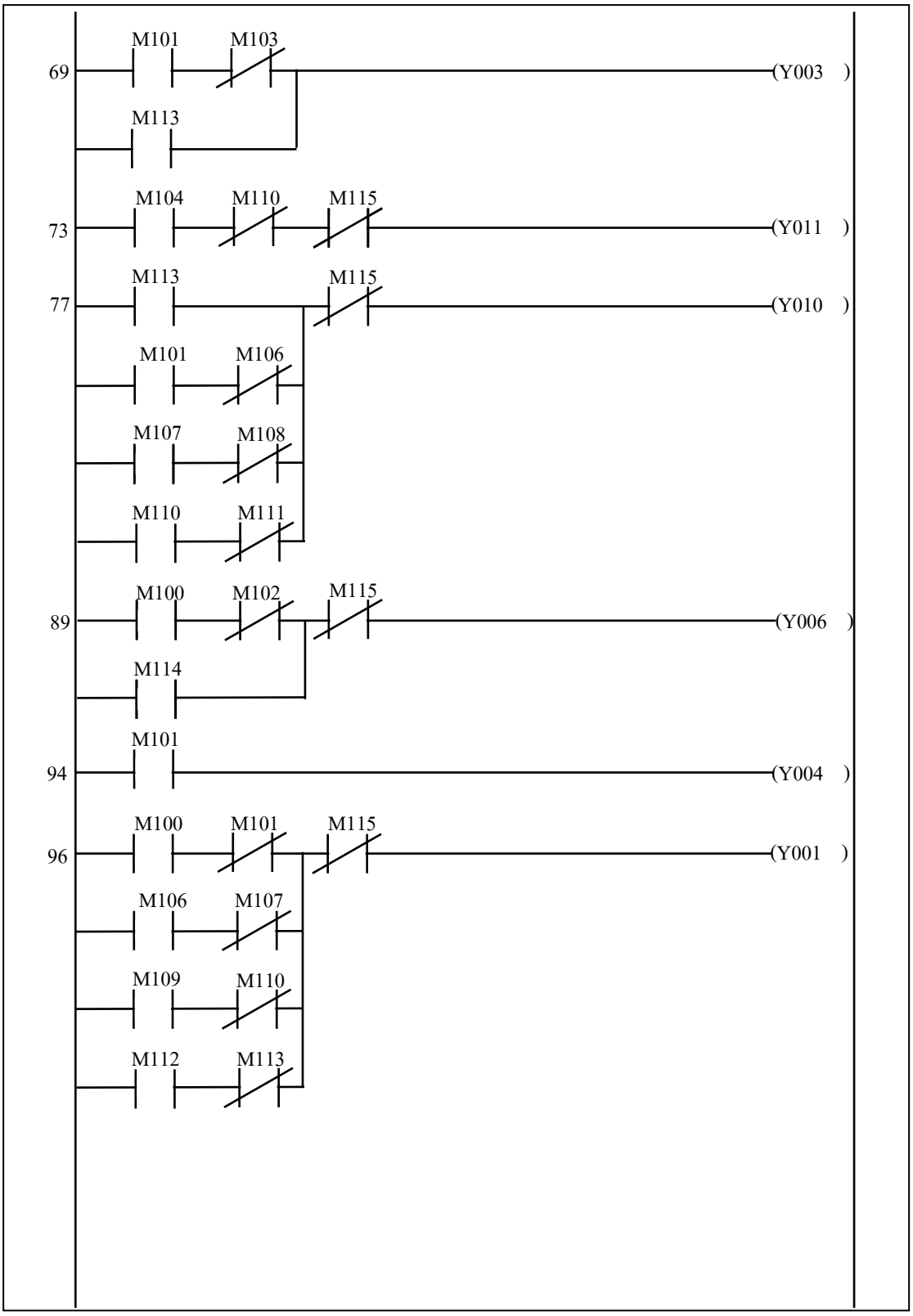
รายละเอียดวงจรการควบคุมการทำงานของวงจร PLC



