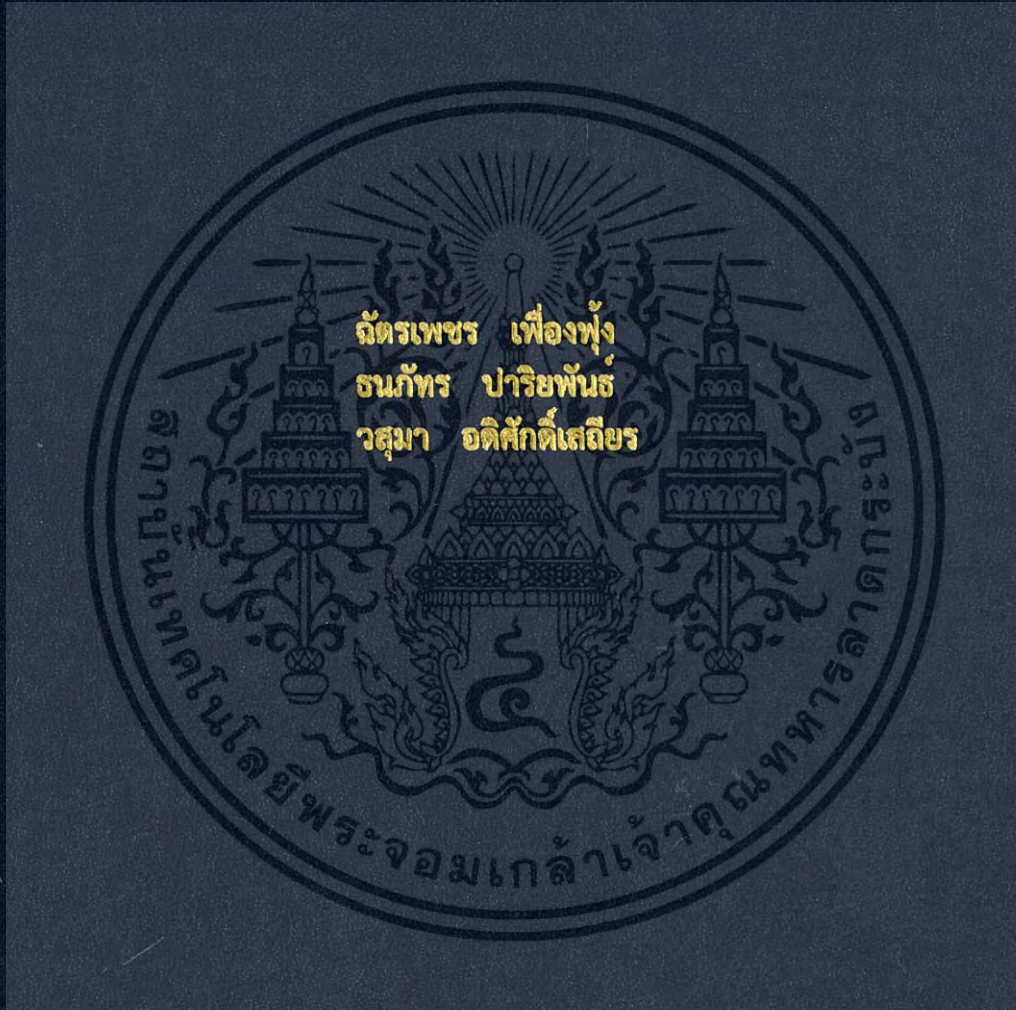


ระบบตรวจสอบโดยใช้การวัดด้วยวิธีร่วมกับหุ่นยนต์สามแกน

Inspection System using Vision based measurement with 3-axis Cartesian Robot



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตรวจสอบโดยใช้การวัดด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกน

Inspection System using Vision based measurement with 3-axis Cartesian Robot



ฉัตรเพชร เฟื่องฟุ้ง
ธนภัทร ปาริยพันธ์
วสุมา อติศักดิ์เสถียร

สง
๑๒๓๓
๒๐๐๘

๖๐๐ ๒๖๖๘/๖

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 143875
วันเดือนปี..... ๐๔ ต.ค. ๒๕๕๙

b. ๑๒๘ ๐๗๙๑๕
i.

ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา ๒๕๕๘

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Inspection System using Vision based measurement with 3-axis Cartesian Robot



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2558

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ ระบบตรวจสอบโดยใช้การวัดด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกน
Inspection System using Vision based measurement with 3-axis
Cartesian Robot

นักศึกษาผู้จัดทำ นายฉัตรเพชร เฟื่องฟู่ง รหัสนักศึกษา 55010208

นายธนภัทร ปาเรียนันท์ รหัสนักศึกษา 55010500

นางสาววสุมา อติศักดิ์เสถียร รหัสนักศึกษา 55011120

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2558

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ทวีพล ชื้อสตัย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ระบบตรวจสอบโดยใช้การวัดด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกน
 Inspection System using Vision based measurement with 3-axis
 Cartesian Robot

นักศึกษาผู้จัดทำ	นายฉัตรเพชร เพ็ญพุ่ม	รหัสนักศึกษา	55010208
	นายธนภัทร ปาเรียนันท์	รหัสนักศึกษา	55010500
	นางสาววสุมา อติศักดิ์เสถียร	รหัสนักศึกษา	55011120
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม		
ปีการศึกษา	2558		

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้คือการพัฒนากระบวนการตรวจสอบกึ่งอัตโนมัติเห็นร่วมกับหุ่นยนต์ 3 แกน ระบบเครื่องวิสัยทัศน์ใช้กล้องอัจฉริยะ ทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูบนแผ่นฮาร์ดดิสก์ หุ่นยนต์ 3 แกนนั้นสามารถโปรแกรมพิกัดการเคลื่อนที่ได้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของหลุม นอกจากนี้ยังมีระบบการตรวจสอบ ที่สามารถดำเนินการจัดตำแหน่งได้โดยกึ่งอัตโนมัติ ระบบนี้สามารถพัฒนาหรือนำไปประยุกต์ใช้กับระบบการตรวจสอบอื่น ๆ ในการใช้งานในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้

Thesis Title	Inspection System using Vision based measurement with 3-axis Cartesian Robot	
Authors	Mr.Chatpetch	Fuangfung
	Mr.Tanapat	Pariyapun
	Ms.Vasuma	Adisaksatian
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Taweepol	Suesut
Year	2015	

ABSTRACT

The objective of this project is to develop the automatic visual inspection system cooperating with 3 axis robot. The machine vision system using intelligent camera performs measurement the diameter of hole on the hard disc drive cover plate. The 3 axis robot is programmed the coordinate depending on the position of the hole. Moreover, our inspection system can be performed alignment automatically. This system can be developing for other inspection system in thereat industry application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ต้องกราบขอขอบคุณ รศ.ดร.ทวีพล ซื่อสัตย์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ ที่คอยแนะนำ ให้คำปรึกษา แก่คณะผู้จัดทำได้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกๆท่านที่ให้ความรู้ตั้งแต่เริ่มเข้ารับการศึกษา เพื่อนำความรู้ที่ได้คณาจารย์ทุกๆท่านมาประกอบในการทำปริญญาานิพนธ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและให้กำลังใจ ทำให้การทำงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของคณะผู้จัดทำทุกๆท่าน ซึ่งเป็นผู้มอบชีวิต มอบการศึกษา และอนาคตที่ดี ตลอดจนให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ทั้งหมด ทางคณะผู้จัดทำขอมอบแก่ผู้มีพระคุณทุกๆท่าน



คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	1
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 ระบบวิทัศน์ (vision system)	2
2.2 การอินเตอร์เฟส (Interface)	4
2.3ระบบไฟส่องสว่างสำหรับงานวิชัน	9
2.4 ฟิลเตอร์ (Filter)	16
2.5 เลนส์ (Lens)	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	25
3.1 กล่าวนำ	25
3.2 หลักการทำงาน	25
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	25
3.2.1 เครื่อง Cartesian Robot	26
3.2.2 Smart Camera NI 1732	29
3.2.3 สายเชื่อมต่อ CAT 6 Cable	31
3.2.4 แหล่งจ่ายไฟ MAR-20-24	32
3.4 ขั้นตอนการทดลอง	34
บทที่ 4 ผลการทดลอง	39
4.1 กล่าวนำ	39
4.2 การวางแผนการทดสอบ	39
4.3 การเปรียบเทียบผลการตรวจสอบ	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	42
5.1 สรุปผล	42
5.2 ข้อเสนอแนะ	42
5.3 แนวทางการพัฒนา	43
บรรณานุกรม	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงค่าความยาวสายและแบนด์วิธ	2
2.2	เปรียบเทียบสาย STP และ UTP	4
2.3	แสดงการเข้าหัวแบบสายตรง	5
2.4	แสดงการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างชนิดกัน	5
2.5	แสดงการเข้าหัวแบบสายไขว้	6
2.6	แสดงการเชื่อมต่อกับกับ Computer โดยใช้ Static IP	7
2.7	แสดงการเชื่อมต่อกับกับ Computer โดยใช้ DHCP	7
2.8	แสดงประเภทของ Machine Vision Lenses	18
3.1	รายละเอียดของตัวเครื่อง	26
3.2	รายละเอียดอื่นๆที่พบได้ทั่วไป	26
3.3	ข้อมูลจำเพาะบังคับของคอนโทรลเลอร์	27
3.4	ข้อมูลทั่วไปของคอนโทรลเลอร์	27
3.5	รายละเอียดทั่วไปของ Smart Camera NI 1732	30
3.6	รายละเอียดทั่วไปของสายเชื่อมต่อ CAT 6	31
3.7	รายละเอียดทั่วไปของ Power Supply MDR-20-24	33
4.1	ตารางเปรียบเทียบการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางครั้งที่ 1 ของรูแต่ละรูบนชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบระหว่างใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ในการวัดและใช้การวัดด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนและค่าความผิดพลาดของการวัดที่เกิดจากการวัดด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนและค่าความผิดพลาดจากการวัดด้วย vernier caliper	40
4.2	ตารางเปรียบเทียบการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางครั้งที่ 2 ของรูแต่ละรูบนชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบระหว่างใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ในการวัดและใช้การวัดด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนและค่าความผิดพลาดของการวัดที่เกิดจากการวัดด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนและค่าความผิดพลาดจากการวัดด้วย vernier caliper	40
4.3	แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการวัดระหว่างเวลาที่วัดได้โดยด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนกับเวลาที่วัดได้โดย vernier caliper ในการวัด 10 ครั้ง	41
4.4	เปรียบเทียบการตรวจสอบโดยใช้มนุษย์และการตรวจสอบโดยใช้เครื่องในการวัด	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดง IP Address กับ Router	7
2.2 แสดงรูปของระบบไฟส่องสว่างชนิดต่างๆ	9
2.3 การสะท้อนแสงแบบสมบูรณ์และการสะท้อนแสงแบบกระจาย	10
2.4 แสดงสี่คู่ตรงข้ามของชิ้นงานและไฟ	10
2.5 แสดงคุณลักษณะของคลื่นความยาวแสง	11
2.6 แสดงการติดตั้ง	11
2.7 แสดงการเปรียบเทียบการตรวจจ็บรอยตำหนิ	11
2.8 แสดงความไวของกล้อง CCD	12
2.9 แสดงการใช้แสงอินฟราเรดกับกล้อง	12
2.10 แสดงการทำงานของไฟสโตรบ	13
2.11 แสดงการเปรียบเทียบอายุการใช้งาน	13
2.12 แสดงระดับแสงที่ตั้งไว้ล่วงหน้าต่อชนิดของชิ้นงาน	14
2.13 แสดงตัวอย่างความแตกต่างของรายละเอียดภาพที่รับได้จากการใช้ระบบไฟส่องสว่างแบบต่างๆ	14
2.14 แสดง Flow Chart หลักการเลือก Lighting	15
2.15 แสดงฟิลเตอร์ตัดคม	16
2.16 แสดงฟิลเตอร์แบบโพลาไรซ์	17
2.17 แสดงฟิลเตอร์ป้องกัน	17
2.18 แสดงฟิลเตอร์ตัดแสงสีน้ำเงิน	18
2.19 แสดงรูรับแสงในขนาดต่างๆ	18
2.20 แสดงส่วนประกอบต่างๆของเลนส์	18
2.21 แสดงระยะโฟกัสและการเลือกเลนส์	19
2.22 แสดงแหวน Close-up	20
2.23 ตัวอย่างการคำนวณ WD	20
2.24 แสดงตารางการเลือกเลนส์รุ่นต่างๆ	21
2.25 แสดงการเปรียบเทียบการปรับช่องรับแสง	22
2.26 แสดงการปรับช่องรับแสงในขนาดต่างๆ	22
2.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของรูรับแสงและขนาดพื้นที่ของความชัดลึก (Depth of Field)	22
2.28 แสดงจุด Focal	23
2.29 แสดงเลนส์แบบ Aspherical	23
2.30 แสดงเลนส์ที่มีดัชนีหักเหและการกระจายแสงที่ต่ำ	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.1	แสดงขนาดและจุดเชื่อมต่อของตัวเครื่อง	26
3.2	หน้าตาของโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL ที่เราใส่คำสั่งลงไป	28
3.3	คำสั่งสำหรับควบคุมแกนทั้งสามที่มีในโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL	28
3.4	แสดงส่วนประกอบต่างๆของ Smart Camera NI 1732	29
3.5	Power Supply MDR-20-24	32
3.6	รายละเอียดเชิงกลของ Power Supply MDR-20-24	32
3.7	แสดงคำสั่งทั้งหมดในโปรแกรม Vision Builder	34
3.8	ภาพที่ตรวจจับได้	34
3.9	ภาพในการ Calibrate Image	34
3.10	แสดงภาพที่ตรวจวัด มีวงกลม 4 วงให้ทำการตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	35
3.11	แสดงค่าตำแหน่งของแต่ละรูที่จะทำการตรวจวัด	35
3.12	แสดงตัวอย่างค่าตำแหน่งที่ Vision Builder บันทึก	35
3.13	แสดงการคำนวณค่า X และ Y เพื่อนำไปใช้ในการเคลื่อนที่แกนในโปรแกรม X-SEL program ต่อไป	36
3.14	แสดงผลการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู	36
3.15	แสดงค่า Inspection Status PASS และ FAIL	37
3.16	แสดงผลลัพธ์การตรวจสอบได้ค่าตามที่ต้องการที่กล้อง	37
3.17	แสดงผลลัพธ์การตรวจสอบไม่ได้ค่าตามที่ต้องการที่กล้อง	37
4.1	แสดงผลลัพธ์ผ่านโปรแกรม PASS	39
4.2	แสดงผลลัพธ์ผ่านโปรแกรม FAIL	39
4.3	แสดง vernier caliper ที่ใช้ในการวัด	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงการ

ในระบบอุตสาหกรรม ประสิทธิภาพในการผลิตนั้นเป็นเรื่องสำคัญอย่างมาก ชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องมีลักษณะตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่ระบบโดยรวมหรือเกิดค่าใช้จ่ายของต้นทุน อันมาจากความผิดพลาดของชิ้นงาน กลุ่มของพวกเราจึงได้ทำการพัฒนาระบบตรวจสอบชิ้นงานโดยทำเป็นระบบอัตโนมัติ เพื่อตรวจสอบชิ้นงานว่ามีค่าตรงตามมาตรฐานที่ได้มีการกำหนดไว้หรือไม่ โดยมีการแสดงสถานะการทำงานผ่านโปรแกรม ทำให้เราทราบถึงส่วนที่บกพร่องของชิ้นงาน และทำให้เราสามารถป้องกันความเสียหายก่อนที่จะเกิดขึ้นได้ โครงการการตรวจสอบความบกพร่องของชิ้นงานโดยใช้วิทัศน์จักรกลร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนนี้ ได้ถูกออกแบบให้มีความยืดหยุ่นต่อการนำไปใช้งาน กล่าวคือสามารถตรวจสอบความผิดพลาดภายในระยะเวลาอันสั้น และสามารถเอาไปประยุกต์ใช้กับระบบอุตสาหกรรม เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาหลักการการทำงานของอิมเมจโปรเซสซิง
2. การเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องหุ่นยนต์ 3 แกน
3. ควบคุมกล้องและตรวจสอบชิ้นงานผ่านโปรแกรม

