

เครื่องต้นแบบการตรวจสอบความเสียหายของสกรู
ที่ใช้ระบบการมองด้วยคอมพิวเตอร์

นายนิติพงศ์ พรหมรักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2552

**DAMAGE SCREW INSPECTION BY COMPUTER
VISION PROTOTYPE MACHINE**

Nitipong Prommarak

**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 2009

เครื่องต้นแบบการตรวจสอบความเสียหายของสกรูที่ใช้ระบบการมองด้วยคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ศ. ดร. จิระพล ศรีเสริฐผล)

ประธานกรรมการ

(รศ. ร.อ. ดร. กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร. วีระชาติ พรพิบูลย์)

กรรมการ

(อ. ดร. กীরติ สุกฤษณ์)

กรรมการ

(ศ. ดร. ชูกิจ ทิมปิงานงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. น.อ. ดร. วรพจน์ ขำพิศ)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

นิติพงษ์ พรหมรักษ์ : เครื่องต้นแบบการตรวจสอบความเสียหายของสกรูที่ใช้ระบบ
การมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ (DAMAGE SCREW INSPECTION BY COMPUTER VISION
PROTOTYPE MACHINE) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร
ชำนาญประศาสน์, 100 หน้า.

งานวิจัยนี้ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อตรวจสอบความเสียหายของหัวสกรูโดยใช้ระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อลดการใช้แรงงานคนและเพิ่มประสิทธิภาพการคัดแยกสกรูเป็นการคัดแยกระหว่างสกรูดีที่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ กับสกรูเสียหายที่ไม่สามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ โดยนำสกรูที่ผ่านการใช้งานแล้วมาตรวจสอบความเรียบร้อยและความเสียหายของหัวสกรูซึ่งปัจจุบันยังใช้แรงงานคนในการตรวจสอบความเสียหายดังกล่าวอยู่ ผู้วิจัยจึงได้คิดค้นเครื่องต้นแบบเพื่อตรวจสอบความเสียหายของหัวสกรูโดยใช้ระบบควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติขึ้นมาเพื่อช่วยผ่อนแรงการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เป็นการสร้างองค์ความรู้ด้านการสร้างเครื่องจักรต้นแบบที่มีระบบควบคุมอัตโนมัติที่ต้องการความละเอียดและแม่นยำสูง นอกจากนี้ยังใช้ระบบการประมวลผลภาพโดยนำเอารูปภาพมาวิเคราะห์และสังเคราะห์ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะถูกนำไปประยุกต์ใช้กับงานตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพแบบอัตโนมัติ การเขียนโปรแกรมตรวจสอบลักษณะรูปร่างต่าง ๆ รวมถึงโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องจักร

NITIPONG PROMMARAK : DAMAGE SCREW INSPECTION BY
COMPUTER VISION PROTOTYPE MACHINE. THESIS ADVISOR :
ASSOC. FLT. LT. PROF. KONTORN CHAMNIPRASART, Ph.D., 100 PP.

HARD DISC DRIVE/SCREW/IMAGE PROCESSING/INSPECTION/LABVIEW

The aim of this research was to design and develop prototype machine for screw inspection by computer vision system. This prototype can reduce labor and higher efficiency for the reused screw inspection. The good screws are separated from the defective screws. Before the screws are reused, they need to be inspected their completeness and their damage. Presently, the screw was manually inspected by operator. Therefore, researcher has developed the prototype for screw inspection by automatic control system for labor saving and increase performance of HDD manufacture. This research is creating knowledge inside to creation and design machine that have automatic control system that involved high precision and lots of details. Moreover, machine which use the image processing system, by capture the head slot of screw picture from digital camera and link to LabVIEW program for analyze and synthetic with mathematics algorithm. This will apply inside to automatic inspection by picture.

School of Mechanical Engineering

Academic Year 2009

Student's Signature _____

Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

ถึงแม้ว่าวิทยานิพนธ์นี้จะสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความอุตสาหะของผู้เขียนเองก็ตาม แต่คงเกิดขึ้นไม่ได้หากขาดแรงสนับสนุนจากบุคคลหลายฝ่าย โดยจะประกาศกิตติกรรมดังต่อไปนี้

ขอบพระคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีที่ให้โอกาสได้ศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา ขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้าด้วยความเมตตากรุณาตลอด รวมถึงเจ้าหน้าที่ทุกระดับชั้นที่ให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวกในดำเนินงานเอกสารธุรการต่าง ๆ

ขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์) ซึ่งเป็นครูผู้ซึ่งชักนำ ให้โอกาส ให้ความรู้ คำแนะนำปรึกษาอันมีคุณค่า และให้การสนับสนุนข้าพเจ้าในการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาด้วยดีมาโดยตลอด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในการทำงานวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำในการดำเนินชีวิตด้วยความเมตตาอย่างสูง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ ศรีแก้ว ที่ให้ความรู้คำแนะนำด้านวิชาการที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการดำเนินงานวิจัย

อาจารย์ ดร.ธีระชาติ พรพิบูลย์ และอาจารย์ ดร.กิริติ สุลักษณ์ ที่ให้เกียรติมาร่วมเป็นกรรมการของการสอบวิทยานิพนธ์ และช่วยให้คำแนะนำแก่ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณบริษัทอิตาชิ โกลบอล สตรอแรง (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในด้านของข้อมูล บุคลากร เครื่องมือต่าง ๆ และร่วมการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ขอบพระคุณศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและทุนการดำเนินงานวิจัยในทุกด้าน

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และพี่ ๆ บัณฑิตศึกษาทุกท่านที่ให้กำลังใจและคำแนะนำในด้านการเรียนการศึกษา ตลอดถึงการดำเนินชีวิตในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้กำเนิดและเลี้ยงดูอบรมสั่งสอนมาแต่เยาว์วัยซึ่งให้การช่วยเหลือสนับสนุนในทุก ๆ ด้านด้วยดีมาตลอด รวมถึงญาติพี่น้องทุกท่านที่คอยให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ

นิติพงศ์ พรหมรักษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญรูป.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 การจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์.....	3
2 ทัศนวิสัยและการมองเห็น.....	5
2.1 บทนำ.....	5
2.2 ระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ (vision system)	5
2.2.1 บทนำ (Introduction)	5
2.2.2 การจัดสภาพแวดล้อม (scene constraint).....	7
2.2.3 การดึงข้อมูลภาพ (image acquisition)	8
2.3 การประมวลผลภาพ	15
2.3.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล.....	16
2.3.2 การปรับปรุงรูปภาพ	17
2.3.3 การแยกบริเวณ (segmentation).....	24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.4	การหาขอบภาพ (edge detection)	26
2.3.4	การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (feature extraction)	27
2.3.5	การจำแนกวัตถุและการแปลความหมาย (classification and interpretation).....	28
2.3.6	การใช้ประโยชน์ของการประมวลผลทางภาพ.....	28
2.4	ระบบการขับเคลื่อน	31
2.4.1	สตีปมอเตอร์	31
2.4.2	สตีปมอเตอร์ที่พบในปัจจุบัน.....	33
2.4.3	การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสตีปมอเตอร์	33
2.4.4	รายละเอียดเกี่ยวกับการควบคุมการหมุนของสตีปมอเตอร์	34
2.5	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโปรแกรม LabVIEW	36
2.5.1	Data Flow and G Programming	37
2.5.2	Function of LabVIEW	38
2.6	DAQ Board (Data Acquisition Board)	40
2.7	พิธีศน์วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	43
3	แนวคิดและการออกแบบ	45
3.1	กล่าวนำ.....	45
3.2	แนวคิดในการออกแบบ	45
3.2.1	ข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบ	45
3.2.2	บบจำลองอุปกรณ์ของเครื่องมือการตรวจสอบสกรู	48
3.3	ขั้นตอนการทำงานของระบบ.....	53
3.4	อุปกรณ์หลักที่ใช้ในแบบจำลอง.....	54
3.4.1	บบจำลองอุปกรณ์ของเครื่องมือการตรวจสอบสกรู	54
3.4.2	XY-table.....	54
3.4.3	สตีปมอเตอร์พร้อมกับตัวขับเคลื่อนสตีปมอเตอร์.....	55
3.4.4	ถาดสำหรับบรรจุสกรู (tray).....	60

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4.5	Personal Computer	61
3.4.6	DAQ card for LabVIEW	61
3.4.7	แหล่งจ่ายไฟ	63
4	การทดลองและอภิปรายผล	64
4.1	กล่าวนำ.....	64
4.2	การทดลองการทำงานของเครื่องมือตรวจสอบสกรู	64
4.2.1	ขั้นตอนการทดลองการทำงานของชุดสแตมป์มอเตอร์	64
4.2.2	ขั้นตอนการทดลองการทำงานของกลิ้งที่เชื่อมต่อ กับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม LabVIEW	65
4.2.3	การทดสอบทำงานของระบบการประมวลผลภาพ	66
4.3	การทำงานทั้งหมดของระบบการตรวจสอบสกรู	67
5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	74
5.1	บทนำ	74
5.2	สรุปผลการวิจัย	74
5.3	ข้อเสนอแนะ	75
	รายการอ้างอิง.....	77
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. การติดตั้งเครื่องมือทดลอง	79
	ภาคผนวก ข. โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ.....	82
	ภาคผนวก ค. บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่	93
	ประวัติผู้เขียน	100