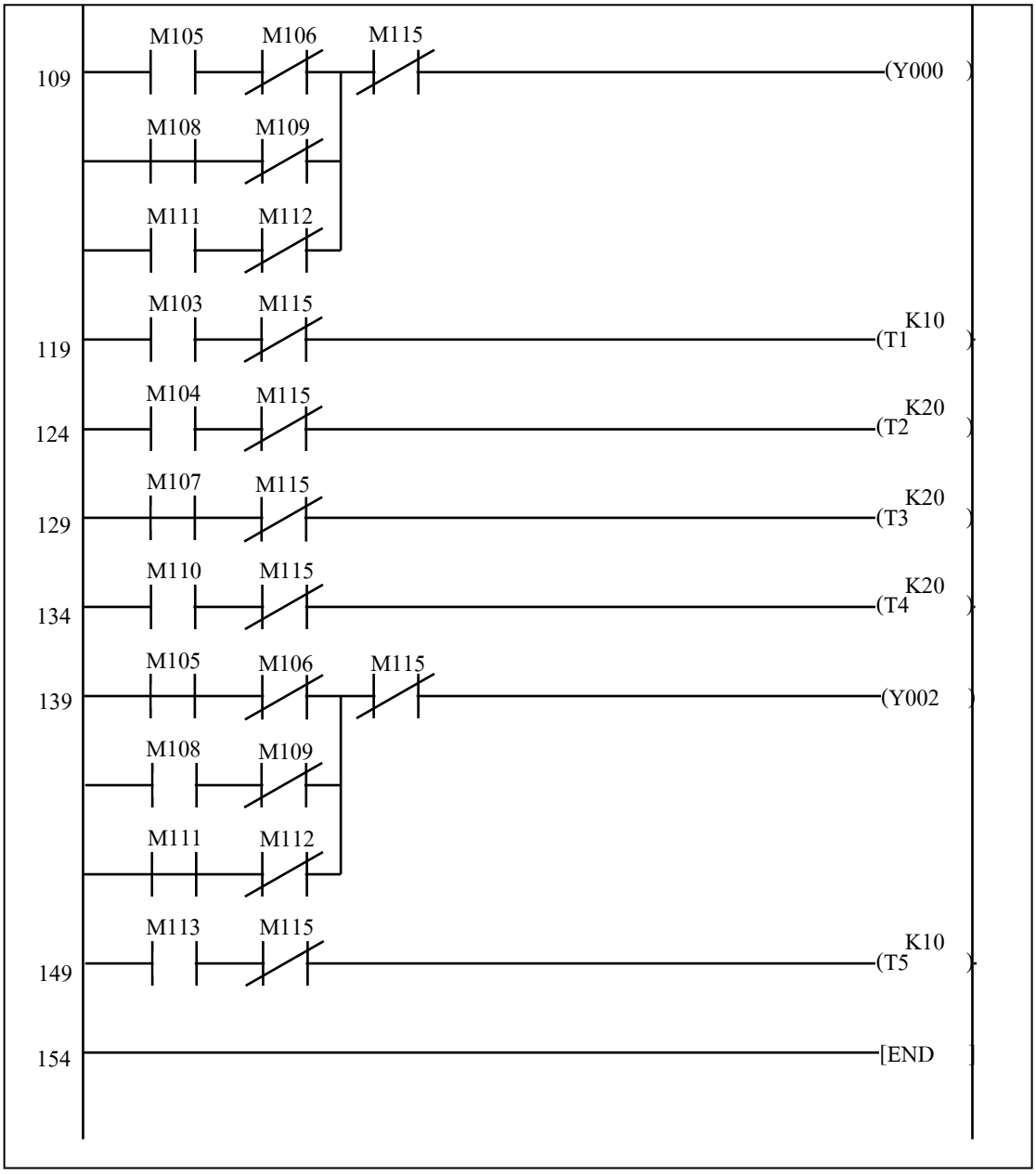
รูปที่ ข.1 แสดงวงการควบคุม PLC



รูปที่ ข.1 แสดงวงการควบคุม PLC (ต่อ)