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถควบคุมเครื่องหุ่นยนต์ 3 แกนให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ
2. สามารถตรวจจับความบกพร่องของชิ้นงานพร้อมทั้งแสดงผลได้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาโปรแกรม Vision Builder ที่ใช้ในการจับภาพ
2. ศึกษาเกี่ยวกับกล้องและเลนส์ที่จะนำมาใช้
3. ศึกษาข้อมูล หลักการทำงาน และทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมเครื่องหุ่นยนต์ 3 แกน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถตรวจจับความบกพร่องของชิ้นงานได้
2. ได้ฝึกทักษะ การวางแผนการทำงานอย่างมีลำดับและขั้นตอน
3. ได้เรียนรู้ส่วนประกอบต่างๆ ที่นำมาประกอบจนได้เป็นเครื่องตรวจสอบความบกพร่องของชิ้นงาน
4. ได้ฝึกการใช้โปรแกรม Vision Builder และ โปรแกรมควบคุมเครื่องหุ่นยนต์ 3 แกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีวีชัน (Vision Technology)

การออกแบบระบบ Vision ซึ่งการเลือก Interface ของกล้องเป็นหนึ่งในสิ่งที่สำคัญที่สุด การออกแบบระบบต้องพิจารณาปัจจัยที่แตกต่างกัน เพื่อหาสิ่งที่ดีที่สุดระหว่างประสิทธิภาพ ค่าใช้จ่ายและความน่าเชื่อถือของระบบ ตารางข้างล่างแสดงการเปรียบเทียบในด้านเทคโนโลยีของระบบ Vision ที่พบเห็นมากที่สุด แสดงข้อดีและข้อเสียของแต่ละเทคโนโลยี ซึ่งมีการพิจารณาเรื่องค่าใช้จ่ายและแนวโน้ม Interface ล่าสุด เช่น USB 3.0 เมื่อเปรียบเทียบกับอินเตอร์เฟซต่างๆ

แนวโน้มทางอุตสาหกรรมคาดว่า Interface ของเทคโนโลยีระบบ Vision บางส่วนจะลดลงและหาย เช่น FireWire และ USB 2.0 เพราะมีข้อจำกัดเรื่องเสถียรภาพการถ่ายโอนข้อมูลภาพ อินเตอร์เฟซทั้งสองยังไม่เหมาะสมสำหรับแนวโน้มในปัจจุบันที่ต้องการข้อมูลภาพที่มีความละเอียดสูงและยังมีความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลที่ต่ำเพราะ Gigabit Ethernet Interface มีความยืดหยุ่นทางด้านเทคโนโลยีมากที่สุดที่เกี่ยวกับความยาวสายเคเบิลและการทำงานกับกล้องหลายๆ ตัว ซึ่งมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ

นอกจากนี้ยังมีพอร์ต USB 3.0 ที่ประสบความสำเร็จ ผ่านมาตรฐานระบบ Vision ซึ่งมีความเร็วสูง CPU ไม่ทำงานหนักและมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำโดยเฉพาะอย่างยิ่ง USB 3.0 จะเข้ามาแทนที่เทคโนโลยี FireWire หรือ USB 2.0

ระบบที่ต้องการความเร็วและความละเอียดสูงควรเลือก Camera Link เป็นอินเตอร์เฟซ ซึ่งแนวโน้มคาดว่าจะเห็นการแทนที่ด้วย Camera Link และ USB 3.0 (ด้วยเหตุผลของค่าใช้จ่าย)

Interface	Cable Length	Bandwidth Max in MB/s.
USB 2.0	5 meter	40
FireWire	4.5 meter	64
GiGE Vision	100 meter	100
USB Vision	8 meter	350
Camera Link	10 meter	850

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความยาวสายและแบนด์วิธ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 Smart Camera

กล้องอัจฉริยะที่เรานำมาใช้คือรุ่น NI 1732 ที่ทำงานด้วยหน่วยประมวลผล PowerPC 400 MHz สามารถทำงานได้แบบเรียลไทม์และมีคุณภาพสูง ประกอบด้วยเซ็นเซอร์รับภาพ CCD จาก Sony ได้ภาพ Monochrome ที่ความละเอียดระดับ VGA (640 x 480) 60 เฟรมต่อวินาที ซึ่งอินพุทและเอาต์พุทของกล้องนั้นประกอบด้วย อินพุท opto-isolate 2 ตัว และเอาต์พุท opto-isolate 2 ตัว พอร์ต RS-232 1 พอร์ต และ Gigabit Ethernet 2 พอร์ต ซึ่งเราสามารถสั่งการกล้องผ่านโปรแกรม NI Vision Builder สำหรับการตรวจสอบแบบอัตโนมัติได้ และง่ายต่อการใช้งานในการควบคุมคำสั่งที่จำเป็นต้องใช้ในการตรวจสอบภาพ กล้องอัจฉริยะนั้นได้รับใบอนุญาตให้สามารถใช้ซอฟต์แวร์ NI Vision Builder อย่างเต็มรูปแบบ ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันต่างๆที่จำเป็นต่อการใช้งานได้ แต่ถ้าต้องการปรับแต่งเพิ่มเติมด้วยฟังก์ชันนอกเหนือจากโปรแกรมนี้ ก็สามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรม NI LabVIEW และ NI LabVIEW Real-time สำหรับกลุ่มนักพัฒนาโปรแกรม ซึ่งจะครอบคลุมถึงการใช้งานแบบเรียลไทม์อีกด้วย

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบการใช้งานของกล้องทั่วไปกับ Smart Camera

The NI 1732 Smart Camera	กล้องทั่วไป
มีหน่วยความจำภายในตัวกล้อง กล่าวคือ ในตัวกล้อง จะมี CPU ที่ใช้ในการประมวลผลและเก็บข้อมูล	ไม่มีหน่วยความจำภายในตัวกล้อง
สามารถทำการตรวจสอบชิ้นงานได้ แม้ไม่ได้เปิดใช้งานโปรแกรม NI Vision Builder	ต้องตรวจสอบชิ้นงานผ่านโปรแกรม NI Vision Builder เท่านั้น
มีความไวในการจับภาพสูง เหมาะสมต่อการใช้งานในอุตสาหกรรม	มีความไวในการจับภาพต่ำ
สามารถติดตั้งอุปกรณ์เสริมได้ เช่น ไฟ LED, Filter ต่างๆ	ไม่สามารถติดตั้งอุปกรณ์เสริมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การอินเตอร์เฟส (Interface)

2.2.1 สายแลน

สายแลน (LAN Cable) เป็นสายนำสัญญาณที่ใช้ต่อกับคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายอย่าง Switch หรือ Hub และสายแลนก็ใช้ต่อกับ โมเด็มเราเตอร์เพื่อเชื่อมต่อสัญญาณอินเทอร์เน็ตได้อีกด้วย การส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์โดยตรงก็สามารถที่จะใช้สายแลนในการเชื่อมต่อได้เช่นกัน

2.2.1.1 การแบ่งประเภทของสายแลน

- แบ่งตามการใช้ภายนอกและภายในอาคาร โดยที่สายภายนอกอาคารจะมีปลอกหุ้มที่แข็งแรงและหนา กว่าสายภายในเพื่อให้ทนต่อสภาพอากาศภายนอกอาคาร

- แบ่งตามคุณภาพความถี่ที่รองรับได้

- UTP CAT5 คือ สายแลน ที่เป็นสายทองแดงที่มีความเร็วที่ต่ำ ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 100 Mbps สายชนิดนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้งานกันซักเท่าไรเนื่องด้วยความเร็วในการถ่ายโอนข้อมูลที่ต่ำ

- UTP CAT5e คือ สายแลนที่เป็นสายทองแดงที่มีความเร็วที่ต่ำ ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 1 Gbps

- UTP CAT6 คือ สายแลนที่เป็นสายทองแดงที่มีความเร็วที่ต่ำ ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 10 Gbps BANWIDTH อยู่ที่ 250MHZ

- UTP CAT7 คือ สายแลนที่เป็นสายทองแดงที่มีความเร็วที่ต่ำ ความเร็วสูงสุดอยู่ที่ 10 Gbps BANWIDTH อยู่ที่ 600MHZ

- แบ่งตามการเข้าหัว ของสายแลนตามลักษณะการใช้งาน

สายแลนเป็นสายนำสัญญาณที่เราควรเลือกให้เหมาะกับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อและการเข้าหัวของสายแลนก็มีส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งที่จะทำให้การเชื่อมต่อมีความเสถียรภาพและการส่งข้อมูลที่สิ้นเปลืองมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ทั้งนั้นการเลือกใช้งานสายแลนเราก็ควรเลือกตามลักษณะงานที่เราจะใช้งานด้วยเช่นกัน

- แบ่งตามลักษณะการหุ้มฉนวน มีตั้งแต่ฉนวนอย่างเดียวไม่มีฟอยล์ มีฟอยล์นอก และมีฟอยล์หุ้มทั้งหมด

- สาย UTP (Unshielded Twisted Pair Cable) เป็นสายแบบตีเกลียวเป็นคู่ๆ ทั้งหมดสี่คู่โดยไม่มีเกราะป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอก (Foil Shield) เป็นสายสัญญาณที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน การที่สาย LAN ต้องมีการตีเกลียวเพื่อที่จะป้องกันสัญญาณรบกวนกันเองภายในสาย LAN โดยการตีเกลียวจะเป็นการทำให้คลื่นแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสสัญญาณในสายทองแดงแต่ละเส้นหักล้างกันเอง

- สาย STP (Shielded Twisted Pair Cable) เป็นสายแบบตีเกลียวเป็นคู่ๆ ทั้งหมดสี่คู่ ซึ่งมีเกราะป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอกจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างๆ เรียกเกราะนี้ว่า ชีลด์ (Shield) และเป็นสายสัญญาณที่ได้รับการพัฒนาต่อจากสาย UTP โดยเพิ่มการชีลด์กันสัญญาณรบกวนเพื่อทำให้คุณสมบัติโดยรวมของสัญญาณดีมากขึ้น คุณลักษณะของสาย STP ก็เหมือนกับสาย UTP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์บริการเชิงพาณิชย์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบสาย STP และ UTP

	STP	UTP
ความเร็วในการส่งข้อมูล	สูง	ต่ำกว่า STP
ความสามารถในการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและคลื่นวิทยุ	มี	ไม่มี
ราคา	แพง	ถูกกว่า STP

2.2.1.2 การต่อสายแลน

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ Computer และอุปกรณ์เครือข่าย (Hub, Switch และ Router) ด้วยสาย LAN นั้น (ในยุคที่อุปกรณ์ยังไม่มีระบบ Auto Cross) เราจำเป็นต้องรู้ว่าเราควรจะใช้สายตรงหรือสายครอสในการเชื่อมต่ออุปกรณ์

- อุปกรณ์เหมือนกัน ต่อกันใช้สาย LAN แบบครอส (Crossover Cable)
 - อุปกรณ์ต่างกัน ต่อกันใช้สาย LAN แบบตรง (Straight-Through Cable)
- ซึ่งมีข้อยกเว้นกรณี Computer ต่อ Router ต้องเป็นสายครอส

แล้วอะไรเป็นตัวที่บอกว่า Router และ Computer เป็นอุปกรณ์ชนิดเดียวกัน ก่อนอื่น เรามารู้จัก MDI และ MDI-X กันก่อน MDI หรือ Medium Dependent Interface: เป็นชนิดของ Ethernet port ซึ่งจะถูกใช้อยู่บน Network Interface Card (NIC) หรือที่เราเรียกว่า Card LAN ซึ่ง Card LAN นี้ถูกเชื่อมต่ออยู่กับ Computer นอกจากนี้แล้ว Ethernet port บน Router ก็เป็นชนิด MDI ด้วยเช่นกัน

MDIX หรือ MDI-X หรือ Medium Dependent Interface Crossover: เป็นชนิดของ Ethernet port ที่อยู่ บน Hub และ Switch (อักษร X จะเป็นตัวแทนของคำว่า "Crossover")

ดังนั้น อุปกรณ์เหมือนกัน ต่อกันใช้สาย LAN แบบครอส (Crossover Cable) และอุปกรณ์ต่างกัน ต่อกันใช้สาย LAN แบบตรง (Straight-Through Cable) จึงควรจะถูกใช้ในลักษณะ

- MDI ต่อกับ MDI เป็นชนิดเดียวกันใช้สายครอส (Crossover cable)
- MDI-X ต่อกับ MDI-X เป็นชนิดเดียวกันใช้สายครอส (Crossover cable)
- MDI ต่อกับ MDI-X เป็นคนละชนิดกันใช้สายตรง (Straight-Through Cable)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเข้าหัวมี 2 แบบ ดังนี้

2.2.1.2.1 การเข้าหัวแบบสายตรง (Straight-through cable EIA/TIA 568B)

สายชนิดนี้ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างชนิดกัน ดังตารางข้างล่าง โดยคู่ขาวส้ม – ส้ม และ ขาวเขียว – เขียว จะเป็น 2 คู่ที่มีความถี่ในการตีเกลียวมากที่สุด เพื่อลดสัญญาณรบกวนจากภายนอกมากที่สุด (โดยจะอยู่ใน ลำดับที่ 1 2 3 6 ที่เป็น Pin ที่มีการรับส่งสัญญาณ LAN

Pin กลาง 4 – 5 จะเป็นคู่สีน้ำเงิน – ขาวน้ำเงินได้ออกแบบไว้รองรับสัญญาณโทรศัพท์ที่จะมาในคู่กลาง

Pin 7 - 8 ขาวน้ำตาล – น้ำตาล เป็นคู่ที่ออกแบบมาเพื่อสำรองการใช้งานในอนาคต

ตารางที่ 2.4 แสดงการเข้าหัวแบบสายตรง

ปลายสายด้าน 1	ลำดับสาย	การเรียงสี	ปลายสายด้าน 2
 568B Male	1	ขาว-ส้ม	 568B Male
	2	ส้ม	
	3	ขาว-เขียว	
	4	น้ำเงิน	
	5	ขาว-น้ำเงิน	
	6	เขียว	
	7	ขาว-น้ำตาล	
	8	น้ำตาล	

ตารางที่ 2.5 แสดงการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างชนิดกัน

อุปกรณ์ต้นทาง	อุปกรณ์ปลายทาง
Hub	Computer
Switch	Computer

2.2.1.2.2 การเข้าหัวแบบสายไขว้ (Crossover cable EIA/TIA 568A & 568B)

การเข้าหัวของสายแลนให้เป็นไปตามมาตรฐานนั้นจะทำให้การรับส่งสัญญาณข้อมูลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นระหว่างคอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์ต่างๆ จะทำให้การใช้งานไม่เกิดปัญหาที่ตามมา ไม่ว่าจะเอาไปใช้กับอุปกรณ์ใดๆ ที่ไหนก็ได้ แต่ถ้าเกิดการเข้าหัวสายแลนที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ไม่ใช่ว่าจะทำไม่ได้ แต่อาจจะทำให้การส่งข้อมูลหรือสัญญาณความเร็ว นั้น ไม่ดีเท่าที่ควร เราสามารถทดสอบหลังจากที่เข้าหัวของสายแลน จากเครื่องวัดเบื้องต้นแบบหลอด LED (สัญญาณไฟจะติดสีแดง หรือไม่ติดนั้น ก็จะบ่งบอกว่าการเข้าหัวของสายแลนผิดคู่ หรือสีของสายแลนไม่เข้ากัน) หรือวิธีทดสอบคือ ทดสอบด้วยการ Ping (ที่ระยะ 30 เมตร ก็เริ่มจะมีความผิดพลาดและสัญญาณขาดๆ

หายๆ

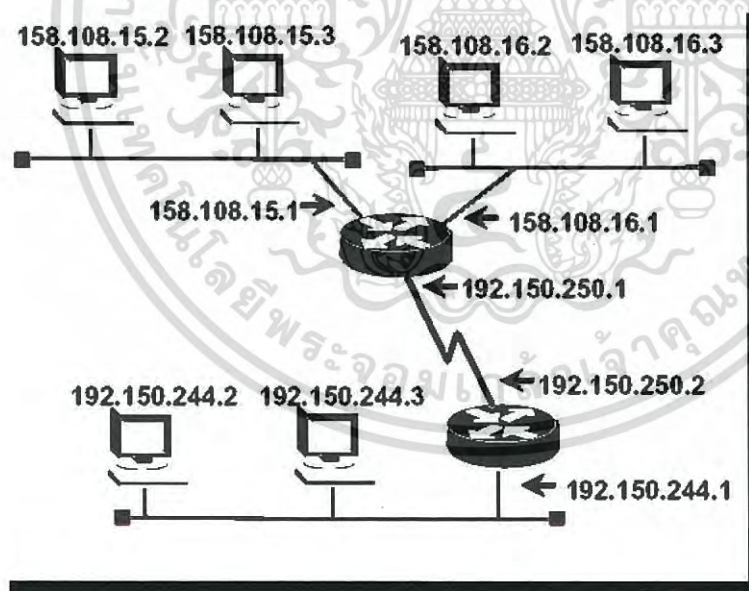
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงการเข้าหัวแบบสายไขว้