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	ลักษณะ drawing ของหัวสกรูที่นำมาตรวจสอบกับเครื่องต้นแบบ.....3
2.1	แสดงส่วนประกอบของ vision system 7
2.2	แสดงการทำงานของกล้องประเภท line scan.....9
2.3	แสดงเซ็นเซอร์รับภาพของกล้องประเภท area scan ของกล้องถ่ายภาพ gray scale และของกล้องถ่ายภาพสี..... 9
2.4	การแปลงภาพแบบต่อเนื่องและการแปลงเป็นภาพเชิงตัวเลข จากวิธีการ digitization 10
2.5	แสดงการเปรียบเทียบระหว่างภาพกับ pixels matrix..... 10
2.6	ตัวอย่างการแสดงค่า pixels matrix 11
2.7	แสดงระบบสี RGB..... 13
2.8	ระบบสีแบบ grayscale 14
2.9	พิกัดของระบบภาพดิจิทัล 15
2.10	แสดงกระบวนการทางการประมวลผลภาพ 16
2.11	การปรับปรุงภาพตัวอย่างภาพเริ่มต้นและหน้าต่างขนาด 3×3 17
2.12	การใช้หน้าต่างครอบภาพที่รับเข้ามา..... 19
2.13	ภาพต้นฉบับและ histogram ที่ไม่ถูก normalized 20
2.14	เปรียบเทียบภาพต้นฉบับซ้ายมือกับภาพที่ผ่านการทำ histogram ขวามือ 21
2.15	เปรียบเทียบ histogram ของภาพต้นฉบับกับภาพที่ผ่านการทำ histogram..... 21
2.16	ภาพต้นฉบับและภาพที่ทำกระบวนการ high-pass filtering โดยใช้ median filter ที่มีขนาดของ convolution kernel เท่ากับ 5×5 22
2.17	ภาพต้นฉบับและภาพที่ทำกระบวนการ low-pass filtering โดยใช้ median filter ที่มีขนาดของ convolution kernel เท่ากับ 5×5 23
2.18	การแยกบริเวณทั้งสองวิธี 25

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.19 การทำงานของกระบวนการย่อยที่ชื่อว่า connected components labeling ภาพ Binary image ซ้ายมือ ได้จากวิธี global threshold ซึ่งในที่นี้เป็นการพิจารณา วัตถุสีดำ ที่มีพื้นหลังเป็นสีขาว ผลที่ได้จากการทำงานของ connected components labeling.....	25
2.20 ภาพระยะใกล้โดยใช้ดาวเทียม	29
2.21 ภาพสำหรับการใช้งานทางการแพทย์.....	29
2.22 การประยุกต์การใช้งานการประมวลผลภาพในการรักษาความปลอดภัย	30
2.23 เครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิตที่ใช้ระบบประมวลผลภาพ	30
2.24 ลักษณะของสเต็ปมอเตอร์	31
2.25 โครงสร้างภายในของสเต็ปมอเตอร์	32
2.26 การควบคุมสเต็ปมอเตอร์	33
2.27 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์ A แบบไบโพลาร์ B แบบยูนิโพลาร์ชนิด 5 สาย C แบบยูนิโพลาร์ชนิด 6 สาย.....	34
2.28 ตัวอย่าง front panel	39
2.29 ตัวอย่าง front panel	40
2.30 Connector Pin out ของ DAQ รุ่น PCI-MIO-16E-4.....	42
3.1 กระบวนการตรวจสอบและคัดแยกสกรูที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน	46
3.2 สกรูที่ใช้สำหรับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	47
3.3 ตำแหน่งและจำนวนของสกรูในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว.....	47
3.4 ลักษณะของสกรูที่ไม่สามารถนำกลับไปใช้งานได้ (reject).....	48
3.5 ลักษณะของสกรูที่สามารถนำกลับไปใช้งานได้ (accept).....	48
3.6 แบบจำลองของเครื่องมือตรวจสอบสกรู.....	49
3.7 ภาพสกรูก่อนและหลังปรับปรุงรูปให้เหมาะกับการใช้งาน.....	50
3.8 ถาดบรรจุสกรู (tray).....	51
3.9 ลำดับการเคลื่อนที่ของชุด XY-table.....	52
3.10 flow chart การทำงานของระบบตรวจสอบสกรู.....	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 กล้อง digital microscope ที่ใช้ในเครื่องมือตรวจสอบสกรู	54
3.12 XY-table ที่ใช้ในเครื่องมือตรวจสอบสกรู	55
3.13 สเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องมือตรวจสอบสกรู.....	55
3.14 รายละเอียดตัวขับเคลื่อน (driver) สำหรับเครื่องมือตรวจสอบสกรู.....	56
3.15 ตัวขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์ที่ใช้งานจริงสำหรับเครื่องมือตรวจสอบสกรู.....	57
3.16 การต่อใช้งาน Current adjust resistor และ Reduction adjust resistor	60
3.17 ถาดสำหรับบรรจุสกรูสำหรับเครื่องมือตรวจสอบสกรู	60
3.18 คอมพิวเตอร์ที่ใช้งานจริง.....	61
3.19 DAQ card สำหรับเครื่องมือตรวจสอบสกรู	62
3.20 การติดตั้ง DAQ card ภายในคอมพิวเตอร์	62
3.21 แสดงแหล่งจ่ายไฟสำหรับเครื่องมือตรวจสอบสกรู	63
4.1 แสดงตัวอย่างโปรแกรมควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์.....	65
4.2 การทดลองการทำงานกล้องที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม LabVIEW	66
4.3 การทดสอบทำงานของโปรแกรม Vision Assistant 8.5	66
4.4 การทดสอบการทำงานของระบบการประมวลผลภาพ.....	67
4.5 การทำงานของโปรแกรมการประมวลผลภาพกรณี pass.....	68
4.6 การทำงานของโปรแกรมการประมวลผลภาพกรณี fail	68
4.7 ข้อความบอกสถานะของสกรู.....	69
4.8 ผลการคำนวณหาค่าพื้นที่.....	69
4.9 สถานการณ์ทำงานของชุด VACUUM PUMP	69
5.1 ตัวอย่างรูปหัวสกรูที่มีลักษณะผิวสีคล้ำ.....	75

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	การควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์แบบเวฟ	35
2.2	การสั่งงานควบคุมสเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส.....	35
2.3	การสั่งงานควบคุมสเต็ปมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป	36
3.1	การเชื่อมต่อ IM483 และรายละเอียดการทำงานของ connector P1	57
3.2	การเชื่อมต่อ IM483 และรายละเอียดการทำงานของ connector P2.....	58
3.3	ค่ากระแส I_{run} จาก current adjustment.....	59
4.1	การจัดวางสกรูรูปแบบที่ 1	70
4.2	ผลการตรวจสอบโดยเครื่องต้นแบบของการจัดวางสกรูรูปแบบที่ 1	71
4.3	การจัดวางสกรูรูปแบบที่ 2	71
4.4	ผลการตรวจสอบโดยเครื่องต้นแบบของการจัดวางสกรูรูปแบบที่ 2	72
4.5	การจัดวางสกรูรูปแบบที่ 3	72
4.6	ผลการตรวจสอบ โดยเครื่องต้นแบบของการจัดวางสกรูรูปแบบที่ 3	73