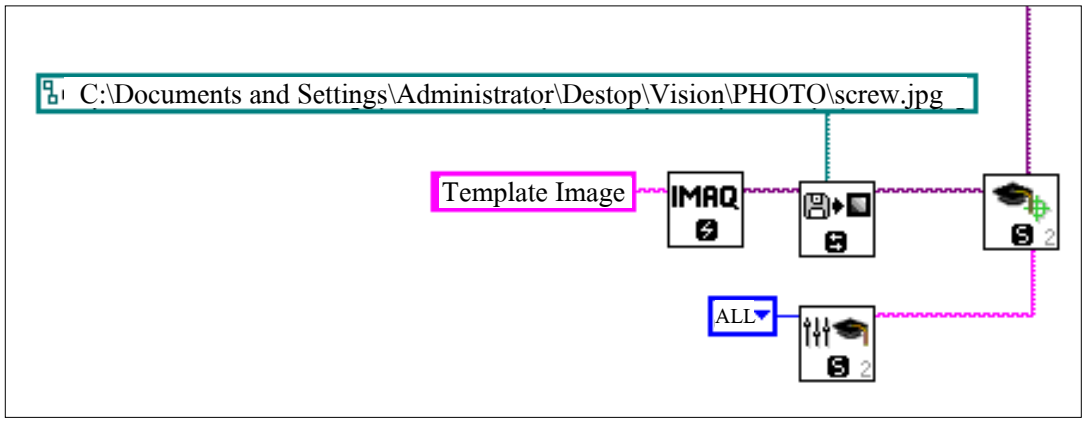
รูปที่ ข.1 แสดงวงการควบคุม PLC (ต่อ)



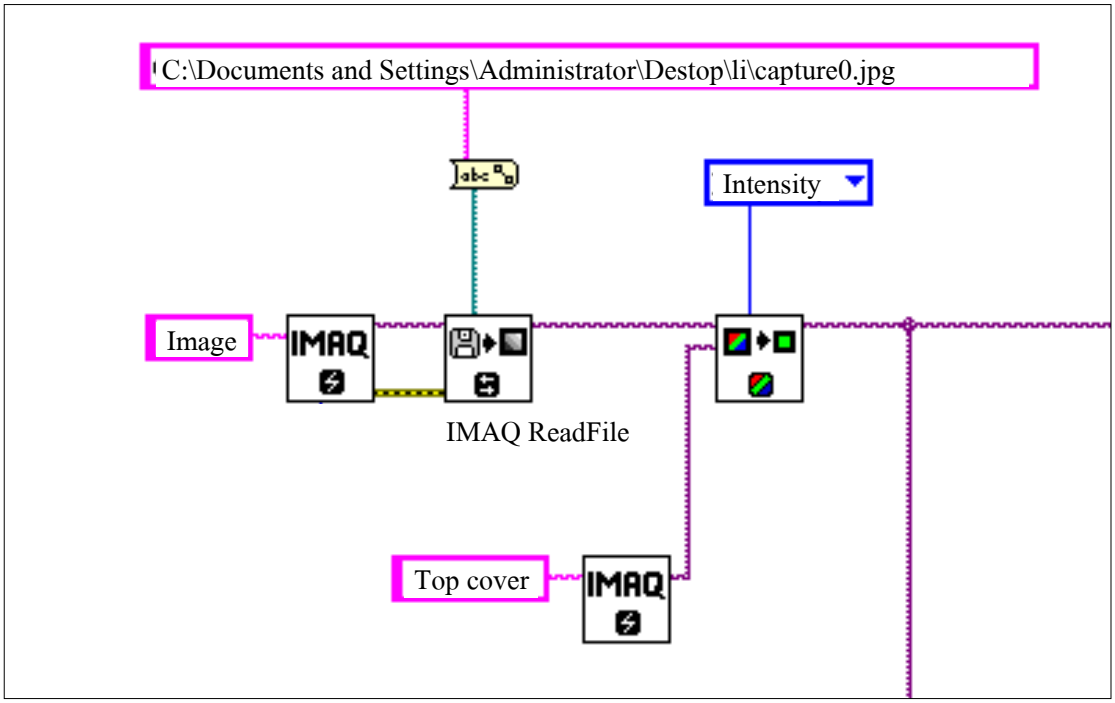
รูปที่ ข.1 แสดงวงการควบคุม PLC (ต่อ)