ปลายสายด้านที่ 1	ลำดับสาย	การเรียงสี	ลำดับสาย	การเรียงสี	ปลายสายด้านที่ 2
 568A Male	1	ขาว-เขียว	1	ขาว-ส้ม	 568B Male
	2	เขียว	2	ส้ม	
	3	ขาว-ส้ม	3	ขาว-เขียว	
	4	น้ำเงิน	4	น้ำเงิน	
	5	ขาว-น้ำเงิน	5	ขาว-น้ำเงิน	
	6	ส้ม	6	เขียว	
	7	ขาว-น้ำตาล	7	ขาว-น้ำตาล	
	8	น้ำตาล	8	น้ำตาล	

2.2.2 การอินเตอร์เฟส (Interface)

IP Address หนึ่ง ให้กับ 1 Interface ไม่ใช่ 1 เครื่อง ดังนั้นอุปกรณ์ที่มีหลาย Interface ก็มิได้หลาย IP แล้วแต่จะกำหนด เช่น อุปกรณ์ Switch หรือ Router



รูปที่ 2.1 แสดง IP Address กับ Router

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงการเชื่อมต่อกล้องกับ Computer โดยใช้ Static IP

Networking with Static IP	
Static IP addresses are unique and the communication works.	<p>IP: 192.168.0.4 IP: 192.168.0.5</p> <p>Subnet mask: 255.255.255.0</p>
Identical IP addresses cause a collision and the communication doesn't work.	<p>IP: 192.168.0.4 IP: 192.168.0.4</p> <p>Subnet mask: 255.255.255.0</p>
The subnet mask requires the first three numbers in the devices' IP addresses to be identical, which is not the case and the communication doesn't work.	<p>IP: 192.168.0.4 IP: 192.168.4.5</p> <p>Subnet mask: 255.255.255.0</p>

ตารางที่ 2.8 แสดงการเชื่อมต่อกล้องกับ Computer โดยใช้ DHCP

Networking with Dynamic IP (DHCP)	
DHCP is enabled in both PC and camera, and their IP addresses are provided by the DHCP server on the network.	<p>DHCP enabled DHCP server DHCP enabled</p>
DHCP is enabled in both PC and camera, but no IP addresses are provided without a DHCP server and the communication doesn't work.	<p>DHCP enabled No DHCP server DHCP enabled</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบไฟส่องสว่างสำหรับงานวิชชัน

สามารถแบ่งระบบไฟส่องสว่างสำหรับงานวิชชันได้ดังนี้

Direct Lighting



Indirect Lighting



Special Lighting



Ring Light For Microscope

Power Dimmer & Accessories



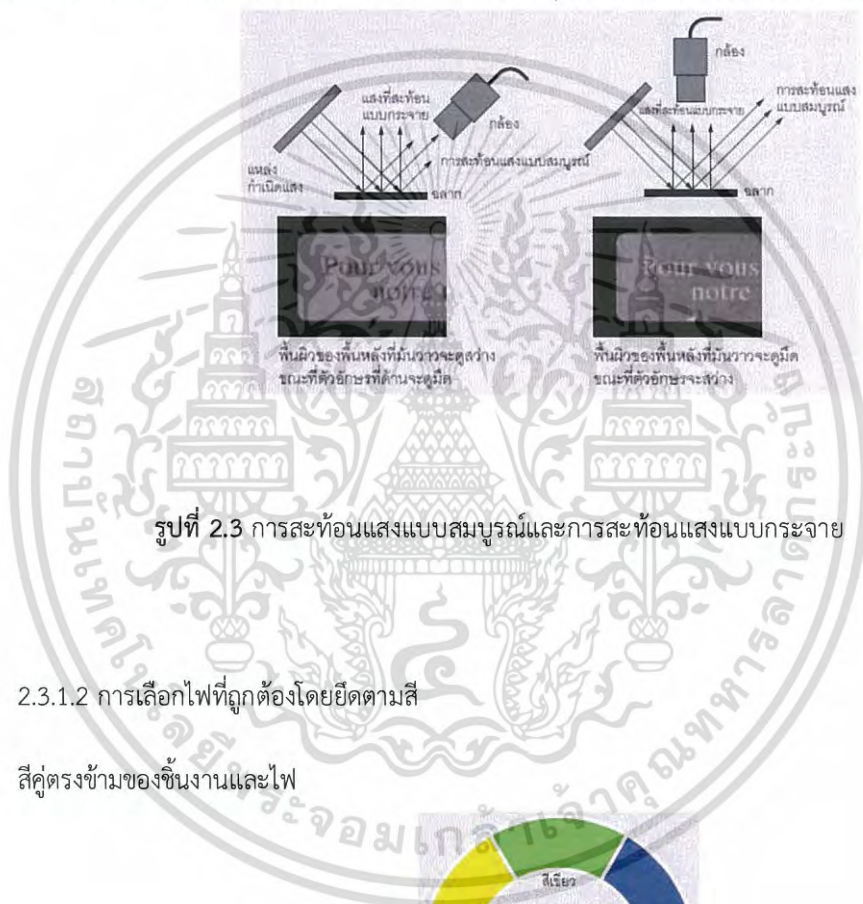
รูปที่ 2.2 แสดงรูปของระบบไฟส่องสว่างชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 การใช้ไฟส่องสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.1.1 การสะท้อนแสงแบบสมบูรณ์และการสะท้อนแสงแบบกระจาย

สภาพพื้นผิวของชิ้นงาน (สี ความมันวาว การเคลือบพื้นผิว เป็นต้น) จะแปรผันไปตามชนิดของชิ้นงาน ความมันวาวเป็นจุดสำคัญที่คุณควรจดจำ เมื่อตั้งมุมในการส่องสว่างของไฟ เมื่อนำไฟที่มีความเข้มเท่ากันมาใช้กับชิ้นงานที่มันวาวและด้านในมุมเดียวกัน ลำแสงสะท้อนแบบสมบูรณ์จะเข้มข้นโดยพื้นที่มันวาว ขณะที่ลำแสงสะท้อนแบบกระจายจะเข้มข้นด้วยพื้นที่ด้าน จากการปรับแต่งมุมของไฟหรือกล้องโดยยึดตามคุณลักษณะนี้ คุณสามารถเพิ่มความเข้มแสงหรือเพิ่มความมืดให้กับชิ้นส่วนที่มันวาวได้ ซึ่งช่วยให้คุณมั่นใจในการตรวจชิ้นงานเข้าอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.3 การสะท้อนแสงแบบสมบูรณ์และการสะท้อนแสงแบบกระจาย

2.3.1.2 การเลือกไฟที่ถูกต้องโดยยึดตามสี

สีคู่ตรงข้ามของชิ้นงานและไฟ



รูปที่ 2.4 แสดงสีคู่ตรงข้ามของชิ้นงานและไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 1: ตรวจสอบว่าเป้าหมายมีอยู่/ไม่มีอยู่ผ่านไฟสีคู่ตรงข้าม

วัสดุห่อลูกอมสีแดงวางอยู่ในกล่องกระดาษสีน้ำตาล ภาพด้านล่างแสดงถึงระดับความเปรียบต่างเมื่อใช้ไฟสีขาว สีแดง และสีน้ำเงิน

2.3.1.3 คุณลักษณะของคลื่นความยาวแสง

ในการเพิ่มคุณลักษณะของชิ้นงาน คุณสามารถนำอัตราการกระจายแสงมาใช้เพื่อให้ได้ผลที่ดี เนื่องจากความยาวคลื่นที่สั้นของสีน้ำเงิน อัตราการกระจายแสงจึงสูงซึ่งแตกต่างจากไฟสีแดง ดังนั้นสีน้ำเงินจึงสามารถทำให้รอยขีดข่วนและรอยตำหนิบนพื้นผิวซึ่งอาจไม่แสดงเมื่อใช้ไฟสีแดงเด่นชัดขึ้น



รูปที่ 2.5 แสดงคุณลักษณะของคลื่นความยาวแสง

ในตัวอย่างพบว่าผลของการใช้ไฟสีน้ำเงินและสีแดงทำให้สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งาน โดยไฟสีน้ำเงินอาจเหมาะกับการเน้นให้รอยตำหนิชัด และทำให้การตรวจจับน่าเชื่อถือ ขณะที่ไฟสีแดงอาจเป็นตัวเลือกที่ดีกว่าในการจัดส่วนที่เป็นการเคลือบพื้นผิวเพื่อป้องกันการคัดออกที่ผิดพลาด เมื่อตรวจจับชิ้นส่วน



รูปที่ 2.6 แสดงการติดตั้ง

การตรวจจับรอยตำหนิที่พื้นผิวบนแผ่นเหล็กสีดำ



การตรวจจับรอยตำหนิบนแผ่นพลาสติกโปร่งใส



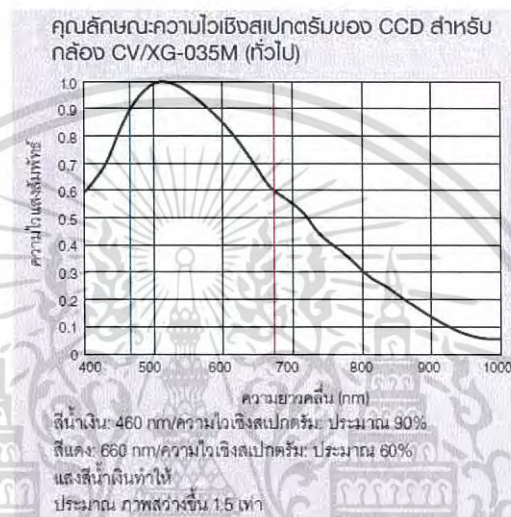
รูปที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบการตรวจจับรอยตำหนิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบการตรวจจับรอยตำหนิ ปีไซประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.4 การจับคู่ไฟและกล้อง

ความไวของกล้อง CCD

ไฟที่ให้แสงสว่างต่อเนื่องและไฟ LED สโตรบ คุณสมบัติความไวของ CCD จะคล้ายกับความไวของสายตามนุษย์ ช่วยให้มีไหวในการตรวจจับสูงสุดประมาณ 500 nm (ความยาวคลื่นแสงสีน้ำเงิน) ดังนั้น เมื่อนำแสงสีแดงและสีน้ำเงินที่ความเข้มเดียวกันมาใช้กับชิ้นงานเดียวกัน แสงสีน้ำเงินจะให้ภาพที่สว่างกว่า การทำงานนี้สามารถนำไปใช้ได้ดีเมื่อต้องการภาพที่สว่างในการประยุกต์ใช้งานที่ต้องการความชัดลึกหรือความเร็วชัตเตอร์สูง



รูปที่ 2.8 แสดงความไวของกล้อง CCD

2.3.1.5 การใช้แสงอินฟราเรดกับกล้อง

อาจมีบางกรณีที่ใช้อินฟราเรดเป็นไฟส่องสว่าง ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งาน แสงอินฟราเรดไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่โดยทั่วไป CCD มีความไวแสงที่สามารถรับแสงอินฟราเรดได้ ดังนั้นจึงสามารถทำการสร้างภาพอินฟราเรดได้ อย่างไรก็ตามกล้องถ่ายภาพสีมีฟิลเตอร์ที่ตัดแสงอินฟราเรดออกเพื่อให้เห็นสีเหมือนกับที่คนเห็นกล้องเหล่านี้จึงไม่สามารถสร้างภาพอินฟราเรด ให้ใช้กล้องขาวดำเพื่อให้เห็นแสงอินฟราเรดได้



รูปที่ 2.9 แสดงการใช้แสงอินฟราเรดกับกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.6 ไฟสโตรบ

ไฟที่ให้แสงสว่างต่อเนื่องและไฟ LED สโตรบ คุณลักษณะความไวของ CCD จะคล้ายกับความไวของสายตามนุษย์ ช่วยให้มีควมไวในการตรวจจับสูงสุดประมาณ 500 nm (ความยาวคลื่นแสงสีน้ำเงิน) ดังนั้น เมื่อนำแสงสีแดงและสีน้ำเงินที่ความเข้มเดียวกันมาใช้กับชิ้นงานเดียวกัน แสงสีน้ำเงินจะให้ภาพที่สว่างกว่า การทำงานนี้สามารถนำไปใช้ได้ดีเมื่อต้องการภาพที่สว่างในการประยุกต์ใช้งานที่ต้องการความชัดลึกหรือความเร็วชัตเตอร์สูง การให้ไฟเปิดเมื่อไม่ใช้งานสามารถเพิ่มอายุการใช้งานของไฟได้อย่างมาก ข้อดีข้อหนึ่งในการใช้ไฟ LED ในวิชชันซิสเต็มคือ สวิตช์เปิด/ปิดความถี่สูงจะไม่ทำให้อายุการใช้งานของ LED เสียหาย ตัวอย่างเช่น เมื่ออัตราเวลาเปิด/ปิดเป็น 1:4 (เช่น 10 ms ต่อ 40 ms) เราสามารถคาดได้ว่าจะมีอายุการใช้งาน 5 เท่าเมื่อใช้งานอย่างต่อเนื่อง

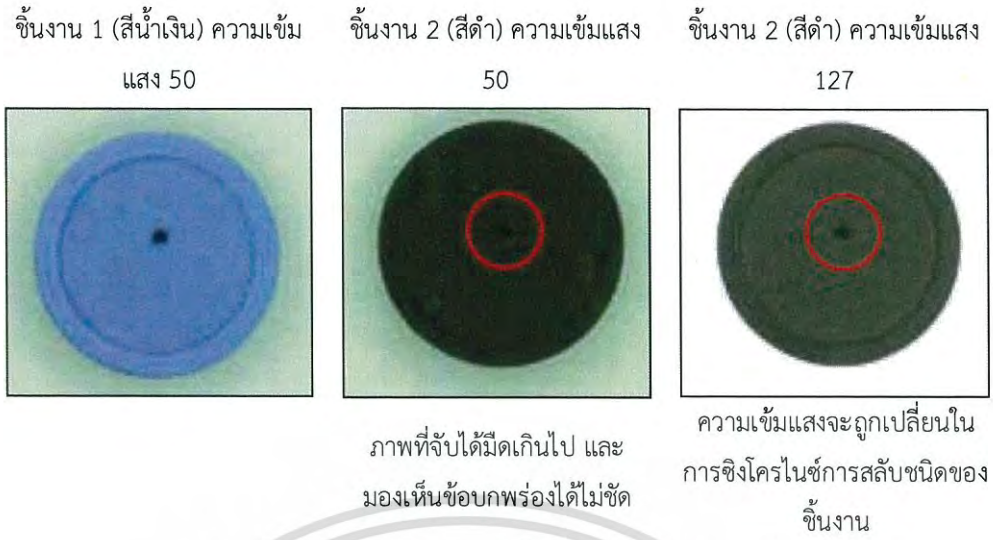


รูปที่ 2.11 แสดงการเปรียบเทียบอายุการใช้งาน

2.3.1.7 ระดับแสงที่ตั้งไว้ล่วงหน้าต่อชนิดของชิ้นงาน

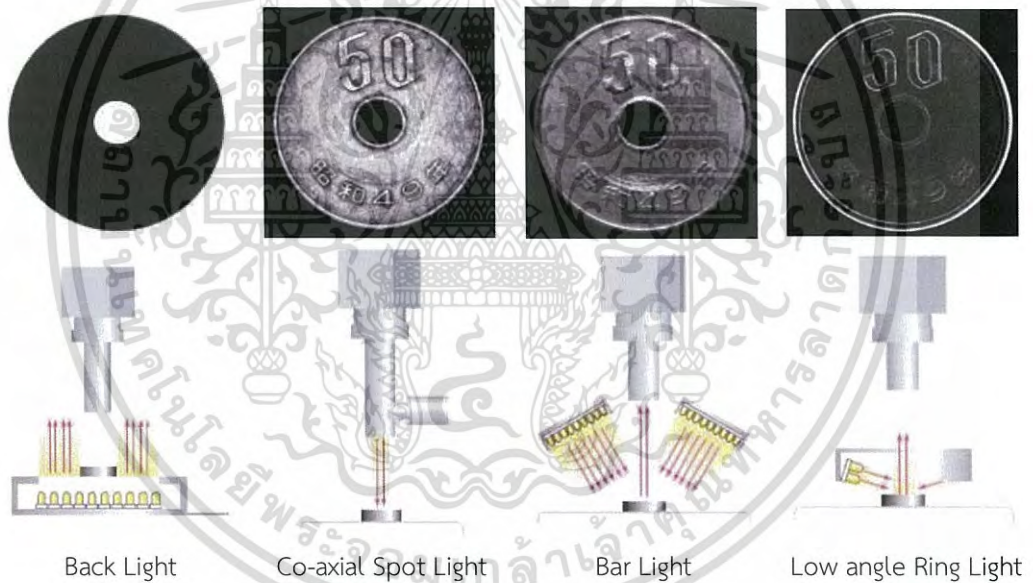
หากสีและการสะท้อนแสงจากพื้นผิวแปรผันไปตามชนิดของชิ้นงาน คุณควรปรับความเข้มแสงทุกครั้งที่เปลี่ยนชนิดของชิ้นงาน ผู้ใช้อาจต้องเปลี่ยนความเร็วชัตเตอร์ด้วย อย่างไรก็ตาม การดำเนินการนี้อาจไม่เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของสายการผลิตในการประยุกต์ใช้งานและปัจจัยการส่องสว่างอื่นๆ สิ่งที่ดีที่สุดคือคุณควรปรับความเข้มแสงไปตามชิ้นงาน ความเข้มแสงจะสามารถเปลี่ยนเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมวิชชันซิสเต็มได้โดยอัตโนมัติ คุณสามารถตั้งค่า จัดเก็บ และอ้างอิงค่าที่เหมาะสมซึ่งกำหนดไว้ได้โดยขึ้นอยู่กับชิ้นงานที่กำลังตรวจจับ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนค่าได้รวดเร็วและง่ายดาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงระดับแสงที่ตั้งไว้ล่วงหน้าต่อชนิดของชิ้นงาน