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

M	=	ขนาดของจำนวนแถวในอาร์เรย์
N	=	ขนาดของจำนวนหลักในอาร์เรย์
fps	=	Frame Rate
mm	=	มิลลิเมตร
VDC	=	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (โวลต์)
AMPS	=	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
REV	=	รอบการหมุนของเพลา (1/Sec)
R_{red}	=	ความต้านทานสำหรับการลดค่ากระแสไฟฟ้า (โอห์ม)
I_{run}	=	กระแสที่ต้องการขับเคลื่อนมอเตอร์ (แอมแปร์)
I_{Hold}	=	กระแสที่ต้องการหยุดมอเตอร์ให้ค้างไว้ (แอมแปร์)
HDD	=	HARD DISK DRIVES
EXH	=	Exhalation system
SUP	=	Supply system
BJT	=	ทรานซิสเตอร์รอยต่อไบโพลาร์ Bipolar Junction Transistor
C	=	ขั้วคอลเลกเตอร์ (Collector)
B	=	ขั้วเบส (Base)
E	=	ขั้วอิมิตเตอร์ (Emitter)
IB	=	กระแสเบส [Base Current] (แอมแปร์)
IE	=	กระแสอิมิตเตอร์ [Emitter Current] (แอมแปร์)
IC	=	กระแสคอลเลกเตอร์ [Collector Current] (แอมแปร์)
V_{CC} , V_{EE} และ V_{BB}	=	เป็นแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (โวลต์)
V_C , V_B และ V_E	=	เป็นแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากขั้ว C, B และ E (โวลต์)
V_{CE} , V_{BE} และ V_{CB}	=	เป็นแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ระหว่างขั้วที่ระบุตามตัวห้อย (โวลต์)
$I_{C(max)}$	=	กระแสคอลเลกเตอร์สูงสุดที่ทรานซิสเตอร์ทนได้โดยไม่ทำให้เกิดความร้อนจนทรานซิสเตอร์เสียหาย (แอมแปร์)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$V_{CB(max)}$	=	แรงดันไบอัสกลับที่ใส่กลับที่ใส่กับรอยต่อคอลเล็กเตอร์-เบสได้ โดยไม่ทำให้ ทรานซิสเตอร์เสียหาย ดังนั้นการนำทรานซิสเตอร์ไปใช้งานจึงต้องระวังไม่ให้ VCB สูงกว่า VCB(max) (โวลต์)
$P_{C(max)}$	=	กำลังตัวบ่งบอกขอบเขตการใช้งานของทรานซิสเตอร์นอกเหนือจาก VCE(sat) และ VCE(max) (วัตต์)
Lab VIEW	=	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่า เป็นโปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริง ในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม
GUI	=	Graphical User Interface
G	=	Graphical Language
DAQ	=	Data Acquisition
GRIB	=	General Purpose Interface Bus

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากสถานะของโลกในปัจจุบันนี้ ทรัพยากรมีอยู่อย่างจำกัดและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายทาง เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการขาดแคลนในสินค้าและบริการที่จะผลิตมาสนองความต้องการของมนุษย์ ดังนั้นจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างประหยัดและก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (hard disk drive: HDD) ถือเป็นอุปกรณ์สำคัญในการใช้งานด้านการจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ และเป็นอุตสาหกรรมที่มีฐานการผลิตเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ส่วนประกอบสำคัญที่จะขาดไม่ได้ที่ใช้ในการยึดชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้น คือสกรู (screw) ถือเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้เป็นจำนวนมากสำหรับการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แต่ละตัว ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะนำสกรูที่ถูกใช้งานมาแล้วในการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์กลับมาใช้งานใหม่อีกครั้ง แต่ก่อนที่จะนำสกรูที่ผ่านการใช้งานมาแล้วกลับมาใช้งานใหม่อีกครั้งจำเป็นต้องตรวจสอบความสมบูรณ์ของหัวสกรู ซึ่งปัจจุบันนี้ยังคงใช้พนักงานจำนวนหนึ่งคอยตรวจสอบความสมบูรณ์ดังกล่าวอยู่นอยู่ โดยทำการตรวจสอบด้วยสายตา ทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ หลายข้อ อาทิเช่น ความผิดพลาดเนื่องจากตาของมนุษย์ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดเวลา ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความชำนาญการของผู้ที่ทำการตรวจสอบแต่ละบุคคล พนักงานอาจเกิดความเมื่อยล้าทางสายตาเนื่องจากต้องทำงานโดยใช้สายตาของผู้ตรวจเองในการมองหาความเสียหายของหัวสกรูทีละตัว ซึ่งจะต้องใช้ระยะเวลาในการตรวจสอบจนกระทั่งทำให้สิ้นเปลืองเวลาและอาจเกิดผลกระทบต่อสุขภาพทางสายตาของพนักงานได้ ประกอบกับความเบื่อหน่ายของพนักงานที่ต้องทำงานในลักษณะซ้ำ ๆ อยู่ตลอด จึงทำให้พนักงานบางคนที่ไม่สมบูรณ์ไม่ได้ถูกคัดแยกออกไป เมื่อนำไปประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ก็อาจทำให้เกิดความเสียหายโดยภาพรวมได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางวิจัยที่จะสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อตรวจสอบหัวสกรูโดยใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ ซึ่งจะเป็นการสร้างเครื่องจักรที่สามารถตรวจสอบความเสียหายของหัวสกรูได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วเพื่อที่จะลดเวลาในกระบวนการผลิตทั้งหมดนี้ก็เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้กับบริษัทฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ (ประเทศไทย) จำกัด (HGST)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

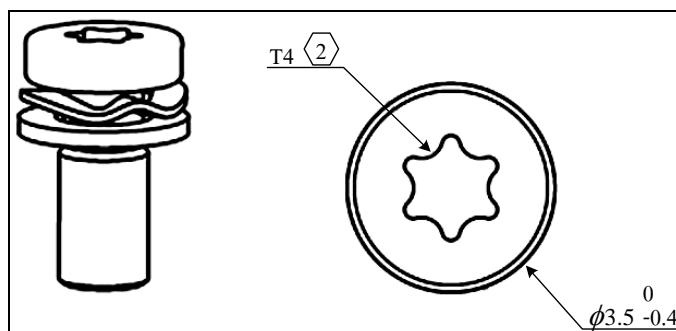
- 1.2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องจักรอัตโนมัติเพื่อตรวจสอบและคัดแยกความเสียหายของหัวสกรูที่ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
- 1.2.2 พัฒนาระบบตรวจสอบและคัดแยกหัวสกรู ซึ่งมีความสามารถในการแยกสกรูดี ที่จะนำกลับมาใช้งานใหม่ในกระบวนการผลิตออกจากสกรูที่เสียหาย
- 1.2.3 นำองค์ความรู้ด้านของระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ (vision system) และระบบการประมวลผลภาพ (image processing) มาประยุกต์ใช้กับเครื่องต้นแบบ เพื่อให้ได้ผลการตรวจสอบหัวสกรูที่มีความถูกต้องใกล้เคียงหรือเท่ากับการตรวจสอบโดยมนุษย์
- 1.2.4 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการตรวจสอบและคัดแยกหัวสกรู รวมถึงสามารถลดต้นทุนการผลิต และลดความผิดพลาดของมนุษย์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

1.3 ข้อตกลงเบื้องต้น

การออกแบบระบบต้นแบบนี้ จะออกแบบโดยพิจารณาอ้างอิงจากกระบวนการตรวจสอบเดิมที่ใช้พนักงานในการมองหาความเสียหายของหัวสกรูเป็นหลัก โดยชุดคำสั่งที่ใช้ในการจำลองระบบและทดลองนั้น เขียนจากโปรแกรม national instruments LabVIEW 8.0 ในส่วนของ vision and motion ซึ่งจะทำการตรวจสอบความเสียหายในเฉพาะบริเวณส่วนที่เป็นแฉกของสกรู (head slot) เท่านั้น เนื่องจากสกรูที่ใช้งานจะคำนึงถึง head slot เป็นสำคัญ และในส่วนอื่น ๆ จะไม่ค่อยเกิดความเสียหายเท่าใดนัก

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.4.1 ในการดำเนินการนี้ ผู้วิจัยจะมุ่งสร้างเครื่องต้นแบบจำนวน 1 เครื่องสำหรับตรวจสอบความเสียหายของหัวสกรูด้านบน สกรูที่นำมาตรวจสอบจะมีเพียงขนาดเดียว คือสกรู M2.0 ของสาย การผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ขนาด 2.5 นิ้วของบริษัทฮิตาชิ โกลบอล สตอเรจ (ประเทศไทย) จำกัด เท่านั้น ลักษณะดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ลักษณะ drawing ของหัวสกรูที่นำมาตรวจสอบกับเครื่องต้นแบบ

- 1.4.2 ออกแบบระบบตรวจสอบด้วยภาพโดยโปรแกรม national instruments LabVIEW 8.0 และ national instruments vision assistant 8.5
- 1.4.3 ออกแบบระบบควบคุมเพื่อให้โปรแกรมกับเครื่องจักรทำงานได้
- 1.4.4 ทดสอบการทำงาน ตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบ วิเคราะห์ผลของการทำงาน และสรุปผลที่ได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถนำเครื่องมือสำหรับการตรวจสอบและคัดแยกหัวสกรู ไปประยุกต์ใช้งานภายในกระบวนการผลิตจริงในอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้
- 1.5.2 เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานสำหรับกระบวนการตรวจสอบหัวสกรูให้ดีขึ้น จากกระบวนการตรวจสอบแบบเดิม
- 1.5.3 สร้างองค์ความรู้ในด้านการสร้างเครื่องจักรกลและระบบควบคุมต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบชิ้นส่วนขนาดเล็กที่ต้องการความละเอียดและแม่นยำสูง รวมถึงวิธีการของระบบการมองภาพด้วยคอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบและคัดแยกวัตถุ

1.6 การจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วย 5 บท 2 ภาคผนวก ซึ่งมีรายละเอียดโดยย่อดังนี้

บทที่ 1 เป็นบทนำซึ่งจะกล่าวถึงความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ และเป้าหมายของงานวิจัยวิทยานิพนธ์ ตลอดจนขอบเขต และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวกับระบบการประมวลผลภาพและในส่วนของความรู้และหลักการทั่วไปเกี่ยวกับระบบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาสร้างเครื่องต้นแบบ