ภาคผนวก ค

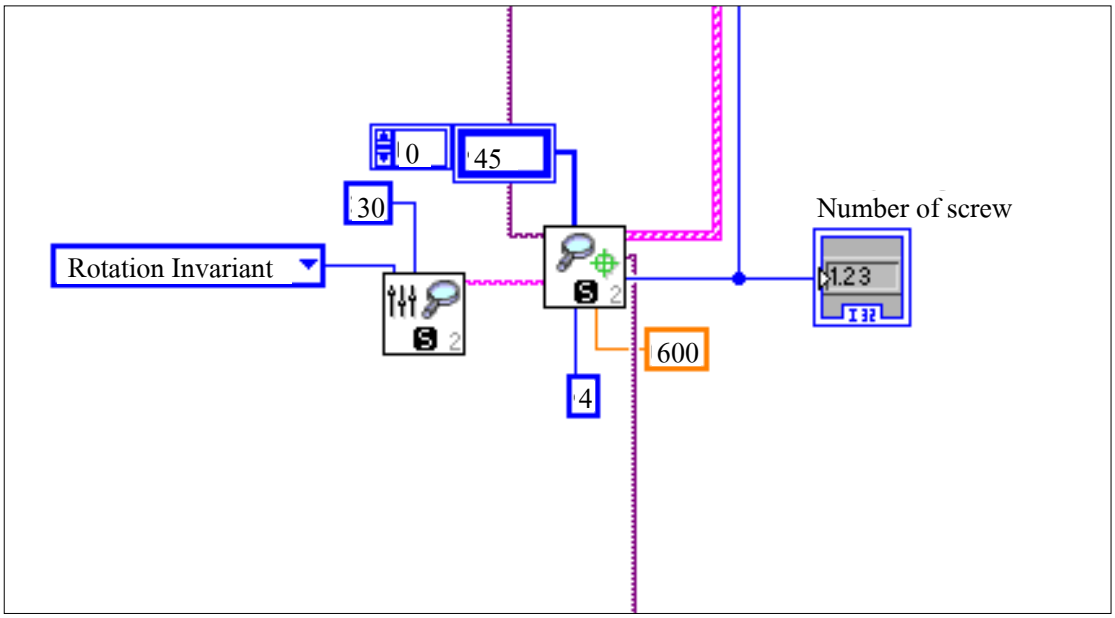
รายละเอียดโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ



รูปที่ ค.1 แสดงโปรแกรม LabVIEW สำหรับการรับภาพต้นแบบ



รูปที่ ค.2 แสดงโปรแกรม LabVIEW สำหรับการรับภาพที่ต้องการตรวจสอบ



รูปที่ ค.3 แสดงโปรแกรม LabVIEW สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพ

ภาคผนวก ง

ผลการทดสอบวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ

เนื่องจากข้อจำกัดในด้านความลับในกระบวนการผลิตของบริษัทที่ร่วมทำวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์นี้ไม่สามารถที่จะใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จริงในการทดสอบได้ แต่ได้ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อการแสดงผลในวิทยานิพนธ์นี้

อย่างไรก็ตามเพื่อให้ผู้ศึกษาวิทยานิพนธ์ได้มั่นใจว่าวัสดุที่ใช้ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จริงและที่ผู้ทำวิจัยได้ทดลองสร้างขึ้นมานั้นไม่มีความแตกต่างอย่างเป็นนัยสำคัญ สำหรับการตรวจสอบด้วยภาพผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบค่าที่สำคัญของแบบจำลองที่สร้างขึ้นและฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จริงขึ้นและได้แสดงผลในภาคผนวกนี้