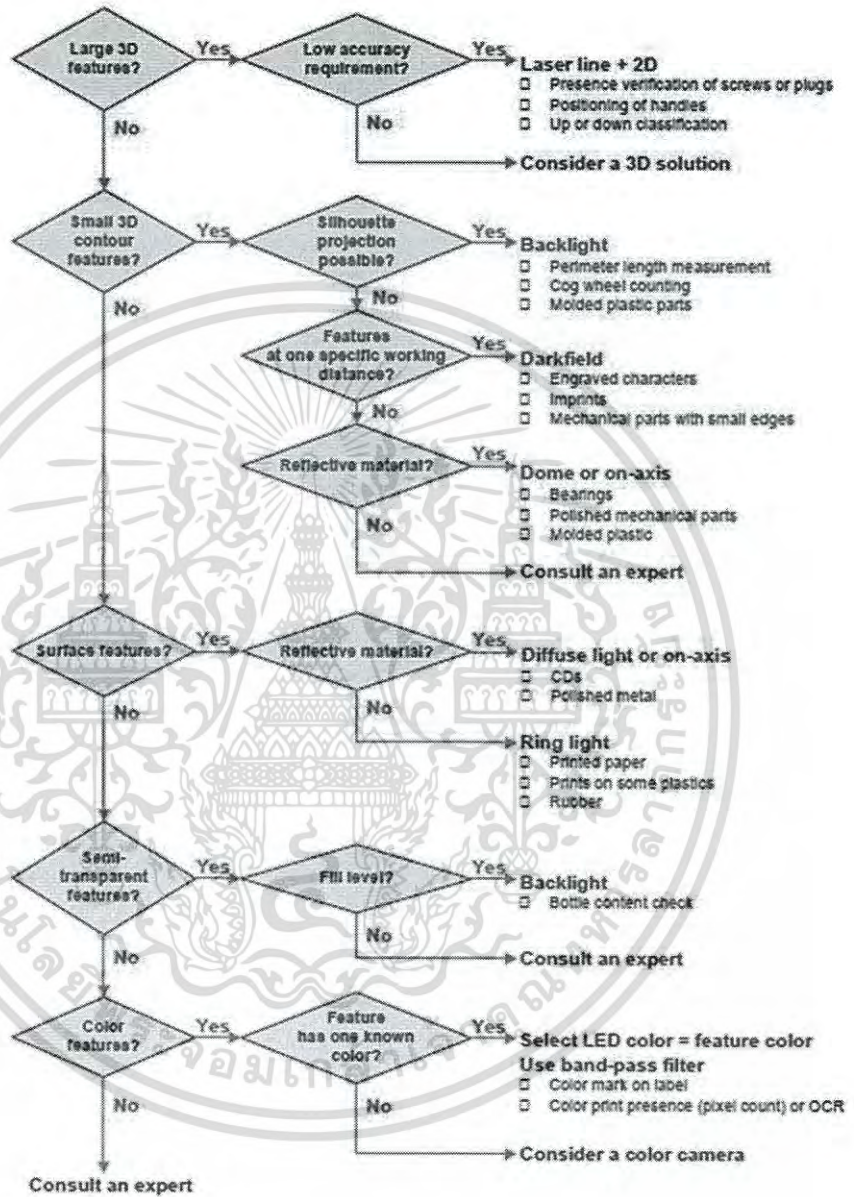
2.3.1.8 ความแตกต่างของรายละเอียดภาพที่รับได้จากการใช้ระบบไฟส่องสว่างแบบต่างๆ



รูปที่ 2.13 แสดงตัวอย่างความแตกต่างของรายละเอียดภาพที่รับได้จากการใช้ระบบไฟส่องสว่างแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.9 Lighting Selection



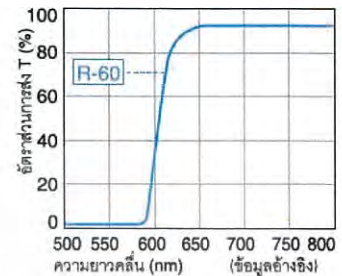
รูปที่ 2.14 แสดง Flow Chart หลักการเลือก Lighting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ฟิลเตอร์ (Filter)

ฟิลเตอร์ช่วยให้การตรวจจับและการประมวลผลข้อมูลของภาพมีความเสถียร ภายใต้สภาวะที่หลากหลาย

2.5.1 ฟิลเตอร์ตัดคม



ไม่มีฟิลเตอร์ตัดคม ที่พื้นผิวโลหะ
เกิดแสงสะท้อนจากฟลูออเรส
เซนซ์

มีฟิลเตอร์ตัดคมแสงสะท้อนจาก
ฟลูออเรสเซนซ์จะถูกระงับไว้



ไม่มีฟิลเตอร์ตัดคมแสงฟลูออเรส
เซนซ์หักเหอยู่ภายในขวด ทำให้
ทำการตรวจสอบปากขวดได้ยาก

มีฟิลเตอร์ตัดคมสามารถลด
อิทธิพลของแสงจากหลอดฟลูออ
เรสเซนซ์ลงได้

ฟิลเตอร์ตัดคมจะปล่อยให้แสงที่มี
ความยาวคลื่นยาวกว่าหนึ่งผ่านไป
ได้เท่านั้น การใช้ฟิลเตอร์เหล่านี้
ร่วมกับไฟ LED สีแดงทำให้ภาพที่
รับได้ไม่มีแสงสะท้อนจากสภาวะ
แวดล้อม

รูปที่ 2.15 แสดงฟิลเตอร์ตัดคม

2.4.2 ฟิลเตอร์แบบโพลาไรซ์

หลักการโพลาไรซ์ เมื่อไม่ใช้ฟิลเตอร์แบบโพลาไรซ์จะเกิดแสงประทุบของไฟชนิดวงแหวน เมื่อใช้ฟิลเตอร์แบบโพลาไรซ์แสงที่ประทุบจะลดลง แสง (1) จะถูกโพลาไรซ์ด้วยฟิลเตอร์แบบโพลาไรซ์ A ดังนั้นเฉพาะแสงในแนวอน (2) เท่านั้นจะถูกส่งผ่านไปยังชิ้นงาน เนื่องจากฟิลเตอร์แบบโพลาไรซ์ B ถูกตั้งค่าให้ยอมรับเฉพาะแสงในแนวตั้งเท่านั้น แสงสะท้อนอย่างสมบูรณ์ (3) ที่สะท้อนจากพื้นผิวฟิล์มจะถูกตัดออก อย่างไรก็ตามแสงที่สะท้อนแบบกระจาย (4) จากชิ้นงานจะมีองค์ประกอบของแสงในแนวตั้ง (5) ซึ่งสามารถผ่านฟิลเตอร์ B ไปยังกล้องได้

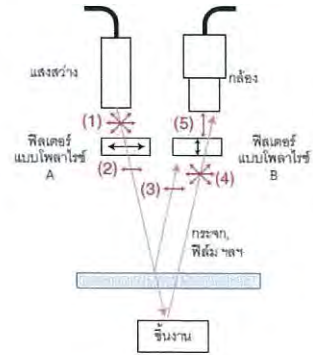
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เมื่อไม่ใช้ฟิลเตอร์แบบโพลารไรซ์ มีแสงประทึบของไฟชนิดวงแหวน



เมื่อใช้ฟิลเตอร์แบบโพลารไรซ์ แสงที่ประทึบจะลดลง



รูปที่ 2.16 แสดงฟิลเตอร์แบบโพลารไรซ์

2.4.3 ฟิลเตอร์ป้องกัน

- ฟิลเตอร์ป้องกันช่วยให้เลนส์มีอายุการใช้งานยาวนานโดยป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายในระหว่างการบำรุงรักษา
- ในระหว่างการบำรุงรักษาเลนส์ สิ่งที่ต้องทำก็เพียงแค่เปลี่ยนฟิลเตอร์ป้องกัน ซึ่งนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำได้
- ฟิลเตอร์ป้องกันช่วยปกป้องผิวเลนส์จากความเสียหายที่เกิดขึ้นจากเศษชิ้นงานที่ได้รับการดำเนินการอยู่
- ฟิลเตอร์ป้องกันช่วยลดเวลาและแรงงานในการดำเนินการบำรุงรักษากับเลนส์เมื่อเกิดมีละอองน้ำมันหรือฝุ่นไปติด



รูปที่ 2.17 แสดงฟิลเตอร์ป้องกัน

2.4.4 ฟิลเตอร์ตัดแสงสีน้ำเงิน

ฟิลเตอร์ตัดแสงสีน้ำเงินบล็อกความยาวคลื่นของไฟ LED สีน้ำเงิน ใช้ตัวกรองนี้ร่วมกับแผ่นแปลงความยาวคลื่นทำให้สามารถทำการตรวจจับด้วยแบ็คไลต์ได้ในที่ที่ติดตั้งแบ็คไลต์ได้ยาก การตรวจสอบบางอย่างตามปกติจะมีความเสถียรด้วยการใช้แบ็คไลต์ อย่างไรก็ตาม จะมีกรณีที่ไม่สามารถติดตั้งแบ็คไลต์ได้ ซึ่งอาจเป็นเพราะเนื้อที่ติดตั้งไม่เพียงพอหรือไม่สามารถเดินสายรอบชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่อยู่ได้ ในกรณีเช่นนี้ เราสามารถสามารถจำลองแบ็คไลต์ได้ด้วยการติดแผ่นแปลงความยาวคลื่นและติดตั้งไฟสะท้อนสีน้ำเงิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.18 แสดงฟิลเตอร์ตัดแสงสีน้ำเงินให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เลนส์ (Lens)

จะทำหน้าที่รวมแสงและปรับระยะภาพให้มีขนาดใหญ่-เล็ก ตามความเหมาะสม เลนส์บางรุ่นมีความสามารถในการรับแสงเพื่อเพิ่มความคมชัดของภาพได้ ซึ่งเลนส์ดังกล่าวจะต้องใช้คู่กับตัวกล้องที่สามารถตั้งค่ารับแสงได้เท่านั้น

โดยทั่วไปเลนส์แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

- Fix Iris เป็นเลนส์ที่ไม่สามารถปรับช่องรับแสงได้ควรใช้ในงานที่มีแสงสว่างคงที่ตลอดเวลา
- Manual Iris เป็นเลนส์ที่สามารถปรับช่องรับแสงได้ เหมาะสำหรับงานที่มีความสว่างไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถปรับแสงให้เหมาะสมในแต่ละงานได้

Auto Iris เป็นเลนส์ที่สามารถปรับช่องรับแสงได้เองโดยอัตโนมัติ ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงที่ตกกระทบเลนส์ ซึ่งเหมาะสำหรับงานที่มีความสว่างเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม

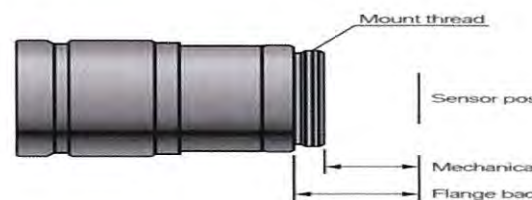


รูปที่ 2.19 แสดงรูรับแสงในขนาดต่างๆ

2.5.1 การเลือกใช้ขนาดของเลนส์

ในอดีตได้มีการสร้างกล้อง ด้วยตัวรับภาพหลายขนาด ตั้งแต่ขนาด 1 นิ้ว 2/3 นิ้ว และ 1/2 นิ้ว ต่อมามีการพัฒนาซึ่งมีหลายขนาดเช่นกัน โดยเริ่มจากขนาด 2/3 นิ้ว 1/2 นิ้ว 1/3 นิ้ว และ 1/4 นิ้ว การสร้างเลนส์จึงมีหลายขนาด เพื่อให้มีขนาดที่พอดีกับตัวรับภาพ ดังนั้นการเลือกใช้เลนส์ควรจะให้มีขนาดพอดีหรือเท่ากับขนาดของตัวรับภาพ แต่ว่าเลนส์ที่ใช้กับตัวรับภาพที่มีขนาดใหญ่กว่า สามารถนำมาใช้กับตัวรับภาพที่มีขนาดเล็กกว่าได้ เช่น เลนส์สำหรับตัวรับภาพขนาด 2/3 นิ้ว สามารถนำมาใช้กับตัวรับภาพขนาด 1/2 นิ้วได้ แต่ในทางกลับกัน ไม่สามารถนำเลนส์ที่ใช้กับตัวรับภาพที่เล็กกว่า มาใช้กับตัวรับภาพที่มีขนาดใหญ่กว่าได้ เลนส์จะมีชื่อต่อหลายแบบดังรูป โดยส่วนใหญ่ที่พบเห็นคือ C-Mount กับ CS-Mount

Area Camera	FB (mm)	Line Camera	FB (mm)
C-mount	17.526	F-mount	46.5
CS-mount	12.526	M42-mount	* 1
M-mount	M15.5/P0.5	M72-mount	* 1
S-mount	M10.5/P0.5		



รูปที่ 2.20 แสดงส่วนประกอบต่างๆของเลนส์

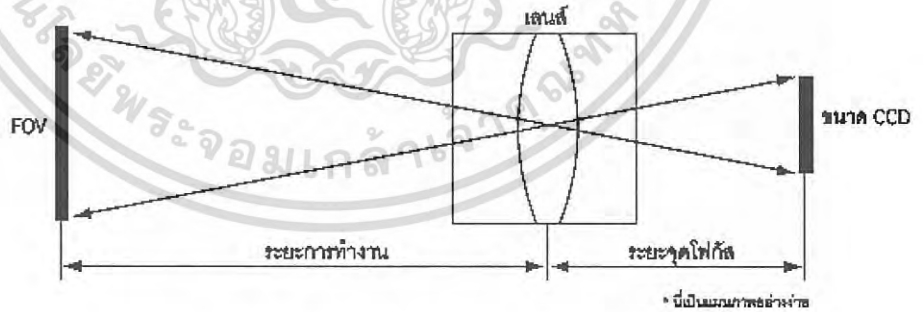
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดงประเภทของ Machine Vision Lenses