รวมถึงโปรแกรม LabVIEW ซึ่งจะใช้ควบคุมระบบการทำงานทั้งหมดของเครื่องตรวจสอบและคัดแยกความเสียหายของสกรูดังกล่าวนี้

บทที่ 3 กล่าวถึงแนวคิดและการออกแบบตัวเครื่อง ซึ่งก็จะได้นำหลักการและทฤษฎีในบทที่แล้ว มาประยุกต์ใช้ในการทดลองและสร้างเครื่องต้นแบบ

บทที่ 4 การทดลองและอภิปรายผล ซึ่งจะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการในการทดลอง พร้อมทั้งวิจารณ์และอภิปรายผลการทดลอง

บทที่ 5 เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ปรัทัศนัวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบระบบตรวจสอบความเสียหายและคัดแยกหัวสกรูแบบอัตโนมัติ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจะประกอบไปด้วยทฤษฎีของระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ ทฤษฎีการประมวลผลภาพ และในส่วนของความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาใช้เพื่อการพัฒนาเครื่องตรวจสอบและคัดแยกหัวสกรูแบบกึ่งอัตโนมัติเพื่อทำให้เกิดความเข้าใจในหลักการและวิธีการทำงานของเครื่องมือดังกล่าวนี้มากขึ้น เครื่องต้นแบบตรวจสอบความเสียหายและคัดแยกหัวสกรูนี้ เป็นการออกแบบและจัดสร้างชุดเครื่องมือขึ้นมาใหม่ทั้งหมด โดยจะทำการประยุกต์การทำงานจากกระบวนการเดิมที่ใช้พนักงานในการตรวจสอบสกรูมาเป็นการวิเคราะห์และตัดสินใจด้วยระบบการประมวลผลภาพผ่าน โปรแกรม national instrument LabVIEW 8.0 โดยรับส่งข้อมูลผ่าน data acquisition (DAQ) ซึ่งอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบและจัดสร้างชุดเครื่องมือการตรวจสอบและคัดแยกสกรูนี้จะประกอบไปด้วยส่วนของระบบการขับเคลื่อน รวมถึงกลไกทั้งหมดภายในระบบและส่วนสำหรับการวิเคราะห์และประมวลผลภาพที่นำมาซึ่งเงื่อนไขในการตรวจสอบและคัดแยกหัวสกรู

2.2 ระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ (vision system)

2.2.1 กล่าวนำเกี่ยวกับระบบการมองเห็น

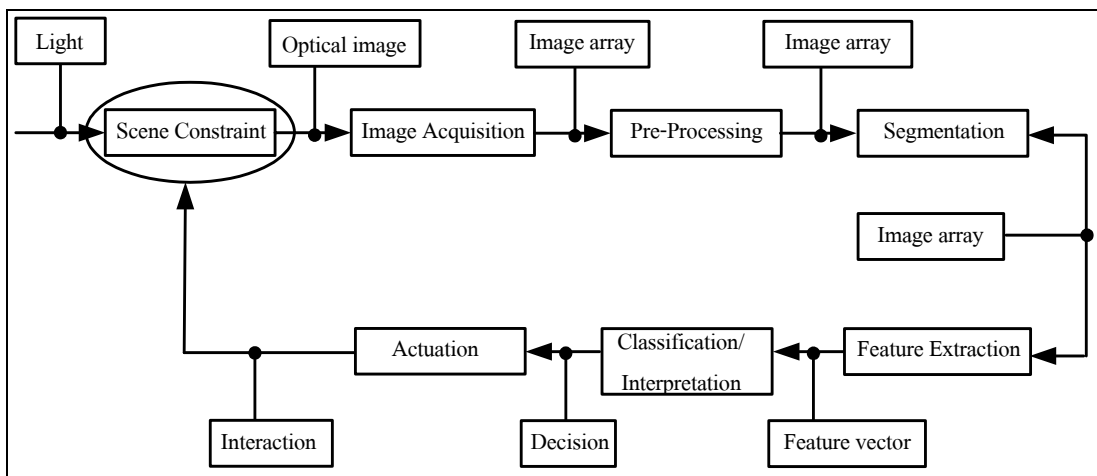
ระบบมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์เป็นวิธีการที่ทำให้อุปกรณ์ประมวลผลต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ประมวลสัญญาณดิจิทัล (digital signal processor, DSP) มีความสามารถในการ “รับรู้” ภาพ ซึ่งรวมทั้งการทำให้อุปกรณ์ประมวลผลนั้น ๆ สามารถตัดสินใจและสั่งงานกลไกส่วนต่าง ๆ ได้จากข้อมูลที่ได้จากภาพหรือกลุ่มของภาพนั้น ๆ (Kiatpanichagij, K., 2007) ได้กล่าวไว้ว่าจุดมุ่งหมายสูงสุดของระบบมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ คือทำให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประมวลผลต่าง ๆ มีความสามารถให้ได้เทียบเท่ากับระบบการมองเห็นของมนุษย์ที่มีวิวัฒนาการต่อเนื่องกันมาหลายสิบล้านปี อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีในปัจจุบันยังคงไม่สามารถทำให้เครื่องจักรสามารถ “มองเห็นและรับรู้” ได้เทียบเท่ากับความสามารถของมนุษย์ ยกตัวอย่างเช่นผู้อ่านที่เป็นมนุษย์ที่มีสภาพร่างกายปกติจะสามารถแยกแยะสิ่งของที่ต้องการจากกองสิ่งของหลาย ๆ อย่างได้ หรือสามารถแยกแยะหน้าคนที่คุ้นเคยได้จากกลุ่มคนที่อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีฝนตกหรือ

หมอกกลางจิต การทำกิจกรรมดังกล่าวนี้ผู้อ่านจะสามารถทำได้โดยแทบจะไม่ต้องใช้ความพยายามมากเท่าไรนัก ซึ่งหากต้องการให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประมวลผลมีความสามารถที่จะทำกิจกรรมดังกล่าวได้นั้น นอกจากจะต้องใช้ความพยายามเป็นอย่างมากแล้วยังต้องใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันระหว่างการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลและสมองมนุษย์ ที่แม้อุปกรณ์ประมวลผลจะมีความเร็วในการประมวลผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่าสมองของมนุษย์มาก ดังจะเห็นได้ง่าย ๆ จากการบวกเลข 20 หลักเข้าด้วยกันจะพบว่าคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันหรือแม้กระทั่งเครื่องคิดเลขธรรมดาทั่วไป จะสามารถทำงานดังกล่าวได้โดยใช้เวลาเพียงเศษเสี้ยววินาทีเท่านั้น ซึ่งต่างกับสมองของมนุษย์ที่เป็นหน่วยประมวลผลอย่างง่าย ๆ อย่างไรก็ตามเนื่องจากหน่วยย่อย ๆ ของสมองมนุษย์เหล่านี้มีจำนวนมากมาขมมหาศาลและทำงานไปพร้อม ๆ กัน (parallel processing) แทนที่จะทำงานทีละขั้นตอน (serial processing) ซึ่งเป็นวิธีการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลที่มีอยู่ในปัจจุบัน จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของสมองมนุษย์สูงกว่าอุปกรณ์ประมวลผลที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นอย่างมาก

ระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติเป็นการนำเอาความรู้การมองด้วยคอมพิวเตอร์ไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีหัวข้อในการตรวจสอบอยู่หลาย ๆ หัวข้อด้วยกัน เช่น การตรวจสอบการปนเปื้อนบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์การผิดเพี้ยนของสีของผลิตภัณฑ์ (discoloring) การนับจำนวนชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่อยู่บนผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ซึ่งผลของการตรวจสอบดังกล่าวอาจจะใช้เพื่อคัดแยกงานคือออกจากงานเสีย หรือใช้เพื่อคัดเลือกเกรดของชิ้นงานก็ได้เช่นกัน และจากความต้องการจากด้านอุตสาหกรรมที่ต้องการระบบที่สามารถทำงานได้รวดเร็วมากที่สุด ทำให้การทำงานของระบบอัตโนมัติซึ่ง โดยหลักแล้วก็คือ การทำงานของโปรแกรมที่อยู่ในตัวอุปกรณ์ประมวลผลจะต้องใช้เวลาที่สั้นที่สุด ดังนั้นวิธีการคำนวณต่าง ๆ จะต้องใช้เวลาให้น้อยที่สุด นอกจากนั้นความรู้ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในผู้ที่ปฏิบัติงานกับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ มาก่อน จะต้องถูกนำมาใช้เพื่อช่วยให้ระบบสามารถตัดการคำนวณที่ไม่จำเป็นออกไปให้ได้มากที่สุด ซึ่งขั้นตอนและส่วนประกอบโดยทั่วไปของระบบการมองด้วยคอมพิวเตอร์ (Awcock and Thomas, 1995)