ในการวิเคราะห์และประมวลผลด้วยภาพสิ่งที่สำคัญและต้องควบคุมให้คงที่ คือ ระยะโฟกัส ค่า Minimum Contrast และค่า Minimum Match Score และในการตรวจสอบชิ้นงานหากค่า Minimum Contrast และค่า Minimum Match Score ไม่เหมาะสมอาจทำให้การตรวจสอบคลาดเคลื่อนได้ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำลองในการทดสอบ และวัสดุที่ใช้ในการทดสอบจะส่งผลกระทบโดยตรงกับค่าความแตกต่างของระดับสีเทา (Contrast) จึงต้องมีการทดสอบค่าความแตกต่างของระดับสีเทาของภาพวัสดุจริงและวัสดุจำลองเมื่อได้รับแสงจากกล้อง เพื่อเปรียบเทียบว่าวัสดุสองชนิดนี้มีค่าความแตกต่างของระดับสีเทาของภาพมากน้อยเพียงใด ดังแสดงในตารางที่ ง.1 พบว่าค่า Contrast ในภาพวัสดุจริงเฉลี่ยอยู่ที่ 28 และตารางที่ ง.2 ค่า contrast ในภาพวัสดุจำลองเฉลี่ยอยู่ที่ 26 ซึ่งค่า Contrast ของวัสดุทั้งสองชนิดต่างกันเพียงเล็กน้อย จึงมีผลกระทบต่อการตรวจสอบด้วยภาพเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตารางที่ ง.1 แสดงผลการทดสอบวัสดุที่ใช้ทำฝาปิดด้านบนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จริง

ครั้งที่	ระดับสีเทา			Contrast
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	
1	146	117	129	29
2	139	113	122	26
3	118	88	97	30
4	139	116	127	23
5	143	119	131	24
6	139	117	128	22
7	115	85	98	30
8	109	71	90	38
9	92	62	81	30
10	120	86	99	34
11	124	99	100	25
12	128	101	120	27
13	121	83	105	38
14	129	101	115	28
15	111	87	96	24
16	97	61	82	36
17	128	104	115	24
18	139	111	123	28
19	129	104	120	25
20	140	116		24
ค่า Contrast สูงสุด				38
ค่า Contrast ต่ำสุด				22
ค่า Contrast เฉลี่ย				28

ตารางที่ ง.2 แสดงผลการทดสอบวัสดุที่ใช้ทำฝาปิดด้านบนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จำลอง

ครั้งที่	ระดับสีเทา			Contrast
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	
1	180	153	167	27
2	182	160	171	22
3	215	184	199	31
4	211	180	197	31
5	216	193	204	23
6	211	186	200	25
7	213	177	190	36
8	221	194	204	27
9	191	159	175	32
10	181	149	166	32
11	202	175	189	27
12	211	190	201	21
13	181	161	172	20
14	211	180	196	31
15	192	169	181	23
16	181	159	170	22
17	204	178	192	26
18	221	193	205	28
19	183	161	172	22
20	202	182	193	20
ค่า Contrast สูงสุด				36
ค่า Contrast ต่ำสุด				20
ค่า Contrast เฉลี่ย				26

ภาคผนวก จ

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

Varagul, J., and Chamniprasart, K. (2010) **Development of Automated Visual Inspection Machine for HDD Manufacturing process.** *Proceedings of International Conference on Data Storage Technology (DST-CON) Bangkok, Thailand.*

DEVELOPMENT OF AUTOMATED VISUAL INSPECTION MACHINE FOR HDD MANUFACTURING PROCESS

Jittima Varagul[1], Kontorn Chamniprasart[2]
[1] School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand
Tel: 0-4422-4587, Fax: 0-4422-4587, E-mail: sai.june@hotmail.com
[2] School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand
Tel: 0-4422-4286, Fax: 0-4422-4220, E-mail: kontorn@sut.ac.th