	จุดเด่น	ข้อดี	ข้อเสีย
Telecentric Lenses	รังสีจากชิ้นงานจะขนานกับแกนลำแสงของเลนส์ ด้านหน้า มีข้อผิดพลาดในการวัดเพียงเล็กน้อย	มีความแม่นยำสูง ไม่มี畸变ผิดพลาดในพื้นที่ทั้งหมดของภาพ	มีขนาดใหญ่และแพง
Macro Lenses	ถูกออกแบบสำหรับระยะห่างระหว่างกล้องถึงเลนส์ (WD) ที่สั้น	ความบิดเบี้ยวต่ำ กะทัดรัด น้ำหนักเบา ทนต่อการสั่นสะเทือน	สามารถปรับ Focal ได้ในช่วงหนึ่งเท่านั้นและ FOV ถูกจำกัด
Fixed Focal Length Lenses	สามารถ Focal เป็นอนันต์ได้ สามารถปรับ Focal และ Iris ได้	FOV และ WD กว้าง ราคาต่ำ เหมาะสมกับ FOV ที่มีขนาดใหญ่	เปราะบางกับการสั่นสะเทือนและมีการบิดเบี้ยวของภาพใน WD
Line Scan Lenses	ถูกออกแบบสำหรับ Line Scan Sensor มี Mount ขนาดใหญ่	ความบิดเบี้ยวต่ำและมีความคมชัดสูง ทนต่อการสั่นสะเทือน	มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก
Zoom Lenses	สามารถขยายภาพได้โดยไม่ทำให้ WD และตำแหน่งของกล้องเปลี่ยนแปลง	เหมาะสมกับงานที่ต้องการเปลี่ยนแปลงการขยายภาพบ่อยๆ	มีขนาดใหญ่

2.5.2 การใช้เลนส์อย่างมีประสิทธิภาพ

ระยะโฟกัสและการเลือกเลนส์



รูปที่ 2.21 แสดงระยะโฟกัสและการเลือกเลนส์

$$\frac{\text{ระยะการทำงาน}}{FOV} = \frac{\text{ระยะโฟกัส}}{\text{ขนาด CCD}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

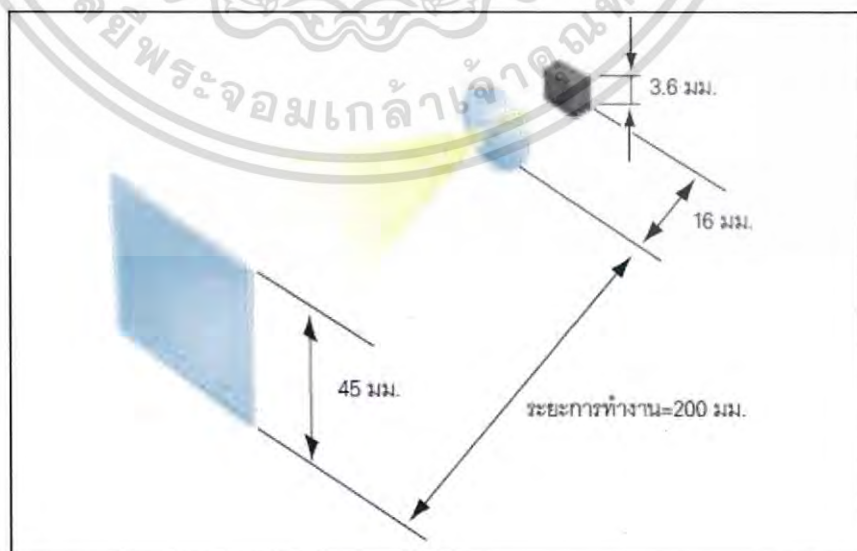
WD (ระยะการทำงาน) และ FOV (มุมมองภาพ) จะถูกกำหนดโดยระยะโฟกัสของเลนส์ และขนาด CCD ของกล้อง เมื่อ WD อยู่ในช่วงที่ต้องใช้เลนส์ Close up สามารถนำสัดส่วนของ WD และ FOV ต่อไปนี้ไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะโฟกัสของเลนส์ WD (ระยะการทำงาน) และ FOV (มุมมองภาพ) จะแสดงในกราฟ (ตารางการเลือกเลนส์รุ่นต่างๆ) ทางด้านขวา กราฟ log เทียบกับ log แสดงเส้นที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่าง WD และ FOV สำหรับเลนส์ต่างๆ ที่มีคุณลักษณะทางโฟกัสแตกต่างกัน (3.5 มม., 6 มม., 16 มม. และ 50 มม.) สามารถกำหนด WD และ FOV สำหรับเลนส์ได้ที่จุดตัดของเส้นเหล่านี้ ในช่วงที่ WD อยู่ด้านนอกเลนส์ คุณสามารถใช้เลนส์ที่มีคุณลักษณะธรรมดา เพื่อเปลี่ยนความยาวโฟกัสของเลนส์ เลนส์ Close up จะติดตั้งระหว่างเลนส์และกล้อง และพื้นที่กราฟของเส้นเลนส์ที่มีวงเล็บ โดยรอบจะระบุขนาดของเลนส์ Close up (มม.) พร้อมกับช่วง WD และ FOV ที่สามารถใช้ได้

เลนส์ทั้งหลายมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจึงอาจไม่ได้มุมมองภาพเดียวกันและ WD เดียวกันแม้ว่าจะอยู่ภายใต้สภาวะเดียวกัน เมื่อติดตั้งเลนส์ ให้เตรียมการติดตั้งที่สามารถปรับได้ นอกจากนี้ WD ในกราฟมุมมองภาพจะแสดงระยะห่างจากส่วนปลายของชุดใส่เลนส์ถึงชิ้นงาน



รูปที่ 2.22 แสดงแหวน Close-up



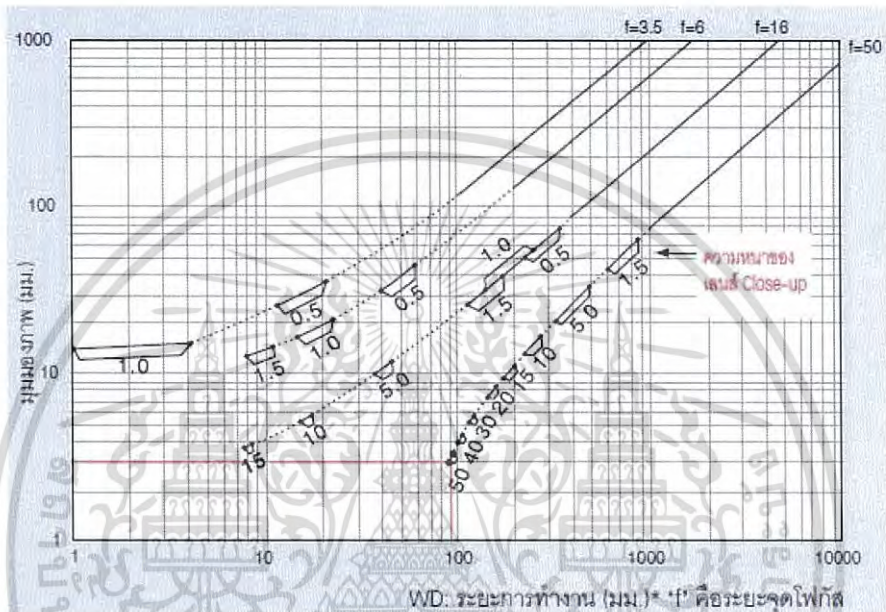
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างการคำนวณ WD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง: สำหรับ FOV 45 มม. ที่ระยะโฟกัสของเลนส์เท่ากับ 16 มม. และ CCD ขนาด 3.6 มม. WD ควรีค่าเท่ากับ 200 มม.

$$WD = 16 \text{ มม.} \times X = \frac{45 \text{ มม.}}{3.6 \text{ มม.}} = 200 \text{ มม.}$$

ตัวอย่าง: การใช้เลนส์ 50 มม.กับเลนส์ Close up 50 มม. คุณจะได้ FOV 3 มม. ที่ WD เท่ากับ 90 มม. (จุดตัดของเส้นสีแดง)



รูปที่ 2.24 แสดงตารางการเลือกเลนส์รุ่นต่างๆ

2.5.3 ช่องรับแสงและความชัดลึก

ความชัดลึกหมายถึงช่วงที่ภาพอยู่ในโฟกัส เนื่องจากความชัดลึกเพิ่มขึ้น เลนส์จึงมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่สูงขึ้นต่อการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและการตรวจสอบมีเสถียรภาพมากขึ้น

เงื่อนไขที่จะเพิ่มความชัดลึก

- 1) เลนส์ที่มีระยะโฟกัสสั้นกว่าจะมีความชัดลึกมากกว่า
- 2) เมื่อระยะจากเลนส์ถึงชิ้นงานเพิ่มขึ้น ความชัดลึกจะมากขึ้น

หมายเหตุ: เมื่อใช้ทั้งเลนส์ Close-up และเลนส์มาโคร ความชัดลึกย่อมลดลงเป็นธรรมดา

- 3) เมื่อลดช่องรับแสงลง ความชัดลึกจะเพิ่มขึ้น

หมายเหตุ: แม้จะใช้เลนส์เดียวกัน คุณก็สามารถได้ภาพที่โฟกัสอย่างง่ายด้วยการเพิ่มความเข้มของแสงสว่างด้วยการลดช่องรับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

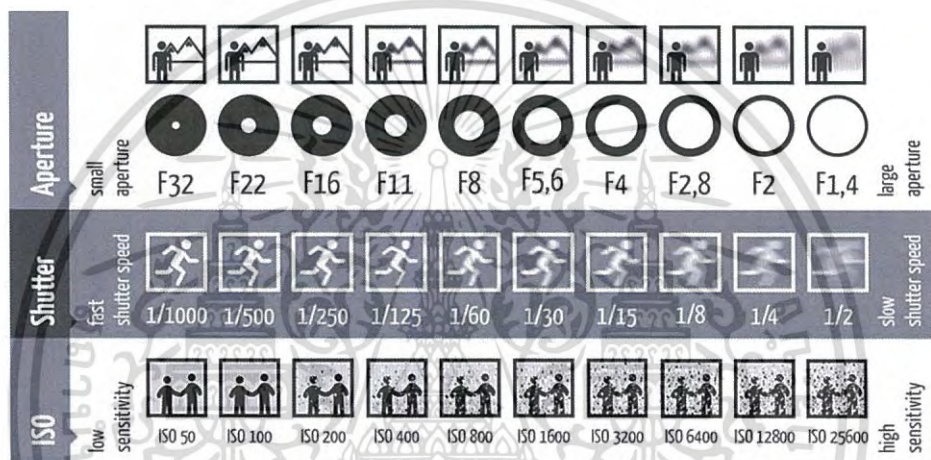


เมื่อลดช่องรับแสงลง

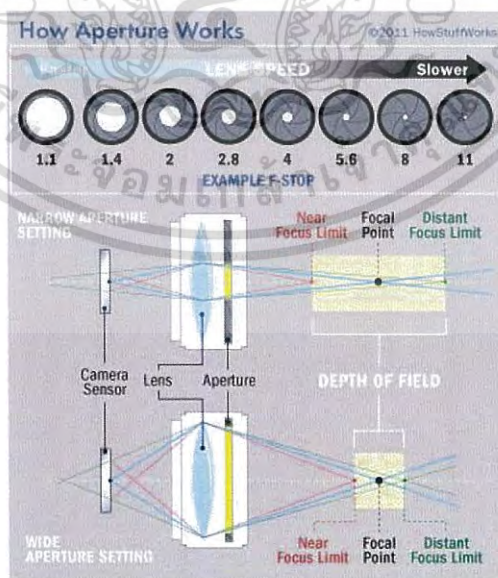


เมื่อเปิดช่องรับแสง

รูปที่ 2.25 แสดงการเปรียบเทียบการปรับช่องรับแสง

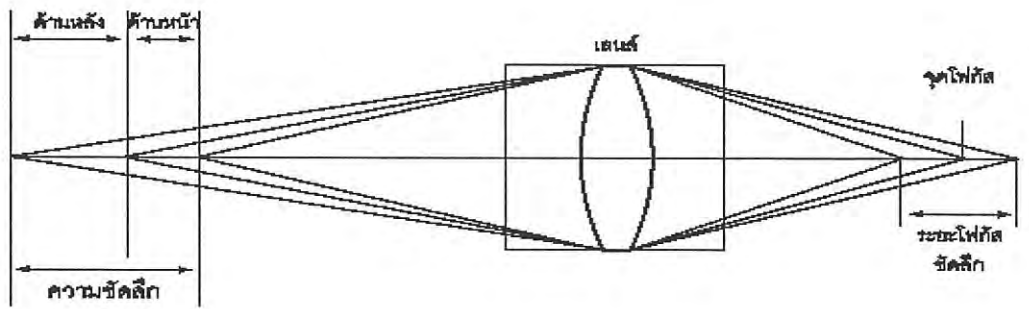


รูปที่ 2.26 แสดงการปรับช่องรับแสงในขนาดต่างๆ



รูปที่ 2.27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของรูรับแสงและขนาดพื้นที่ของความชัดลึก (Depth of Field)

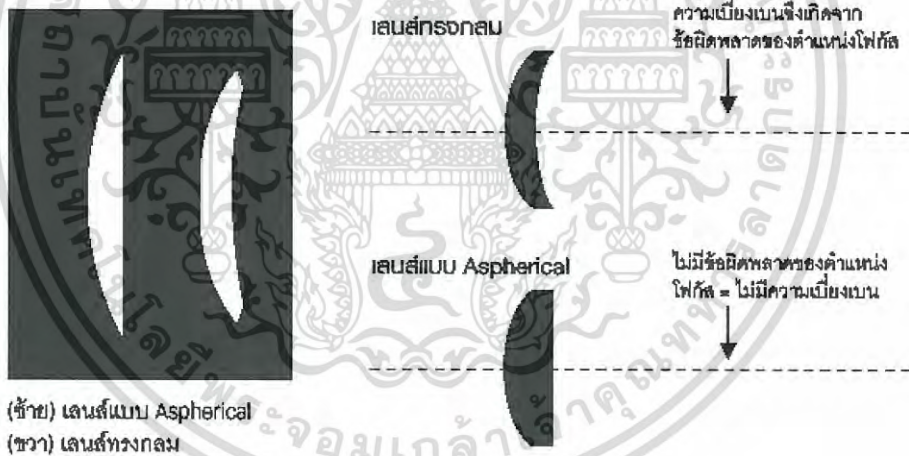
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แสดงจุด Focal

2.5.4 เลนส์แบบ Aspherical

โดยทั่วไปแล้ว เลนส์ทรงกลมจะใช้ในการออกแบบเลนส์มาตรฐาน หากเลนส์ของวิชันซิสเต็มประกอบด้วยพื้นผิวทรงกลมเพียงอย่างเดียว จะทำให้เกิดความเบี่ยงเบนได้ง่าย ซึ่งเป็นผลให้ภาพพร่ามัวหรือโค้งงอ ในทางกลับกัน เลนส์แบบ Aspherical ซึ่งพื้นผิวถูกออกแบบให้มีส่วนโค้งต่างๆ การออกแบบ Aspherical จะลดความหนาของเลนส์ ซึ่งทำให้กะทัดรัดเหมาะสำหรับสภาพแวดล้อมของวิชันซิสเต็ม และลดความเบี่ยงเบนในเวลาเดียวกัน



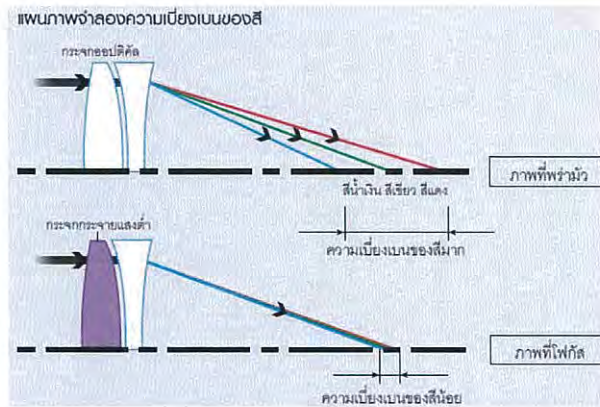
(ซ้าย) เลนส์แบบ Aspherical
(ขวา) เลนส์ทรงกลม