โดยขั้นตอนและส่วนประกอบของระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์รวมถึงระบบประมวลผลด้วยภาพ ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- 1) เริ่มถ่ายภาพ
- 2) การแยกภาพ
- 3) การดึงลักษณะเฉพาะ
- 4) การแยกภาพเป็นหมู่
- 5) การตรวจสอบรายละเอียด
- 6) ควบคุมการทำงาน



รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของ vision system

2.2.2 การจัดสภาพแวดล้อม (scene constraint)

จุดมุ่งหมายหลักของการจัดสภาพแวดล้อม คือ เพื่อลดความซับซ้อนในการประมวลผลให้มากที่สุด ทั้งนี้ก็เนื่องจากความสามารถของการมองเห็นและรับรู้ ของอุปกรณ์ประมวลผลมีอยู่อย่างจำกัด เราจึงต้องช่วยลดความยุ่งยากของการประมวลผล (Kiatpanichagij, K., 2007) ซึ่งเราสามารถทำได้หลายวิธีร่วมกันยกตัวอย่างเช่น

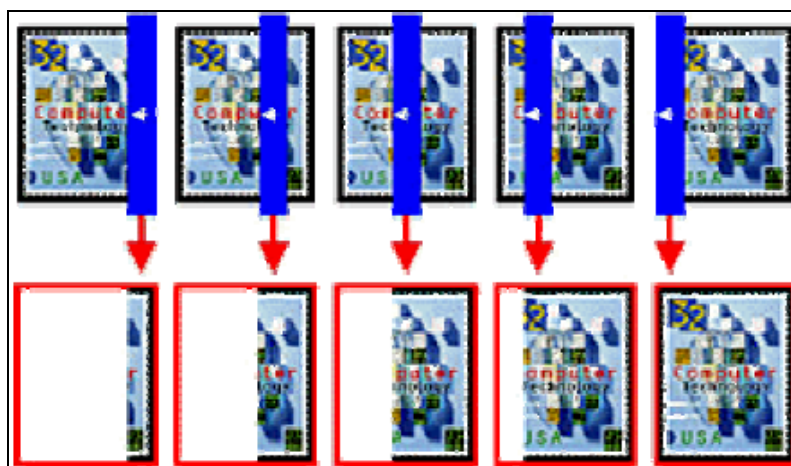
- 1) การจัดการกับชิ้นงาน ชิ้นงานแต่ละชิ้นที่จะถูกป้อนให้กับระบบตรวจสอบ จะต้องถูกจัดใหวางตัวในทิศทางเดียวกัน
- 2) ระยะห่างระหว่างกล้องหรือเลนส์ถึงวัตถุและทิศทางของกล้อง ตัวแปรเหล่านี้ จะต้องถูกกำหนดไว้ตายตัว มิฉะนั้นแล้วการวัดขนาดของชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งจัดเป็นการตรวจสอบพื้นฐานของการตรวจสอบชิ้นงานก่อนจะทำการตรวจสอบในหัวข้ออื่น ๆ ก็จะมีผิดพลาด
- 3) การจัดการเรื่องแสง แสงจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมาก จำเป็นจะต้องพิจารณาทั้งเรื่องการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสง การกระเจิงของแสง และคุณสมบัติอื่น ๆ สำหรับการตรวจสอบชิ้นงาน

นอกจากการจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานให้กับระบบตรวจสอบชิ้นส่วนจากภาพแบบอัตโนมัติแล้ว งานบางประเภทอาจจะต้องมีการใช้ภาพจากกล้องหลาย ๆ ตัวเพื่อใช้ตรวจสอบชิ้นงานจากหลาย ๆ มุมมอง บางกรณีอาจจะเป็นการใช้กล้องเพียงตัวเดียว แต่ตัวกล้องสามารถเคลื่อนที่ไปตามส่วนต่าง ๆ ของชิ้นงานได้ และสำหรับบางกรณีอาจจะมีการเก็บภาพของวัตถุเดียวกันที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงหลาย ๆ แหล่งหลาย ๆ ประเภทก็เป็นได้

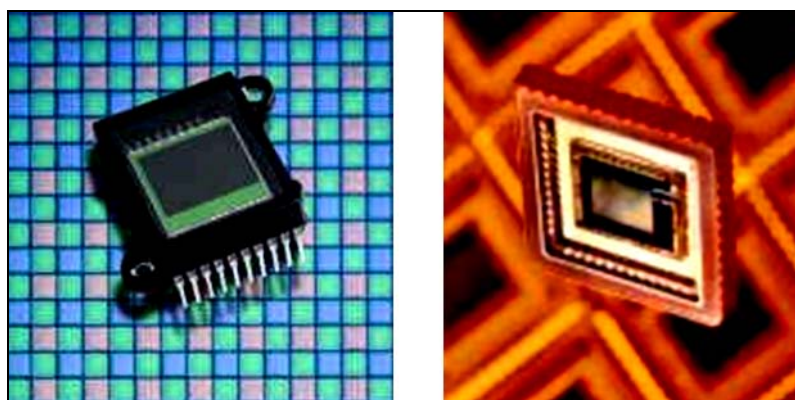
2.2.3 การดึงข้อมูลภาพ (image acquisition)

กระบวนการดึงข้อมูลภาพ คือ กระบวนการที่เริ่มตั้งแต่การถ่ายภาพโดยกล้อง ตลอดจนถึงการดึงภาพซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในกล้องมาสู่คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ประมวลผล เพื่อที่จะได้ประมวลผลและตัดสินใจสั่งงานจากผลที่ได้ต่อไป กระบวนการดังกล่าวมีรายละเอียดปลีกย่อยที่สำคัญดังนี้ (Kiatpanichagij, K., 2007)

1) ประเภทของกล้องในปัจจุบันนั้นจะเป็นกล้องดิจิทัลโดยใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เรียกกันว่า เซ็นเซอร์รับภาพเพื่อใช้ในการรับภาพ ซึ่งจะประกอบด้วยไดโอดที่มีความไวต่อแสงเรียงตัวกันอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งนี้ที่ทันใดที่แสงมีการตกกระทบไดโอดเหล่านั้น ไดโอดแต่ละตัวก็จะทำการจดจำความเข้มแสงหรือความส่องสว่างของแสงที่ตกกระทบไดโอดแต่ละตัวไว้โดยปริมาณประจุไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวไดโอดจะแปรผันกับแรงดันตกคร่อมตัวไดโอดนั้น จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบ ซึ่งความเข้มแสงที่ได้จดจำไว้ในไดโอดแต่ละตัว จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปข้อมูลที่เป็นดิจิทัลและเก็บไว้ในหน่วยความจำที่อยู่ในตัวกล้อง เพื่อรอส่งให้อุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกกล้องต่อไป กล้องสำหรับงานตรวจสอบชิ้นงาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ กล้องประเภท area scan และกล้องประเภท line scan ข้อแตกต่างระหว่างกล้องทั้ง 2 ประเภทนั้น คือ กล้องประเภท line scan นั้นเซลล์รับภาพสำหรับรับความเข้มแสงจะเรียงตัวเป็นแถวยาว ทำให้การที่จะสามารถจับภาพได้กล้องจะต้องมีการเคลื่อนที่สัมผัสกับวัตถุ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ข้อดีของกล้องประเภทนี้คือ จะให้ความละเอียดของภาพสูง ส่วนกล้องประเภท area scan เซลล์รับภาพจะมีการเรียงตัวกันอยู่ในพื้นที่ซึ่งเซลล์แต่ละเซลล์จะทำการแปลงค่าความเข้มแสงออกมาเป็นค่าตัวเลขในเวลาพร้อม ๆ กัน กล้องประเภทนี้สามารถนำไปใช้ได้สะดวกง่ายดาย โดยที่ไม่จำเป็นต้องออกแบบให้มีการเคลื่อนไหวสัมผัสระหว่างตัวกล้องกับชิ้นงาน จึงทำให้กล้องชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง ตัวอย่างของเซ็นเซอร์รับภาพของกล้องแบบ area scan นั้นดังแสดงในรูปที่ 2.2

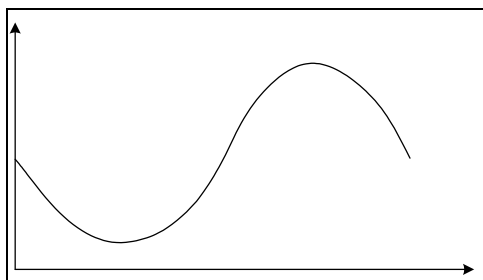


รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของกล้องประเภท line scan

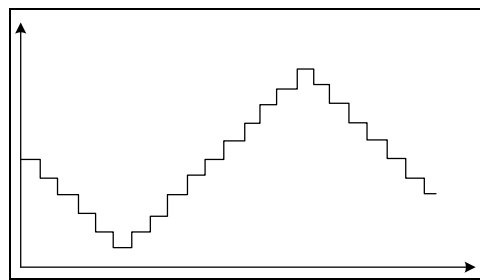


รูปที่ 2.3 แสดงเซ็นเซอร์รับภาพของกล้องประเภท area scan ของกล้องถ่ายภาพ gray scale และของกล้องถ่ายภาพสี