Abstract - **The objective of this research project is to develop a prototype for HDD quality inspection. HDDs that pass from this inspection are sent to packaging process. Currently, manual labor is still deployed to visually inspect physical appearances of the drive, for examples, number of screws, label alignment, twisted pins, dented or scratched mark, etc. Expertise of such inspection can be obtained from specific training process. The concept of this inspection can be replaced by automated visual inspection system. This kind of system can reduce error from human labor and decrease time of inspection. There are various kinds of vision techniques that are suitable for this inspection which depends on each detail of inspection conditions. By using proper segmentation, pattern classification and recognition, this visual inspection can be the requirements of HDDs manufacturers. The number of cameras which are used with automatic mechanism. Should be minimized. Angle and focus of the camera are adjusted in order to obtain the maximum number of HDDs views and the lowest budgets of manufacture. This project leads to implement an effective full-scale automated visual inspection by time and wasting rate reduction.**

I. INTRODUCTION

Currently, there are many HDD QC process in most steps of HDD production, including the visual inspection before packaging process. In visual inspection, manual labor that has been trained for the visual inspection is still deployed to visually inspect physical appearances of the drive. However, this inspection needs the amount of labor and the inspection time also affects the inspection quality. A concentration of the inspectors reduces with time, on the other hand, their eye fatigue is proportional to the inspection time to obtain the labor training for this inspection also takes long time to obtain the experts. Therefore, this traditional inspection should be replaced by the reliable tools which are equal to visual inspection.

Aims of this project are to design and develop the algorithm in HDD QC process using the images that are prescribed by Hitachi Global Storage Technology (Thailand) Ltd.

II. HDD ASSEMBLY PROCEDURE

There are many series of HDD which need the multi-step to assemble the drives. In this project, the assembly HDDs size 2.5 inch were inspected before passed them to packaging process. This inspection is used to be sure that HDDs are perfectly assembled and they are ready to deliver to the customers. The following physical appearances were inspected in this project.

A. Top cover side: check the perfection of breather filter which must be no missing and it must be clean without dust clogging. The top cover must be no missing, no floating, no slant, no scratch over the criteria and no dent. To check text and its position on model label, there must be no printing lack.

B. Connector side: check the perfection of connector

C. Card side: check the perfection & card screw which must be no missing, no floating and no slant. Card positioning pin on base must fit with the card hold. And card must be no circuit damage and scratch

III. HDD HOLDER DESIGN PROCEDURE

Generally, three cameras are needed to capture three sides of HDD. But the high resolution imaging camera, which is employed in this project, is too expensive to use three cameras for this inspection. At the same time, three sides of HDD are orthogonal, it is inconvenient to reflect all sides of HDD in the same focus of the camera. To save the budget as much as possible, project team has designed one camera usage to capture view. Automatic HDD holder mechanism has also designed in order to rotate all three sides of HDD while the camera is capturing each side of HDD. Angle and focus must be in

the right position for view processing which require high fineness and precision [1]. Holder must rotate HDD quickly without shockload over the criteria of each HDD series. Moreover, the control system and inspection system designs must be highly precise. When HDD is in the right position, the system will transmit data to the computer. At the same time, the camera will capture the side of HDD.

First, team designed the HDD holder that can be rotate six sides of HDD to the camera and can adjust the distance between HDD and camera which is constant focus. This is because sides of each HDD series are different. Team chose to develop the holder that can work completely. However, users can revise the program to view the specific side of HDD.

This basic design was done by using SolidWork as in figure 1. Then, each part was assembled in order to test the motion of mechanism using SolidWork Simulation as in figure 2. As the results of the simulation, the mechanism works satisfactorily.