รูปที่ 2.29 แสดงเลนส์แบบ Aspherical

2.5.5 ความเบี่ยงเบนของสี

เมื่อเลนส์ประกอบด้วยการรวมกันของกระจกออปติคัลหลายชั้น จึงหลีกเลี่ยงความเบี่ยงเบนของสีไม่ได้ ความเบี่ยงเบนของสีหมายถึงความแตกต่างของตำแหน่งโฟกัสเนื่องจากความยาวคลื่นดัชนีหักเหของกระจกหรือพลาสติกจะแปรผันไปตามความยาวคลื่น ดังนั้นเมื่อได้รับแสง ตำแหน่งโฟกัสจะแปรผันไปตามช่วงแสงและสัมพันธ์กับความยาวคลื่น ซึ่งทำให้ภาพที่จับได้พร่ามัว จึงใช้กระจกกระจายแสงต่ำ เป็นวัสดุที่ใช้ทำเลนส์ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของสีให้น้อยที่สุด ดังนั้นจึงทำให้มีดัชนีหักเหต่ำและคุณลักษณะการกระจายแสงต่ำซึ่งไม่มีในกระจกออปติคัลทั่วไป และทำให้มีความละเอียดสูงกว่าเลนส์ทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 แสดงเลนส์ที่มีดัชนีหักเหและการกระจายแสงที่ต่ำ

2.5.6 F-stop

F-stop (หรือที่รู้จักกันอีกชื่อหนึ่งว่า F-number) เป็นค่าอ้างอิงที่ระบุถึงความสว่างของเลนส์ กล่าวโดยละเอียด F-stop คือค่าที่ได้จากการหารความยาวโฟกัสของเลนส์ด้วยเส้นผ่านศูนย์กลางของรูม่านตาของเลนส์นั้น ตัวอักษร “F” ของ F-stop มาจากคำว่า “focal”

$$F = \mathcal{X} = \frac{f}{D} \quad \text{เมื่อ } F \text{ คือ F-stop}$$

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของรูม่านตาทางเข้าของเลนส์

f คือ ความยาวโฟกัสของเลนส์

ในความเป็นจริง เลนส์ไม่ได้ส่งผ่านแสงทั้งหมด เลนส์จะสะท้อนแสงออกมาบางส่วน นอกจากนี้การใช้เลนส์หลายตัวเพื่อลดความคลาดเคลื่อนจะลดปริมาณแสงที่จะส่งผ่าน ด้วยเหตุนี้ เลนส์ที่ส่งผ่านแสงปริมาณมากและส่งผลให้ได้ภาพที่มีความสว่าง จะถูกอ้างถึงว่าเป็นเลนส์ที่ “สว่าง” และในทางกลับกันเลนส์ที่ส่งผ่านแสงได้น้อยจะถูกอ้างถึงว่าเป็นเลนส์ที่ “มืด” ความสัมพันธ์ระหว่างระยะโฟกัสของเลนส์และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูม่านตาของเลนส์ ซึ่งก็คือ F-stop เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดว่าเลนส์นั้นสว่างหรือมืด “เลนส์สว่าง” เป็นเลนส์ที่มีค่า F-stop ต่ำ และ “เลนส์มืด” เป็นเลนส์ที่มีค่า F-stop สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

3.1 กล่าวนำ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องตรวจสอบข้อบกพร่องของชิ้นงานโมเดล TT-C3-2020 โดยใช้โปรแกรม Vision Builder AI เป็นตัวจัดการกำหนดพื้นที่ที่เราต้องการตรวจสอบชิ้นงานและแสดงผลลัพท์ออกมาทางหน้าจอโปรแกรม ถ้าชิ้นงานมีลักษณะตรงตามมาตรฐานที่เราต้องการ โปรแกรมจะขึ้นสถานะว่า PASS แต่ถ้าชิ้นงานมีความบกพร่องไม่ตรงตามลักษณะที่ต้องการ หน้าจอแสดงผลจะแสดงสถานะว่า FAIL การกำหนดการเคลื่อนที่แต่ละแกนของเครื่องTabletop Robot จะใช้โปรแกรมX SELเป็นตัวกำหนดการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน

ขั้นตอนการออกแบบ

1. การสืบค้นข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ส่วน
 1. ศึกษาข้อมูลของตัวเครื่อง Table Top Robot และโค้ดที่จะนำมาใช้งาน
 2. ศึกษากล้องจับภาพ เลนส์ และฟิลเตอร์ เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงภาพที่ควรจะได้
 3. อุปกรณ์อื่นๆเช่นสายเชื่อมต่อ แหล่งจ่ายไฟ
 4. ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจจับชิ้นงาน

3.2 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของเครื่อง Table Top Robot จะใช้การเลื่อนแกน x y z โดยติดกล้องเป็นตัวตรวจสอบชิ้นงาน สังเกตการเคลื่อนที่ในแต่ละแกน โดยการใส่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆลงในโปรแกรม X SEL เพื่อให้แกนเคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการที่จะตรวจสอบตัวชิ้นงาน ผ่านโปรแกรม Vision Builder ในการกำหนดพื้นที่ของชิ้นงาน ทำการประมวลผลและแสดงผล

3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- เครื่อง Table Top Robot (IAI TT-C3-2020)
- Smart Camera NI 1732
- สายเชื่อมต่อ CAT 6 Cable
- แหล่งจ่ายไฟ MAR-20-24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1. Cartesian Robot

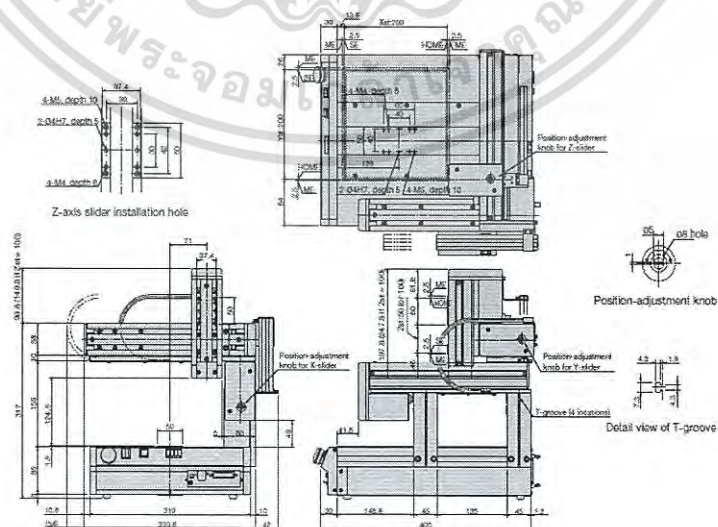
โมเดลของเครื่องคือ IAI TT-C3-2020 หลักการทำงานของเครื่องนั้น จะเป็นการเคลื่อนที่ในสองหรือสามแกน โดยเราสามารถใส่โค้ดในการควบคุมการเคลื่อนที่ของแต่ละแกนได้ ซึ่งในที่นี้เราเลือกใช้สามแกนประกอบไปด้วย แกน x, แกน y และ แกน z เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ชิ้นงาน และเพื่อกำหนดระยะโฟกัสของชิ้นงาน โดยโมเดลที่เราเลือกใช้ชิ้นนี้คือ TT-C3-2020-05-DV ในส่วนของรายละเอียดของตัวเครื่องนั้นมีดังนี้

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของตัวเครื่อง

Model	Axis configuration	Encoder Type	Lead (mm)	Stroke (mm)	Speed (mm/sec)	Load capacity (kg)
TT-C3-I-2020-05B-DV	X-axis	Incremental	6	200	1-300	-
	Y-axis		6	200	1-300	-
	Z-axis		6	50/100	1-300	2

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดอื่นๆที่พบได้ทั่วไป

Drive System	Ball Screw (ø10mm, rolled C10)
Positioning repeatability	±0.02mm
Backlash (Note 3)	0.1mm or less
Guide	Direct-coupled endless cycling type
Allowable load moment (Note 4)	Ma : 6.5N · m Mb : 9.3N · m Mc : 16.4N · m
Ambient temperature/humidity	5 to 40°C, 85%RH max. (non-condensing)
Actuator weight	18kg



รูปที่ 3.1 แสดงขนาดและจุดเชื่อมต่อของตัวเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลจำเพาะบังคับของคอนโทรลเลอร์

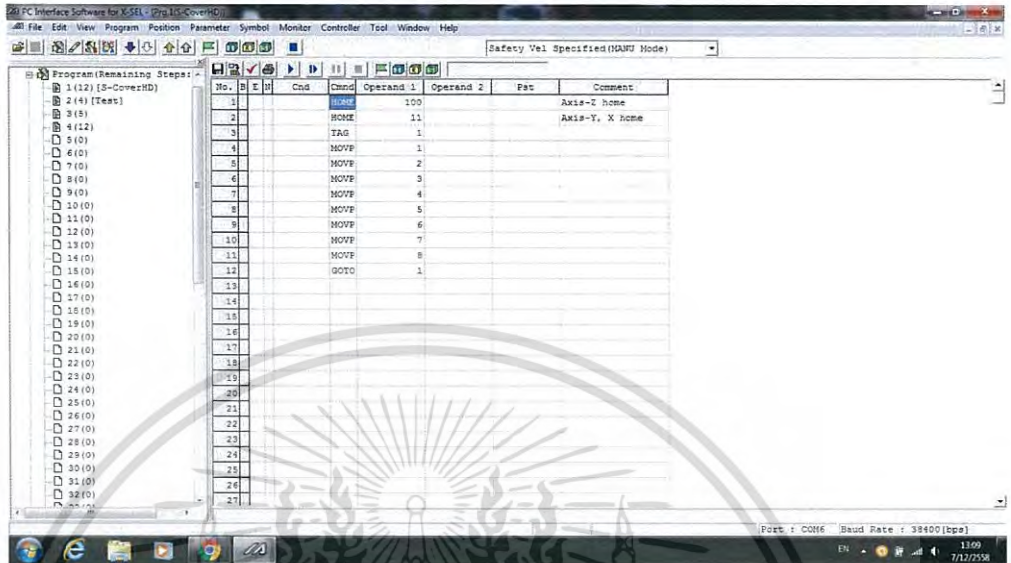
Applicable Controller	Maximum number of controlled axes	Compatible encoder type	Program operation	Power-supply voltage
Built-in	3 axes	Incremental	Program	AC100V AC200V

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลทั่วไปของคอนโทรลเลอร์

Motor type	Pulse motor (servo control)
Position detection method	Incremental encoder
Power-supply voltage	100 to 115 VAC, 200 to 230 VAC, single-phase, ±10%
Power-supply frequency	50Hz / 60Hz
Power-supply frequency	Rated power output: 151.2 W --- Maximum instantaneous output (2 times)
Speed setting	1 to 300 mm/sec
Acceleration setting	0.01 to 0.3 G
Programming language	Super SEL language
Number of programs (programs that can be run simultaneously)	64 programs (16 programs)
Number of program steps	6000 steps (total)
Number of positions	3000 positions (total)
Program start	Dedicated digital switch + Dedicated start switch
Data-storage device	FLASH ROM
Data-input device	Teaching pendant (model: IA-T-X) PC software (model: IA-101-X-MW)
Numbers of I/O (input/output) points	16 input points / 16 output points (insulated DIO)
I/O connector	34-pin, flat
Supported field buses	Device Net / CC-Link / ProfiBus / Ethernet
Protection functions	Motor overcurrent, overload, motor-driver temperature check, overload check, encoder open detection, etc. (Error codes are shown on the 7-segment LED on the front of the actuator.)
Specified ambient temperature/humidity	0 to 40°C, 20 to 90% (non-condensing)
Accessories	Power connector, I/O flat cable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะใช้โปรแกรม PC Interface Software for X-SEL ในการควบคุมทิศทางของแต่ละแกน โดยการใส่ฟังก์ชันคำสั่งต่างๆตามที่ต้องการทีละคำสั่ง ซึ่งทำให้สะดวกต่อการควบคุมทิศทางมากขึ้น เราสามารถกำหนดได้ทั้งระยะของแกน และความไวในการเคลื่อนที่



รูปที่ 3.2 หน้าตาของโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL ที่เราใส่คำสั่งลงไป

คำสั่งแต่ละคำสั่ง จะมีหน้าที่ในการควบคุมที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมนั้นมีจำนวนมาก ในที่นี้ เราจะเลือกเฉพาะคำสั่งที่ใช้งานบ่อยเป็นตัวอย่าง

- คำสั่ง HOME คือการกำหนดให้แกนแต่ละแกนกลับไปอยู่ที่จุดเริ่มต้นแรกเริ่มที่ระบุไว้
- คำสั่ง MOV คือการกำหนดให้แกนเลื่อนไปยังตำแหน่งที่เราต้องการ
- คำสั่ง TAG คือการกำหนดจุดเริ่มต้นสำหรับการเคลื่อนที่
- คำสั่ง GOTO คือการวนซ้ำจากจุดที่กำหนด

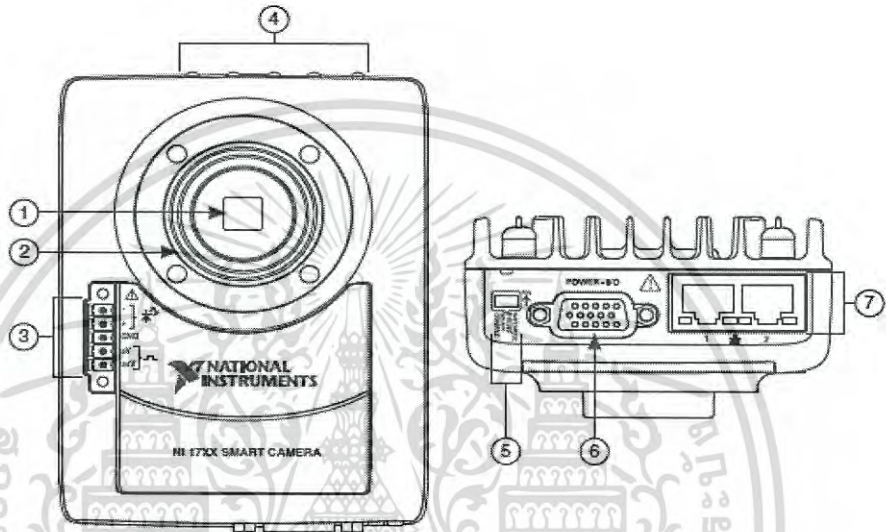
Category	Cmd	Input Cmd.	Operand 1	Operand 2	Operand 3	
Structured DO	DMLE	Optional	Variable No.	Data	Command Pass	While Less Than
Structured DO	DMNL	Optional	Variable No.	Data	Command Pass	While Unequal
Others	ECMD	Optional	Data		Command Complete	Extended command
Structured DO	EDOO	Prohibited			Command Pass	Declare IN** Ending
Structured IF	EDIF	Prohibited			Command Pass	Declare IF** Ending
Palettize	EDFA	Prohibited			Command Pass	Declaration of finishing Palett
Branch	EDCL	Prohibited			Command Pass	Declare RCT Ending
Program Control	EDSR	Prohibited			Command Pass	End Subroutine
Structured IF	ELSE	Prohibited			Command Pass	When Conditions unestablished
Logic	EXOR	Optional	Variable No.	Data	Command Pass	Bitwise Exclusive-OR
Task Control	EXIT	Optional			Command Pass	Program End
Task Control	EXPO	Optional	Program No.	Program No.	Command Complete	Start Task
Program Control	EXSR	Optional	Subroutine No.		Command Pass	Call Subroutine
Input/Output/Flag Operation	FMIO	Optional	Data		Command Pass	IN(B)/OUT(B) command format setting
Position Data Operation	GMCC	Optional	Variable No.	Position No.	Command Pass	Get Acceleration
Position Data Operation	GMCL	Optional	Variable No.	Position No.	Command Pass	Get Deceleration
Position Control	GMPL	Optional	Variable No.	Position No.	Command Pass	Get Position
Actuator Control Designation	GSP	Optional	Axis Pattern		Command Pass	Designate Axis Assignment
Timer	GTM	Optional	Variable No.		Command Pass	Time Acquisition
Position Data Operation	GVEL	Optional	Variable No.	Position No.	Command Pass	Get Velocity
Actuator Control Designation	MGDL	Optional	Input Port/Flag	0 or 1 or 2	Command Pass	Designate Axis Temp. Stop Port
Actuator Control Commands	HOME	Optional	Axis Pattern	Data	Position End	Designated Axis Execute Homing
Structured IF	IFEQ	Optional	Variable No.	Data	Command Pass	Equal
Structured IF	IFGE	Optional	Variable No.	Data	Command Pass	Equal or Greater Than
Structured IF	IFGT	Optional	Variable No.	Data	Command Pass	Greater Than
Structured IF	IFLE	Optional	Variable No.	Data	Command Pass	Equal or Less Than
Structured IF	IFLT	Optional	Variable No.	Data	Command Pass	Less Than
Structured IF	IFNE	Optional	Variable No.	Data	Command Pass	Unequal
Input/Output/Flag Operation	IN	Optional	Input/Output/Flag	Input/Output/Flag	Command Complete	Reading Binary Value
Input/Output/Flag Operation	INB	Optional	Input/Output/Flag	# of BCD Characters	Command Complete	Reading BCD Value
Communication	IFCN	Optional	Channel No.	Integer Variable No.	Command Pass	IF address at connection destination and port no.
Structured IF	IFCO	Optional	Channel No.	Character Literal	Command Pass	True