2) ภาพที่อุปกรณ์ประมวลผลมองเห็น ซึ่งจะประกอบด้วยเซลล์รับภาพ (pixel) จำนวนมาก เซลล์รับภาพแต่ละเซลล์จะทำหน้าที่แปลงความเข้มแสง ให้อยู่ในรูปของค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าซึ่งจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลอีกทีหนึ่ง ภาพที่ได้มาจากระบบอนาล็อกนั้นยังเป็นภาพแบบต่อเนื่อง ยังไม่สามารถนำมาใช้ในการประมวลผลได้ ต้องทำการแปลงให้เป็นภาพเชิงตัวเลขเสียก่อนด้วยวิธีการ digitization ซึ่งเป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง $f(x, y)$ เพื่อที่จะสามารถนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.4



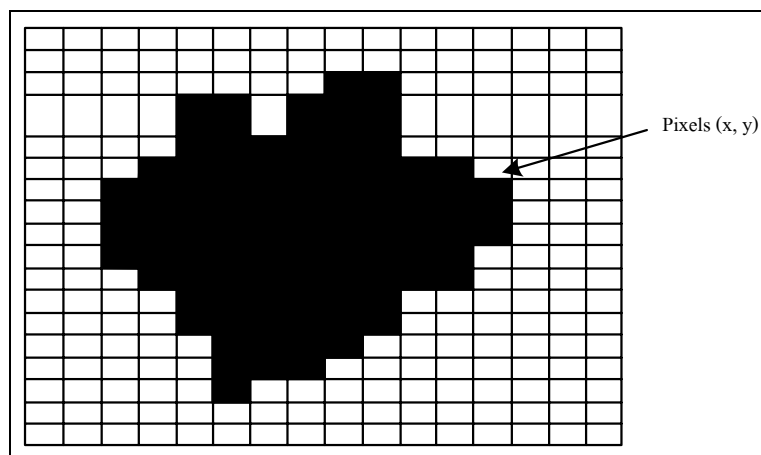
ก. การแปลงภาพแบบต่อเนื่อง



ข. การแปลงภาพเชิงตัวเลข

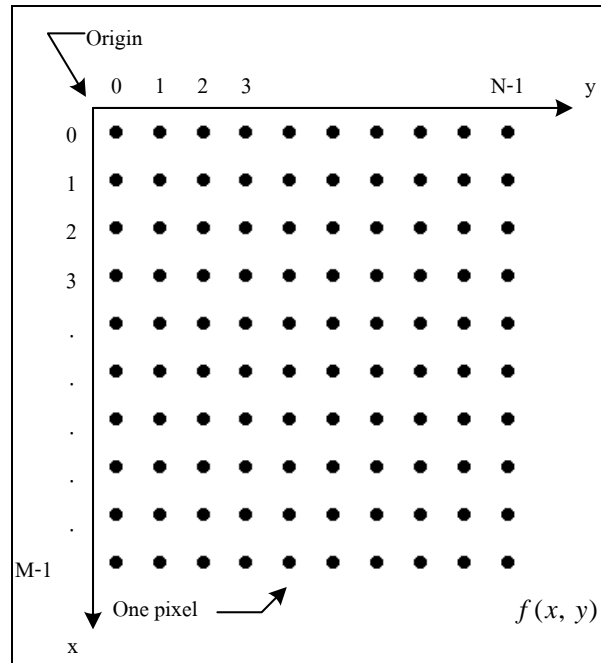
รูปที่ 2.4 การแปลงภาพแบบต่อเนื่องและการแปลงเป็นภาพเชิงตัวเลขจากวิธีการ digitization

โดยการแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิทัล ข้อมูลภาพเป็นข้อมูลที่ถูกตัดแปลงจากภาพแบบต่อเนื่องให้อยู่ในรูปตัวเลข ด้วยวิธีการ digitization จะถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ที่เรียกว่า pixels โดยแต่ละ pixels จะใช้ (x, y) ในการระบุตำแหน่ง การแสดงข้อมูลสามารถแสดงได้ในรูปของ matrix (สี่ทริโซค ขอกระยะ, 2550) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างภาพและ pixels matrix



รูปที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างภาพกับ pixels matrix

ค่าของ pixels ณ จุดใด ๆ จะแสดงค่าความเข้มของแสง ซึ่งมีได้หลายระดับ ถ้ามี 2 ระดับเป็นไปได้ คือ 0 กับ 1 ถ้าแยกระดับแสงออกมาจะเป็นมาสี 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (ระบบสี RGB) อยู่ซ้อนกันในหนึ่ง pixel กรณีภาพนั้นเป็นภาพขาวดำขนาด 8 บิต จะมีความยาว N หรือเทียบเท่ากับ 256 คือค่า 0 ถึง 255 หมายถึงระดับความละเอียดของภาพ (Gonzales, et al. 2004)



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการแสดงค่า pixels matrix

สำหรับภาพ gray scale ที่อุปกรณ์ประมวลผลมองเห็น มีลักษณะเป็นอาร์เรย์ 2 มิติโดยค่าแต่ละช่องของอาร์เรย์จะแทนความเข้มแสงซึ่งจะเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง (discrete value) เนื่องจากเป็นการทำงานของอุปกรณ์ดิจิทัลซึ่งจะเป็นการสุ่มขนาดของความเข้มแสงที่ตกกระทบ (amplitude sampling) และโดยทั่วไปค่าความเข้มแสงนี้จะมีค่าระหว่าง 0-255 เท่านั้น เมื่อนำค่าใน pixels matrix $f(x, y)$ มาแสดงในรูปของ matrix จะได้ดังสมการที่ 2.1 ซึ่งเป็นตัวอย่างภาพที่มีจำนวนแถวหรือความสูงของภาพเท่ากับ M แถว และมีจำนวนหลักหรือความกว้างของภาพเท่ากับ N หลัก

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} (0,0) & (0,1) & \dots & (0,N-1) \\ (1,0) & (1,1) & \dots & (1,N-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (M-1,0) & (M-1,1) & \dots & (M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

เมื่อ $f(x, y)$ คือ ค่าความเข้มของแสงในแถว M และหลัก N ของเซ็นเซอร์รับภาพ ซึ่งเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง

สำหรับกรณีของภาพสีนั้น ข้อมูลของภาพจะเป็นอาร์เรย์ 2 มิติ จำนวน 3 อาร์เรย์ด้วยกัน และโดยทั่วไปอาร์เรย์เหล่านี้ จะเก็บค่าความเข้มของสีแดง เขียว น้ำเงิน ตามลำดับ ซึ่งแต่ละช่องอาร์เรย์เหล่านี้ก็จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เช่นกัน ดังนั้นการแทนสีที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติของอุปกรณ์ประมวลผล จะแทนด้วยค่าความเข้มสี ณ ตำแหน่งเดียวกันของอาร์เรย์ทั้งสามมาผสมกันสำหรับในทางปฏิบัตินั้น หากพิจารณาในแง่ของโปรแกรมการส่งข้อมูลภาพจากกล้องมาสู่คอมพิวเตอร์ จะไม่ได้อยู่ในรูปอาร์เรย์ 2 มิติ แต่จะอยู่ในรูป byte stream ที่เป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่องเรียงกัน ดังนั้นโปรแกรมจะต้องจัดเรียงข้อมูลที่มีความต่อเนื่องกันเหล่านี้ให้อยู่ในรูปอาร์เรย์ 2 มิติเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงตำแหน่งของข้อมูลของกระบวนการต่อไปนั่นเอง

อุมาวดี วงษ์มิตร, (2551) ได้อธิบายไว้ว่าวัตถุที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรูปร่างที่แตกต่างกันไป ทั้งที่เป็นรูปทรงเรขาคณิตและไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต ในศาสตร์ของการประมวลผลภาพนั้น การกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยมเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากทำให้การอ่านภาพ การจัดเก็บข้อมูลภาพในหน่วยความจำ และการแสดงผลออกทางอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปรอาร์เรย์ เนื่องที่ในการเก็บภาพสามารถคำนวณได้จาก $M \times N \times g$ เมื่อ g เป็นจำนวนเต็มที่แทนจำนวนบิตของข้อมูลในแต่ละจุดภาพ ตัวอย่างถ้า g มีค่าเท่ากับ 8 บิตเราจะสามารถเก็บความแตกต่างของระดับสีที่เป็นไปสูงสุด 256 ระดับ ค่า M และ N จะเป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ สำหรับคอมพิวเตอร์ทั่วไปในระบบ VGA (video graphic array) จะมีขนาด 640×480 800×600 และ 1024×768 จุดเป็นต้น การกำหนดความละเอียดจะขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้ ในงานบางอย่างใช้ความละเอียดแค่ 30×50 จุด ก็พอแล้วแต่ในงานบางชนิด ใช้ความละเอียดถึง 1000×1000 จุด ก็ยังไม่พองานสีสูงสุดที่เป็นไปได้ของแต่ละจุดภาพขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ เมื่อมีการกำหนดให้ขนาดของบิตต่อจุดมากขึ้น จะทำให้จำนวนของสีมากขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น