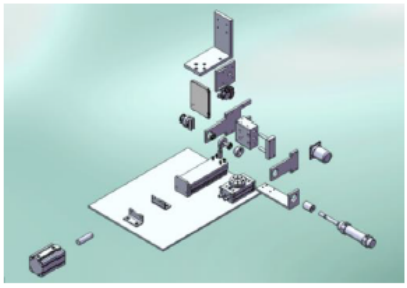


Figure 1 Show the components of HDD holder

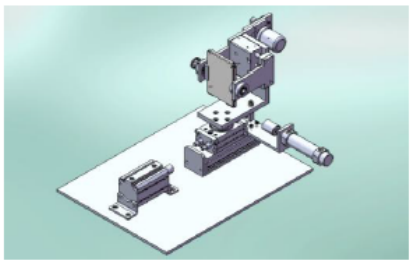


Figure 2 Show the HDD holder

The next step of this holding mechanism design process is to build the actual the mechanism. The project is under Hitachi Global Storages Technology (Thailand) funding for all hardware and parts so it has to be done by HGST supplier and have to do under HGST regulations. The mechanism is in process of fabricating by HGST supplier. The mechanism expects to complete and ready for test at the end March 2010.

IV. INSPECTION DESIGN PROCEDURE

To inspect the completeness of external part of HDD using the vision system, the necessary devices are (1) CCD camera, (2) Light source, (3) Computer and (4) LabVIEW program with Vision Builder.

The first step of this inspection, all sides of HDD were capture by CCD camera. The holder that had been designed in section 3 was use to hold HDD. Next, this holder moved the specific side of HDD to the front of the CCD camera. The focus of CCD Camera was adjusted appropriately. When the holder is in the right position, it will transmit the signal to the computer that controls the camera. Then, this side view of HDD was captured by CCD camera. After that, the holder rotated another side of HDD to the front of camera. The focus of CCD Camera was adjusted again. Then the side view of HDD was captured by CCD camera. These processes were continued until all sides of HDD were inspected. In the second step, LabVIEW was employed to analyze the images using Pattern Matching, Count Pixel and Golden Master Function of Vision Builder. Figure 3 shows side inspection of HDD. This side has the label and most details of HDD.

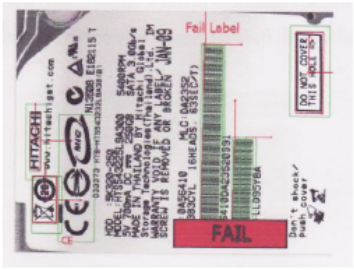


Figure 3 Show symbol and barcode inspection

Pattern Matching Technique was used to find the difference of the image by using Normalized Cross-Correction as in the following equation [2]:

$$C(i,j)=\sum_{x=0}^{L-1}\sum_{y=0}^{K-1}w(x,y)f(x+iy+j)$$

where $i=0,1,\ldots,M-1$,

$j=0,1,\ldots,N-1$, and the summation is taken over the region in the image where w and f overlap.

Because this side has most details of HDD, the image of this side was separate into sub image. w(x,y) is a sub image variable whose size is KxL. It is in the main image size MxN. Where K≤M and L≤ N. This main image and subimage show in figure 4[2]

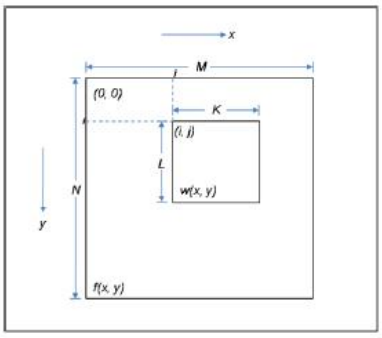


Figure 4 Pattern Matching Technique

The Golden Mater Function Concept this technique will use the different in image between image the acquired by camera and the Golden Template or Master Image. The program will compare the different between two image pixels by pixels [2, 3]. This technique will use in the common area of disk label and cannot be use in barcode and serial number area because this area will differ from disk to disk label.