รูปที่ 3.3 คำสั่งสำหรับควบคุมแกนทั้งสามที่มีในโปรแกรม PC Interface Software for X-SEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในองค์กรเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาต ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2. Smart Camera NI 1732

กล้องที่ใช้ในการจับภาพ เราจะใช้กล้องของ National Instruments รุ่น NI 1732 ซึ่งมาพร้อม กับจุดกำเนิดแสงเพื่อการส่องสว่างภายในตัว มีความเหมาะสมในการใช้งานกับโปรแกรม Vision Builder สามารถ ใช้งานได้แบบ Real-time และมีสายเชื่อมต่อทั้งแบบ Digital port, RS232 serial port และ Ethernet port ใน การใช้เพื่อกำหนดพื้นที่ในการตรวจสอบชิ้นงานนั้น จะใช้โปรแกรม PC Interface Software for X-SEL ควบคุมไป ด้วย ส่วนของรายละเอียดของกล้องมีดังนี้



รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบต่างๆของ Smart Camera NI 1732

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 1 Image Sensor | 5 DIP Switches |
| 2 Standard C Lens Mount | 6 POWER-I/O Connector |
| 3 Lighting Connector | 7 Ethernet Ports |
| 4 LED Indicators | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดทั่วไปของ Smart Camera NI 1732

General	Product Family	Smart Cameras
	Form Factor	Embedded Version
	Operating System / Target	Real-Time
	Product Certifications	C-Tick CE FCC RoHS
Smart Camera	Processor	400MHz PowerPC
	System Memory	256MB
	Industrial Protocol Support	Ethernet / IP Modbus Modbus / TCP RS-232 TCP / IP
	Sensor	Maximum Frame Rate Resolution Color Type Binning
Lighting	Direct Drive Lighting	No
Digital I / O	Number of Isolated Input Channels	2
	Number of Isolated Output Channels	2
Port Information	Number of Ethernet Ports	2
Physical Specifications	Length	8.58 cm
	Height	11.77 cm
	Operating Temperature	0 °C – 25 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3. สายเชื่อมต่อ

สายเชื่อมต่อนั้นมีหลายประเภทให้เลือกใช้ตามลักษณะการใช้งาน ในที่นี้เราเลือกใช้สาย CAT 6 ซึ่งมีความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลที่ค่อนข้างต่ำ

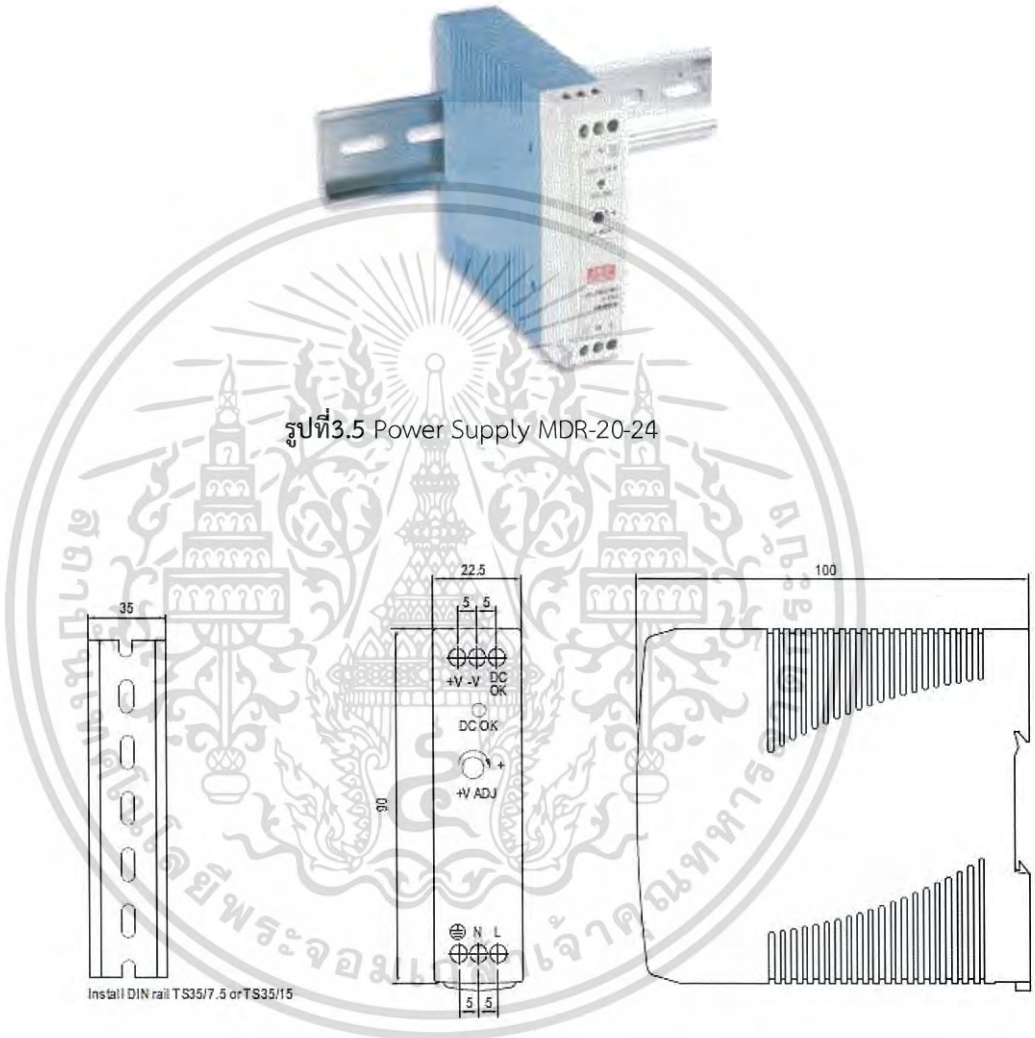
ตารางที่ 3.6 รายละเอียดทั่วไปของสายเชื่อมต่อ CAT 6

Electrical characteristics	DC Resistance	290 Ohm/Km
	Impedance	(100 MHz) 100 +/- 5 Ohm
Physical characteristics	Conductors	26 AWG (0,14 mm ²) tinned copper
	Insulation	Polyethylene Nom. Dia. 0,039" (1mm)
	Assembly	Pairs cabled with Kevlar strength members and separation tape wrapped
	Shields	Inner: aluminum mylar 100% coverage Outer: tinned copper braid 80% coverage
	Jacket	Black, special PUR compound
	Weight	36.9 lbs / mft (55 kg/km)
	Outside diam.	0.272" (6.9 mm) nom.
	Min bend radius	72mm (10x O. D.)(During installation)
	Mln bend radius	36mm (5 x O.D.)(During operation)
	Min flexes to failure	Passes IEC 61156-6 requirements
	Temperature	-40°C (-40°F) / + 85°C (185°F)
	Capacitance	(1 kHz) 50nF/km nom.
	Capacitance unbalance	1600 pF/km max.
	Insulation resistance	5 GOhm/km
	Voltage rating (peak)	230 V
	Dielectric strength	VAC /1 min - 700 V/Min
	Propagation delay	4.6 ns/m
	Skew	45 ns/100m
Resistance unbalance	2%	
Return loss	(250 MHz) 15.6dB	
Velocity of propagation	72% nom.	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 แหล่งจ่ายไฟ

เราเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟของ Mean Well รุ่น MDR-20-24 ซึ่งมีความเหมาะสมกับการใช้งานในการจ่ายไฟให้กับ Smart Camera ซึ่งจะจ่ายไฟแบบกระแสตรง มีการป้องกันแบบ Short circuit, Overload และ Over voltage ในส่วนของรายละเอียดมีดังนี้



รูปที่ 3.6 รายละเอียดเชิงกลของ Power Supply MDR-20-24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดทั่วไปของ Power Supply MDR-20-24

Output	DC Voltage	24V
	Rated Current	1A
	Current Range	0 ~ 1A
	Rated Power	24W
	Voltage Adj. Range	21.6 ~ 26.4V
	Set up, Rise time	500ms, 30ms/230VAC
	Hold up time	50ms/230VAC
Input	Voltage Range	85 ~ 264VAC, 120 ~ 370VDC
	Frequency Range	47 ~ 63Hz
	Efficiency	84%
	AC Current	0.55A/115VAC, 0.35/230VDC
	Inrush Current	Cold Start 20A/115VAC, 40/230VAC
	Leakage Current	<1mA/240VAC
Protection	Overload	105 ~ 160% rated output power Protection type: Constant current limiting, recovers automatically after fault condition is removed
	Over Voltage	27.6 ~ 32.4V Protection type: Shut down o/p voltage, re-power on to recover
Function	DC OK Active Signal (max.)	18 ~ 27V / 20mA
Environment	Working temp.	-20 ~ +70°C
	Working humidity	20 ~ 90% RH non-condensing
	Storage temp., humidity	-40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH
	Temp. Coefficient	±0.03%/°C (0 ~ 50°C)
	Vibration	Component: 10 ~ 500Hz, 2G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes; Mounting: Compliance to IEC60068-2-6
Safety & EMC	Safety Standards	UL508, TUV EN60950-1 approved, NEC class 2 / LPS compliant
	Withstand Voltage	I/P-O/P: 3KVAC I/P-FG: 1.5KVAC O/P-FG: 0.5KVAC
	Isolation Resistance	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG: 100M Ohms/500VDC
	Emiconduction & Radiation	Compliance to EN55011, EN55022 (CISPR22), EN61204-3 Class B
	Harmonic Current	Compliance to EN61000-3-2, -3
	EMS Immunity	Compliance to EN61000-4-2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, ENV50204, EN55024, EN61000-6-1, EN61204-3, light industry level, criteria A
Others	MTBF	236.9K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C)
	Dimension	22.5*90*100mm (W*H*D)
	Packing	0.19Kg; 72pcs/14.7Kg/0.91CUFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนการทดลอง

1. นำวัตถุที่ต้องการตรวจสอบความถูกต้องวางไว้บน black light เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงาน
2. ตรวจสอบการอินเตอร์เฟสของกล้อง Smart Camera ด้วยซอฟต์แวร์ NI MAX
3. เขียนโปรแกรมใน Vision Builder เพื่อทำการตรวจสอบชิ้นงานโดยมีขั้นตอนดังนี้

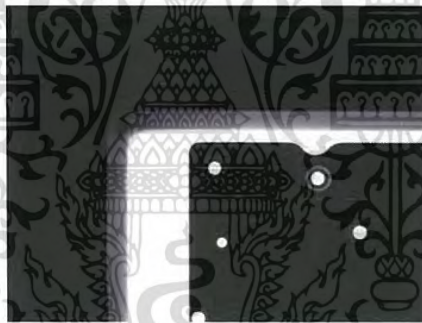


รูปที่ 3.7 แสดงคำสั่งทั้งหมดในโปรแกรม Vision Builder

คำสั่งทั้งหมดที่ใช้ในโปรแกรม Vision Builder AI

คำสั่งที่ 1 Acquire Image

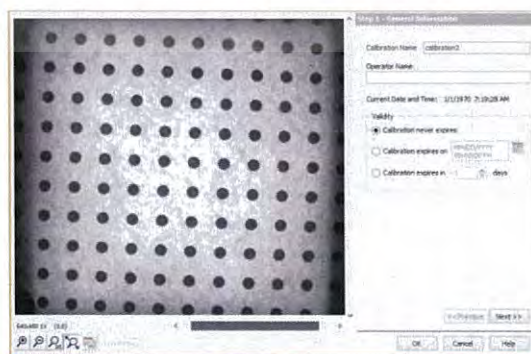
ใช้สำหรับนำภาพจากกล้องที่ตรวจจับได้มาแสดงผลที่หน้าต่างของซอฟต์แวร์



รูปที่ 3.8 ภาพที่ตรวจจับได้

คำสั่งที่ 2 Calibrate Image

ใช้สำหรับเปลี่ยนหน่วยที่แสดงผลจาก Pixel เป็น Millimeter เพื่อง่ายต่อการอ่านค่า

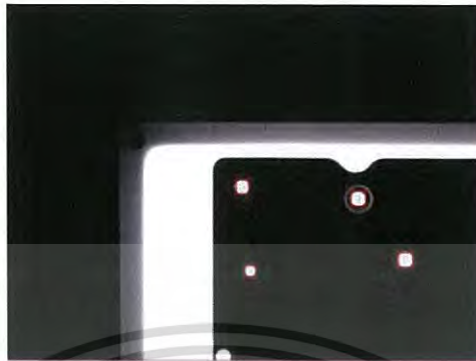


รูปที่ 3.9 ภาพในการ Calibrate Image

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งที่ 3 Detect Object

ใช้สำหรับการตรวจวัดว่าภาพที่ตรวจจับได้ขณะนั้นมีวงกลมกี่วงให้ทำการตรวจวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง



รูปที่ 3.10 แสดงภาพที่ตรวจวัด มีวงกลม 4 วงให้ทำการตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

คำสั่งที่ 4 Custom Overlay

ใช้สำหรับแสดงค่าตำแหน่ง (X,Y,Z) ของแต่ละรูที่จะทำการตรวจวัด



รูปที่ 3.11 แสดงค่าตำแหน่งของแต่ละรูที่จะทำการตรวจวัด

คำสั่งที่ 5 Data Logging

ใช้สำหรับการบันทึกค่าตำแหน่ง (X,Y,Z) ในโปรแกรม Vision Builder มาเป็นไฟล์ Microsoft Excel เพื่อนำค่ามาใช้ต่อไป

State Name					Inspect	Inspect	Inspect	Inspect	Inspect	Inspect	Inspect	Inspect	Inspect
Step Name					Detect Ob;	Detect Ob;	Detect Ob;	Detect Ob;	Detect Ob;	Detect Ob;	Detect Ob;	Detect Ob;	Detect Ob;
Result Name					Object [1]	Object [1]	Object [2]	Object [2]	Object [3]	Object [3]	Object [4]	Object [4]	Object [5]
Units					mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Iteration	Date	Time	Time (mills)	Status									
1	1/1/1970	0:12:43	596	Pass	55.40866	4.46072	7.64494	7.04747	24.0422	8.2049	16.12416	19.13265	9.10819
2	1/1/1970	0:12:45	10	Pass	58.20972	6.49221	58.09863	32.48308	17.56076	37.49572	7.78956	38.37621	
3	1/1/1970	0:12:46	400	Pass	7.6407	7.05062	24.02576	8.21466	16.11999	19.13037	9.1035	24.65848	58.11124
4	1/1/1970	0:12:47	854	Pass	55.40866	4.46072	7.63573	7.04929	24.0422	8.2049	16.11999	19.13037	9.10819
5	1/1/1970	0:12:49	311	Pass	55.40866	4.46072	7.6407	7.05062	24.03996	8.20051	16.11999	19.13037	9.1035
6	1/1/1970	0:12:50	769	Pass	55.40866	4.46072	7.63573	7.04929	24.0422	8.2049	16.12168	19.12598	9.10819

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างค่าตำแหน่งที่ Vision Builder บันทึกไว้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	x	y	x'	y'
home	81.143	98.303	14.12578	48.60454
1	35.56657	7.58243	49.69235	56.18697
2	92.99036	6.69674	107.1161	55.30128
3	60.80978	9.71855	74.93556	58.32309
4	71.09345	22.35463	85.21923	70.95917
5	37.4002	25.32191	51.52598	73.92645
6	91.27203	36.4994	105.3978	85.10394
7	32.00925	44.46616	46.13503	93.0707
8	32.78402	94.29239	46.9098	142.8969
9	98.77429	93.26719	110.9001	141.8717