$$1 \text{ บิต} = 2^1 = 2 \text{ สี}$$

$$2 \text{ บิต} = 2^2 = 4 \text{ สี}$$

$$4 \text{ บิต} = 2^3 = 16 \text{ สี}$$

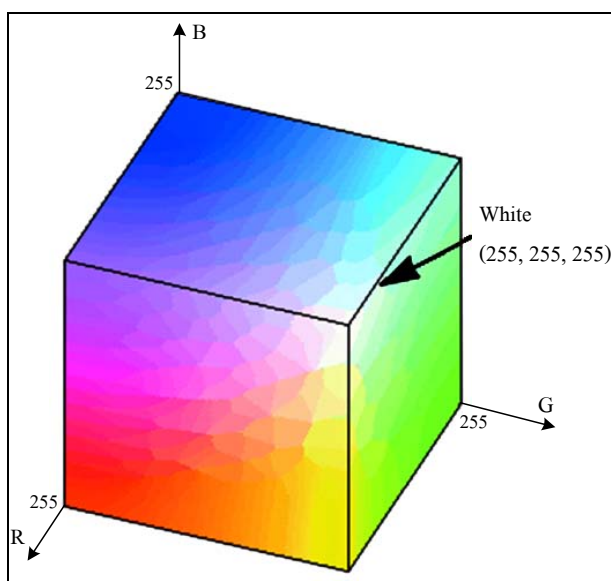
$$8 \text{ บิต} = 2^4 = 256 \text{ สี}$$

$$16 \text{ บิต} = 2^5 = 65536 \text{ สี เป็นต้น}$$

สำหรับการแสดงข้อมูลภาพที่มีขนาด 1 บิตและ 8 บิตนั้นจะมีการทำงานที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากหน่วยประมวลผลจะไม่สามารถจัดการกับข้อมูลที่เป็นบิตเดี่ยว ๆ ได้ดังนั้นในการแสดงข้อมูลออกทางจอภาพตัวโปรเซสเซอร์จะทำการก็อปปี้ข้อมูลทั้ง 8 บิต (1 byte) ส่งให้กับ

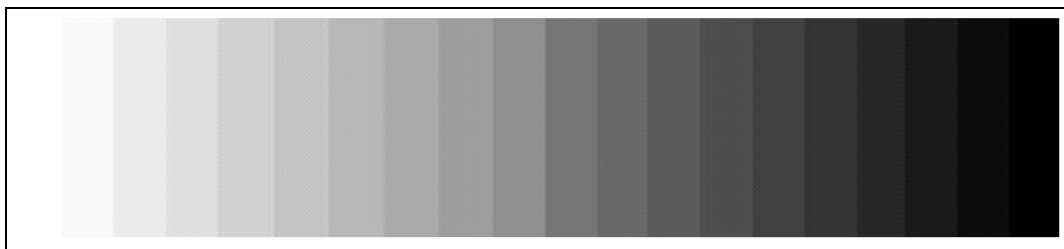
จอภาพซึ่งในกรณีที pixel มีขนาด 1 บิต เมื่อโปรเซสเซอร์จะทำงานกับบิตแรกที่ต้องการแล้วก็จะทำการก๊อปปี้ข้อมูลชุดใหม่ทันทีโดยที่ไม่เกี่ยวกับข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือส่วนในกรณี pixel ที่มีขนาด 8 บิต โปรเซสเซอร์จะทำการก๊อปปี้ข้อมูลชุดใหม่ก็ต่อเมื่อโปรเซสเซอร์ทำงานกับทุกบิตแล้วตัวอย่างสำหรับระบบที่มีความละเอียดเท่ากับ 800×600 และมีขนาด 16 บิตต่อ pixel จะสามารถแสดงสีได้ทั้งหมด 65536 ระดับและต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บเท่ากับ $800 \times 600 \times 16$ บิต

3) ระบบสี (color model) มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับนำไปใช้ แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในช่องว่าง 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในช่องว่างซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ตัวอย่างเช่น (Rafael, 1993) ในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แกนสีแดง เขียว และน้ำเงิน เมื่อนำแม่สีเหล่านี้มาผสมกันก็จะได้ผลลัพธ์เป็นสีอื่น ดังรูปที่ 2.7 ในระบบ HLS จะมีแกนเป็นค่าสี (hue) ความสว่าง (lightness) และความบริสุทธิ์ของสี (saturation) ตัวอย่างระบบสีที่นิยมใช้กัน ได้แก่ ระบบ RGB HSV (hue saturation value) และ HLS (hue lightness saturation)



รูปที่ 2.7 แสดงระบบสี RGB

ระบบสี grayscale คือระบบที่มีค่าของสีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงินเท่ากัน ภาพจึงออกมาในโทนสีขาวดำดังแสดงในรูปที่ 2.8

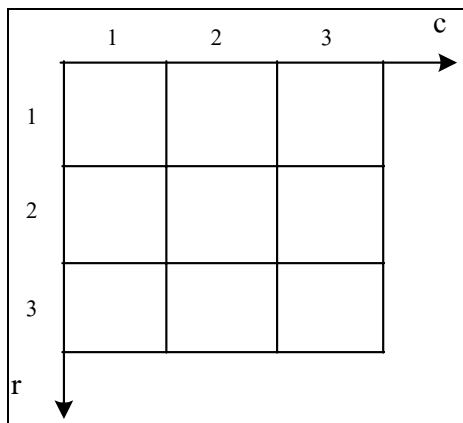


รูปที่ 2.8 ระบบสีแบบ grayscale

การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี grayscale นั้นจะทำการคิดคำนวณค่าในแต่ละจุดสีโดยแทนค่า RGB ทั้งสามค่าใหม่ตามสมการที่ 2.2 เมื่อค่าของสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินเท่ากันหมดแล้วจึงได้เป็นสีแบบ grayscale

$$0.2989 * RED + 0.5870 * GREEN + 0.1140 * BLUE \quad (2.2)$$

4) ลักษณะและความหมายของพิกเซลในโลกของภาพกราฟิกที่ถูกใช้ในงานคอมพิวเตอร์หน่วยพิกเซล ถือเป็นหน่วยย่อยเล็กที่สุดของรูปภาพ ซึ่งเป็นจุดเล็ก ๆ ที่รวมกันทำให้เกิดเป็นภาพ ภาพหนึ่งจะประกอบด้วยจำนวนพิกเซลหรือจุดมากมายซึ่งในแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของจุดหรือพิกเซลเหล่านี้ที่แตกต่างกันไป ความหนาแน่นของจุดนี้เป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ โดยมีหน่วยเป็น PPI (pixel per inch) คือ จำนวนจุดต่อนิ้ว ซึ่งพิกเซลมีความสำคัญต่อการสร้างภาพของคอมพิวเตอร์มาก เพราะทุกส่วนของภาพกราฟิก เช่น จุด เส้น แบบลาย และสีของภาพนั้นเริ่มจากพิกเซลทั้งสิ้น เมื่อเราขยายภาพก็จะเห็นเป็นภาพจุด โดยปกติแล้วภาพที่มีความละเอียดสูงหรือคุณภาพดีควรมีค่าความละเอียด 300×300 PPI ขึ้นไป ยิ่งค่า PPI สูงขึ้นเท่าไร ภาพก็จะมีความละเอียดคมชัดมากขึ้นเท่านั้น ในทำนองเดียวกันจุดหรือพิกเซลแต่ละจุดก็จะแสดงคุณสมบัติทางสีให้แก่ภาพด้วย โดยแต่ละจุดจะเป็นตัวสร้างสีประกอบรวมกันเป็นภาพ ซึ่งอาจมีขนาดความเข้มและสีที่แตกต่างกันได้ ทำให้เกิดเป็นภาพที่มีสีสันต่าง ๆ ตัวอย่างการแสดงผลของอุปกรณ์แสดงผล (output devices) เช่น เครื่องพิมพ์แบบ dot matrix หรือแบบ laser รวมทั้งจอภาพจะเป็นการแสดงผลแบบ raster devices นั่นคือ อาศัยการรวมกันของ pixel แสดงออกมาเป็นภาพ