For serial number we must use Read/Verify Text technique this will use to inspection of completeness of printing label text and number. Image of font type that use on label must be loaded to LabVIEW library the Read/Verify Text technique usually has 7 steps process which show in figure 5 [2,4]

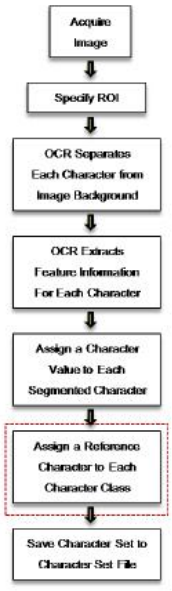


Figure 5 The procedure of using Read/Verify Text in Vision builder program

The last area on label unit is barcode this area has to be inspected as well as read to identify the number of this unit. This also rechecks that the printed barcode on the label are the same of the number of the disk. The bar code reading will use build in function of LabVIEW. Figure 6 show the inspection in this subarea on hard disk label.

Figure 6 Barcode strip inspection

Each side of HDD will use the same technique in inspection process. However some side of a disk do not require Text Reorganization or Bar Code reader since there are no text or barcode on that side, but the principle are all the same. The user interface and programming of LabVIEW have to do separately for each side of the disk and the program have to run simultaneously for each side of the disk. The program will report pass only all sides are pass the computer vision inspection. Figure 7 show the user interface of LabVIEW for inspection of HDD on label side. This side has most detail for inspection and most difficult to program in LabVIEW.

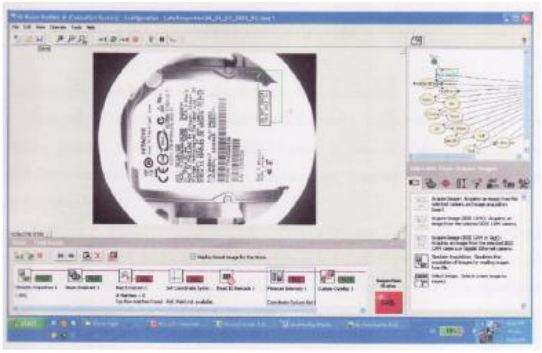


Figure 7 Example Vision builder program

V. RESULT AND DISCUSSION

This project has two major processes the first one is design and builds the mechanism for holding the HDD.

The design process was accomplished and was tested by computer program. We are now in the process of building the mechanism according to computer design. The second task of this project is to write computer program to inspect all sides of HDD using computer vision inspection technique. This task was first test on the hardness side of HDD, which is the unit label side. The machine-analyzed time on this side has criteria of 16 second. We are testing our program for 50 units and the average machine-analyzed time is 15.2 second and non-of the test has machine-analyzed time over 16 second. Using the faster computer CPU and programming technique can improve this machine-analyzed time [4]. The other side of HDD is also test the results are also satisfaction. The overall machine-analyzed time is Hitachi Global Storages Technology (Thailand) confidential and cannot be published.

ACKNOWLEDGEMENT

Project team is most thankful to Hitachi Global Storage Technology (Thailand) Ltd. and Suranaree University of Technology for your great support of instrumentation and laboratory equipment in this project. Finally, Team would like to thank I/U CRC in HDD Advanced Manufacturing and HDDI & NECTEC for scholarship of doing this research.

REFERENCES

[1] Kontorn Chamniprasart, "The mechanical measurement by LabVIEW", Departmentof Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Suranaree University of Technology

[2] NI Vision concepts manual, National Instruments Corporation, 2007

[3] Richard E. Wood, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2001

[4] Ruangchai Thongtassanee, "Mechanize auto affix and inspection label unit of Hard disk", Mechatronic project, 2008

ประวัติผู้เขียน

นางสาวจิตติมา วระกุล เกิดเมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2528 ที่อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม เริ่มการศึกษาระดับอนุบาลถึงระดับประถมศึกษาปีที่ 6 ที่โรงเรียนอนุบาลนครพนม และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1- 6 ที่โรงเรียนปิยะมหาราชาลัย สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อ พ.ศ. 2550 และได้ศึกษาต่อระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ขณะศึกษาได้เป็นผู้สอนปฏิบัติการของสาขาวิชาเครื่องกล จำนวน 6 รายวิชา ได้แก่ (1) เขียนแบบวิศวกรรม 1 (2) เขียนแบบวิศวกรรม 2 (3) ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1 (4) ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2 (5) ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 3 (6) MATLAB