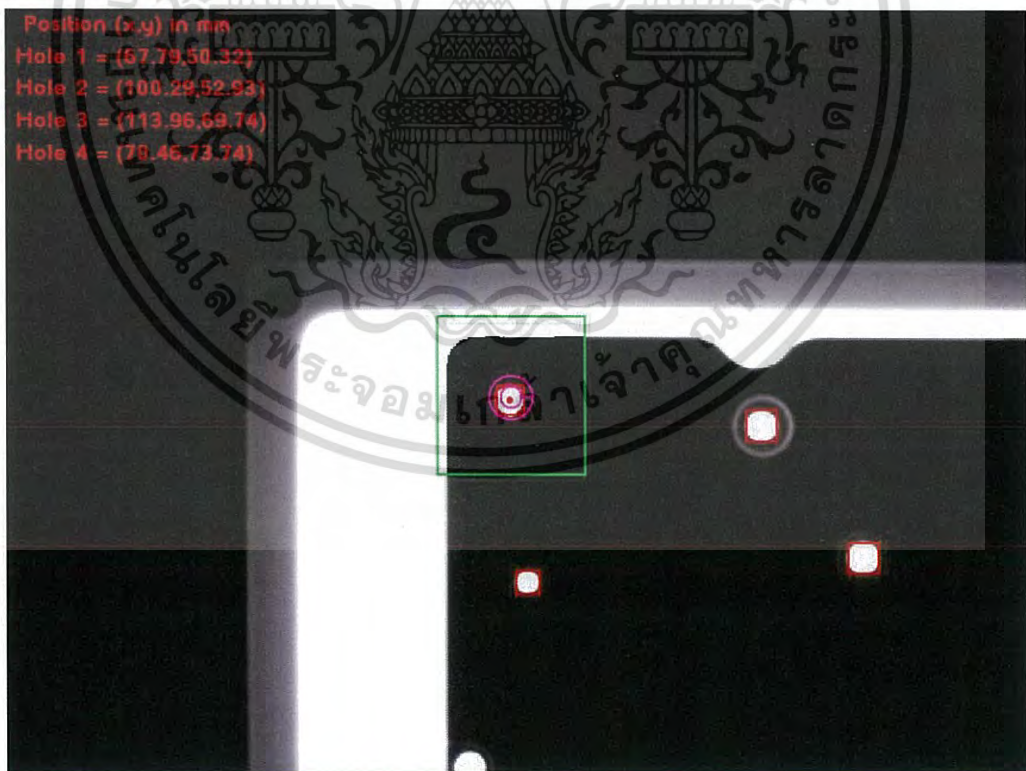
รูปที่ 3.13 แสดงการคำนวณค่า X และ Y เพื่อนำไปใช้ในการเคลื่อนที่แกนในโปรแกรม X-SEL program ต่อไป

คำสั่งที่ 6 Vision Assistance

ใช้สำหรับการกำหนดพื้นที่ที่เราต้องการตรวจสอบ

คำสั่งที่ 7 Find Circular Edge

ใช้สำหรับการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูในแต่ละรู

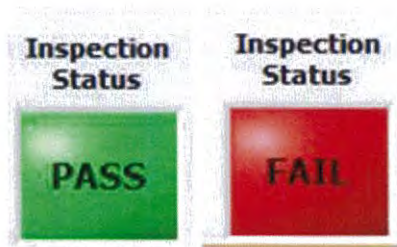


รูปที่ 3.14 แสดงผลการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งที่ 8 Set Inspection Status

ใช้สำหรับการแสดงผลการวัดว่า PASS หรือ FAIL ที่ตำแหน่ง Inspection Status



รูปที่ 3.15 แสดงค่า Inspection Status PASS และ FAIL

คำสั่งที่ 9 Read/Write I/O

ใช้สำหรับการแสดงผลการตรวจสอบที่กล่อง



รูปที่ 3.16 แสดงผลลัพธ์การตรวจสอบได้ค่าตามที่ต้องการที่กล่อง



รูปที่ 3.17 แสดงผลลัพธ์การตรวจสอบไม่ได้ค่าตามที่ต้องการที่กล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำค่าที่ได้ในคำสั่ง Data logging มาคำนวณเพื่อหาค่าตำแหน่งใน 3 แกน (X,Y,Z) ที่ต้องการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ โดยนำค่าที่ได้ใน Data logging มาคำนวณในโปรแกรม Microsoft Excel

5. ได้ค่าตำแหน่ง X,Y และ Z จากการคำนวณในโปรแกรม Microsoft Excel มาใส่ค่าในโปรแกรม X-SEL program ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้เคลื่อนที่หุ่นยนต์ 3 แกน เพื่อให้หุ่นยนต์ 3 แกนเคลื่อนที่ไปตามตำแหน่งที่เราต้องการตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน

6. ตรวจสอบผลการวัดโดยการแสดงผล 2 ตำแหน่งที่ Inspection Status ของโปรแกรม Vision Builder AI และแสดงผลที่ไฟ LED ข้างกล้อง Smart Camera ว่าผลการตรวจสอบขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมีค่าตรงตามที่ต้องการหรือไม่โดยถ้าผลการตรวจวัดมีค่าตรงตามที่ต้องการจะแสดงว่า PASS และขึ้นไฟ LED สีเขียวที่ข้างกล้อง Smart Camera ถ้าผลการตรวจวัดไม่ได้ค่าตรงตามที่เราต้องการจะแสดงว่า FAIL และขึ้นไฟ LED สีแดงที่ข้างกล้อง Smart Camera



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

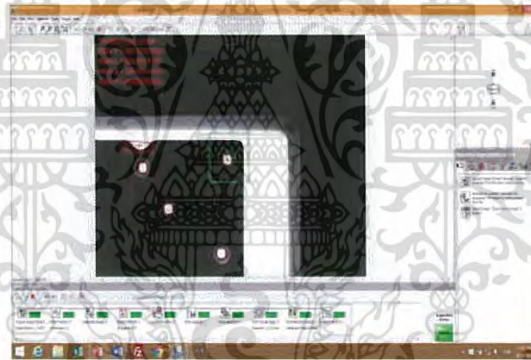
ผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

การทดลองการวัดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของรูด้วยหุ่นยนต์ 3 แกน ได้ทำการทดลองโดยการวัดผ่านซอฟต์แวร์ จำนวน 10 ครั้ง แล้วทำการวัดขนาดของชิ้นงานชิ้นเดียวกันด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ จำนวน 10 ครั้ง นำเวลาและค่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้มาเปรียบเทียบกัน เพื่อดูความถูกต้องของข้อมูลและเวลาที่ใช้ในการวัด

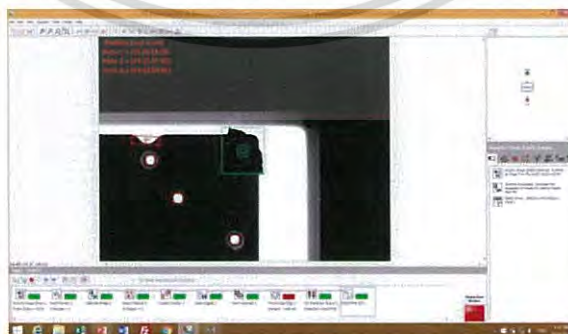
4.2 การวางแผนการทดสอบ

จากการศึกษาและทำการทดลอง จะได้ผลลัพธ์ที่สามารถวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูบนแผ่นฮาร์ดดิสก์ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เมื่อทำการวัดแล้วจะแสดงผลของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนั้นตรงตามมาตรฐานที่ต้องการหรือไม่



รูปที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์ผ่านโปรแกรม PASS

หากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูบนแผ่นฮาร์ดดิสก์ตรงตามมาตรฐานโปรแกรมจะแสดงผลว่า "PASS"



รูปที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์ผ่านโปรแกรม FAIL

แต่หากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูบนแผ่นฮาร์ดดิสก์ไม่ตรงตามมาตรฐานหรือถูกปิดทับด้วยวัตถุแปลกปลอม เอกสารนี้โปรแกรมจะแสดงผลว่า "FAIL" การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.1 ตารางเปรียบเทียบการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางครั้งที่ 1 ของรูแต่ละรูบนชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ ระหว่างใช้เวอร์เนียคาร์ริเปอร์ ในการวัดและใช้การวัดด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนและค่าความผิดพลาดของการวัดที่เกิดจากการวัดด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนและค่าความผิดพลาดจากการวัดด้วย vernier caliper

รูที่	ขนาดอ้างอิง มาตรฐาน (mm)	ขนาดที่วัดได้โดยด้วย วิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์ สามแกน(mm)	ขนาดที่วัดได้โดย vernier caliper(mm)	ค่าความผิดพลาด จากการวัดด้วยวิ ทัศน์ร่วมกับ หุ่นยนต์สามแกน	ค่าความผิดพลาด จากการวัดด้วย vernier caliper
1	3.93	3.952365	4.02	0.022365	0.09
2	4.16	4.51316	4.05	0.35316	0.11
3	4.22	4.199615	4.30	0.02039	0.08
4	4.42	4.39173	4.52	0.02827	0.1
5	3.03	3.01407	3.10	0.01593	0.07
6	4.24	4.20361	4.20	0.03639	0.04
7	4.27	4.284905	4.35	0.014905	0.08
8	4.16	4.16361	4.05	0.00361	0.11
9	4.35	4.32482	4.45	0.02518	0.1

ตาราง 4.2 ตารางเปรียบเทียบการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางครั้งที่ 2 ของรูแต่ละรูบนชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ ระหว่างใช้เวอร์เนียคาร์ริเปอร์ ในการวัดและใช้การวัดด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนและค่าความผิดพลาดของการวัดที่เกิดจากการวัดด้วยวิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนและค่าความผิดพลาดจากการวัดด้วย vernier caliper

รูที่	ขนาดอ้างอิง มาตรฐาน (mm)	ขนาดที่วัดได้โดยด้วย วิทัศน์ร่วมกับหุ่นยนต์ สามแกน(mm)	ขนาดที่วัดได้โดย vernier caliper(mm)	ค่าความผิดพลาด จากการวัดด้วยวิ ทัศน์ร่วมกับ หุ่นยนต์สามแกน	ค่าความผิดพลาด จากการวัดด้วย vernier caliper
1	3.93	3.910905	4.11	0.0191	0.18
2	4.16	4.17095	4.25	0.01095	0.09
3	4.22	4.2351	4.31	0.0151	0.09
4	4.42	4.51235	4.27	0.09235	0.15
5	3.03	3.00659	3.12	0.02341	0.09
6	4.24	4.22508	4.36	0.01492	0.12
7	4.27	4.33858	4.16	0.06858	0.11
8	4.16	4.1771	4.27	0.0171	0.11
9	4.35	4.30713	4.2	0.04287	0.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการวัดระหว่างเวลาที่วัดได้โดยด้วยวิธีศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนกับเวลาที่วัดได้โดย vernier caliper ในการวัด 10 ครั้ง

ครั้งที่ทำการวัด	เวลาที่วัดได้โดยด้วยวิธีศน์ร่วมกับหุ่นยนต์สามแกน (s)	เวลาที่วัดได้โดย vernier caliper (s)
1	26.64	103
2	27.02	107
3	26.93	98
4	26.85	101
5	26.76	92
6	26.63	97
7	26.69	94
8	26.80	102
9	26.36	105
10	26.71	91

4.3 การเปรียบเทียบผลการตรวจสอบ

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบการตรวจสอบโดยใช้มนุษย์และการตรวจสอบโดยใช้เครื่องในการวัด

	การตรวจสอบโดยใช้มนุษย์ในการวัด	การตรวจสอบโดยใช้เครื่องและซอฟต์แวร์ในการวัด
เวลาในการวัด	100 – 120 วินาที	20 -25 วินาที
วิธีการในการวัด	ใช้ vernier caliper ในการวัด	ใช้กล้องในการตรวจจับภาพ และแสดงผลที่ซอฟต์แวร์
ความถูกต้องของค่าที่ทำการวัด	มีความแน่นอนของข้อมูลต่ำ อาจเกิด Human Error	มีความแน่นอนในการวัดสูง โอกาสเกิดความผิดพลาดต่ำ



รูปที่ 4.3 แสดง vernier caliper ที่ใช้ในการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงการระบบตรวจสอบโดยใช้การวัดด้วยวิธีร่วมกับหุ่นยนต์สามแกน สามารถทำงานได้ด้วยการควบคุมการทำงานของ Vision Builder ของบริษัท National Instrument ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูบนชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ ร่วมกับ ซอฟต์แวร์ X-SEL ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้เขียนคำสั่งเพื่อการเคลื่อนที่ของ หุ่นยนต์สามแกนเพื่อเคลื่อนที่กล้องไปยังตำแหน่งเส้นผ่านศูนย์กลางที่ต้องการวัดขนาด โดยจะใช้เวลาไว้ที่แต่ละตำแหน่ง 2 วินาทีเพื่อผลการตรวจจับที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามระบบตรวจสอบโดยใช้การวัดด้วยวิธีร่วมกับหุ่นยนต์สามแกน ยังมีข้อบกพร่องบางประการในการทำงาน ทางคณะผู้จัดทำจึงได้รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะได้เป็นแนวทางในการพัฒนาในอนาคต โดยมีรายละเอียดดังหัวข้อถัดไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทำงานของโครงการชุดนี้ มีข้อบกพร่องทั้งในด้านการทำงานและแสงอยู่บ้าง ซึ่งสามารถแยกแยะปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. ปัญหา การตรวจจับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูบนชิ้นงานเป็นการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ
แนวทางแก้ไข เนื่องจากปัญหาด้านซอฟต์แวร์ของตัวเขียนโปรแกรมในการควบคุมและซอฟต์แวร์ของตัวควบคุม การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 3 แกนซึ่งมาจากบริษัทผู้ผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งคือบริษัท National Instrument และ IAI ตามลำดับ โดยสามารถแก้ปัญหาได้โดยการต่อรีเลย์หรือพีแอลซีโดยตรงจากเครื่องหุ่นยนต์ 3 แกนและใช้ซอฟต์แวร์ของ IAI ในการควบคุมการทำงาน การทำงานจะสามารถตรวจสอบชิ้นงานแบบอัตโนมัติได้
2. ปัญหา ในการทดลองต้องใช้แผ่น Black Light ซึ่งมีขนาดเล็กทำให้พื้นที่ที่จะวางชิ้นงานมีพื้นที่น้อย
แนวทางแก้ไข เนื่องจากปัญหาด้านแสงและการสะท้อนแสงของวัตถุ คณะผู้จัดทำจึงเลือกใช้ Black Light เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว แต่พื้นที่มีขนาดเล็กจึงควรเลือกหา Black Light ที่มีขนาดใหญ่เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการวางชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ

การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม

โครงการนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริงในระบบอุตสาหกรรมการผลิตที่ต้องการการตรวจสอบชิ้นงาน ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น ซึ่งการนำเทคโนโลยีหุ่นยนต์ 3 แกนร่วมกับกล้องอัจฉริยะนี้ ให้ประสิทธิภาพในการตรวจสอบที่ดีกว่าการใช้มนุษย์ในการตรวจสอบชิ้นงานโดยตรง ในขณะที่อุตสาหกรรมนั้นต้องการชิ้นงานที่ได้มีประสิทธิภาพนั้น หากมีสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่มีสภาพไม่สมบูรณ์หรือชำรุดออกสู่ท้องตลาดจนไปถึงมือผู้บริโภคนั้นก็อาจลดความน่าเชื่อถือของบริษัทลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบโดยใช้การวัดด้วยวิธีร่วมกับหุ่นยนต์สามแกนให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น คณะผู้จัดทำขอเสนอแนวทางการพัฒนาที่สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

1. สามารถวางชิ้นงานไว้ตรงไหนก็ได้ตรงเครื่องหุ่นยนต์สามแกนเพื่อความหลากหลายในการใช้งาน
2. สามารถทำงานแบบอัตโนมัติได้ โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดจุดที่วัตถุต้องวาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] รศ.ดร.สมเกียรติ อุดมธรรษากุล. 2554. การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น (Fundamentals of Digital Image Processing). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, บมจ.
- [2] สมเกียรติ อุดมธรรษากุล. 2553. การประมวลผลภาพดิจิทัลเบื้องต้น (DIGITAL IMAGE PROCESSING). กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, บมจ.
- [3] Cartesian Robot. 2557. Table TopRobot IAI TT-C3-2020 datasheet. [Online]. Available : http://www.intelligentactuator.com/pdf/TT_CJ0082-1A-UST-3-0612.pdf
- [4] Smart Camera. 2557. Smart Camera NI 1732 User Manual. [Online]. Available : <http://ftp.ni.com/support/manuals/372429c.pdf>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้