รูปที่ 2.9 พิกัดของระบบภาพดิจิทัล

2.3 การประมวลผลภาพ

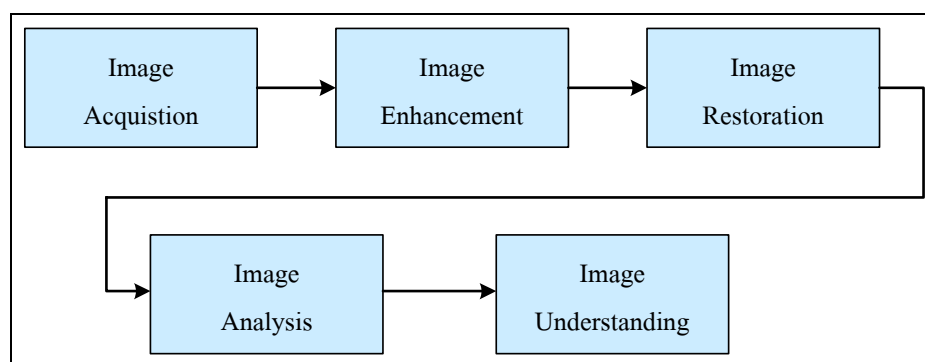
มนตรี กาญจนะเดชะ (2545) ได้กล่าวไว้ว่า การมองเห็นของมนุษย์เป็นสิ่งที่สำคัญและเป็นกลไกการรับภาพที่ซับซ้อนอย่างหนึ่ง ซึ่งจะให้ข้อมูลที่มีความจำเป็นสำหรับใช้ในงานได้ง่าย ตัวอย่างเช่น การจดจำวัตถุ และสำหรับงานที่มีความซับซ้อน ได้แก่ การวางแผน การตัดสินใจ การค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาทางด้านความคิด ดังคำสุภาษิตของจีนกล่าวไว้ว่า “รูปภาพสามารถแทนคำได้เป็นพัน ๆ คำ” รูปภาพมีบทบาทมากสำหรับองค์กรต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ โทรทัศน์ ภาพยนตร์ซึ่งใช้ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวเป็นสื่อนำเสนอข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ สิ่งที่น่าสนใจของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นหรือข้อมูลภาพนั้นก็คือกระบวนการประมวลผลภาพ (image processing) โดยใช้ดิจิทัลคอมพิวเตอร์ ความพยายามทางการประมวลผลภาพได้เริ่มต้นขึ้นในปี 1964 ณ ห้องทดลอง Jet Propulsion (Pasadena California) ซึ่งได้นำกระบวนการประมวลผลภาพมาใช้ในการพิจารณาภาพถ่ายดาวเทียมของดวงจันทร์ ต่อมาได้มีการตั้งสาขาทางวิทยาศาสตร์สาขาใหม่มีชื่อว่าการประมวลผลภาพดิจิทัล หลังจากนั้นงานทางการประมวลผลภาพก็พัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ และใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับงานในหลาย ๆ ด้าน ตัวอย่างเช่น ทางได้สื่อสาร โทรคมนาคม การสื่อสารทางโทรทัศน์ ทางด้านการพิมพ์ ทางด้านกราฟิก การแพทย์ และการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ (วันสนันท์ ทองทรงกฤษณ์, 2547) กล่าวไว้ว่าการประมวลผลภาพดิจิทัลเป็น subclass ของการประมวลผลสัญญาณ กล่าวคือ การประมวลผลสัญญาณภาพดิจิทัลเป็นการประมวลผลสัญญาณที่มีอินพุตของระบบเป็นภาพเท่านั้น โดยวัตถุประสงค์ของการประมวลผลภาพแบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ ๆ คือ การปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้มนุษย์สามารถมองเห็นรายละเอียดของภาพได้ชัดเจนมากขึ้นและเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถตีความภาพได้ ซึ่งการประมวลผลภาพดิจิทัลจะเกี่ยวกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล

ซึ่งสามารถที่จะนำเอาข้อมูลนี้จัดผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ได้ในระบบของดิจิทัล อินพุตและเอาต์พุตของระบบจะอยู่ในรูปแบบดิจิทัลเท่านั้น

โดย digital image analysis จะเกี่ยวกับวิธีการอธิบายและการจดจำข้อมูลภาพดิจิทัล ซึ่ง อินพุตของระบบจะเป็นข้อมูลภาพดิจิทัลและเอาต์พุตจะเป็นเครื่องหมายที่ใช้แทนข้อมูลภาพดิจิทัลเหล่านั้น ในการวิเคราะห์ภาพมีอยู่หลายวิธีด้วยกันที่ได้นำมาจากการทำงานของตามนุษย์ (human vision) นั่นก็คืองานทางด้าน computer vision เป็นลักษณะเดียวกับ digital image analysis นั่นเอง โดยการมองเห็นของมนุษย์นับว่าเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งลักษณะเทคนิค โดยทั่วไปในกระบวนการ digital image analysis และ computer vision จะค่อนข้างซับซ้อน เช่นกัน

2.3.1 การประมวลผลภาพดิจิทัล

การประมวลผลภาพดิจิทัลเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัลซึ่งสามารถที่จะนำเอาข้อมูลนี้ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ภาพดิจิทัลซึ่งเป็นภาพที่ประกอบด้วยจุดภาพเล็ก ๆ จำนวนมากเรียกว่าพิกเซล โดยจะใช้ตัวเลขแทนค่าของระดับสีหรือระดับความสว่างของในแต่ละพิกเซล ซึ่งสามารถที่จะปรับแต่งเพื่อแสดงผลภาพตามต้องการได้ ดังนั้นภาพดิจิทัลจึงมีข้อดีตรงที่สามารถนำมาประมวลผลและปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลด้วยกระบวนการต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ได้ (Rafael, Gonzalez, and Richard, 1993)



รูปที่ 2.10 แสดงกระบวนการทางการประมวลผลภาพ

การแบ่งชั้นการประมวลผลภาพตามกระบวนการ

- 1) image representation และ image modeling คือ การสร้างภาพในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
- 2) image enhancement คือ การปรับปรุงคุณภาพของภาพเพื่อแสดงผลผ่านจอโดยไม่เปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในภาพ
- 3) image restoration คือ การปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้ข้อมูลที่ทราบสาเหตุ (minimize or remove known degradations) เช่น noise filtering หรือ correction of geometric distortion
- 4) image analysis คือ การอธิบายลักษณะต่าง ๆ ในภาพ เช่น ขนาด หรือ การหมุนของวัตถุในภาพ
- 5) image reconstruction from projection คือ การจำลองเรขาคณิตของการเกิดภาพจาก sensor
- 6) image data compression คือ การบีบอัดขนาดของภาพซึ่งมีขนาดใหญ่มากโดยคงคุณภาพ

2.3.2 การปรับปรุงรูปภาพ

การปรับปรุงรูปภาพ คือการนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติแตกต่างไปจากภาพเริ่มต้น เพื่อเน้นหรือลดทอนคุณสมบัติบางประการของภาพให้ได้ภาพที่มีคุณสมบัติตามความต้องการ ภาพที่ได้ออกมาใหม่นั้นจะมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้มากขึ้น ซึ่งการปรับปรุงรูปภาพนี้ไม่มีรูปแบบที่แน่นอนที่จะบอกว่าวิธีใดดีที่สุด ทั้งนี้การจะตัดสินว่าควรใช้วิธีใดจึงขึ้นอยู่กับว่าจะนำภาพไปใช้ทำอะไร (อรทัย สุทธิจักษ์, 2551)

0	0	0	0	0	0	a1	a2	a3
0	1	2	1	2	0	a4	a5	a6
0	2	3	9	1	0	a7	a8	a9
0	1	3	2	1	0			
0	0	0	0	0	0			

รูปที่ 2.11 การปรับปรุงภาพตัวอย่างภาพเริ่มต้นและหน้าต่างขนาด 3 × 3

จากรูปที่ 2.11 ซ้ายมือ เป็นรูปตัวอย่างของภาพเริ่มต้น ซึ่งค่าต่าง ๆ คือค่าของความเข้มแสง เริ่มด้วยการกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่างขนาด 3×3 ตามรูปที่ 2.11 ขวามือครอบอยู่ที่มุมบนด้านซ้ายของภาพเริ่มต้น โดยจะให้จุดกึ่งกลางของหน้าต่างอยู่ที่ $a5$ โดยความเข้มแสง ณ จุดกึ่งกลางของหน้าต่างมีค่าเท่ากับ 1 ความเข้มแสงของจุดภาพในภาพผลลัพธ์ ณ ตำแหน่งที่ตรงกับกึ่งกลางของหน้าต่างที่ครอบอยู่บนภาพเริ่มต้นนั้นสามารถคำนวณได้จากค่าความเข้มแสงของทุกจุดในหน้าต่าง สิ่งที่ต้องระวังเมื่อจะทำการกรองภาพคืออย่าทำให้รายละเอียดที่สนใจขาดหายไป การกรองข้อมูลภาพมีหลายแบบ (Shi and Govindaraju, 2004) เช่น การกรองข้อมูลภาพโดยหาค่าเฉลี่ย (mean filtering) การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าฐานนิยม (modal filtering) และการกรองข้อมูลภาพโดยใช้เกาส์เซียน (Gaussian smoothness filter) ซึ่ง Rafael and Richard, (1993) ได้อธิบายจำแนกวิธีการปรับปรุงรูปภาพจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ วิธีสเปเชียลโดเมน (spatial domain method) คือ การประมวลผลภาพในมิติระยะทาง ซึ่งจะทำการประมวลผลกับค่าที่อยู่ในแต่ละพิกเซลนั้นโดยตรง และวิธีฟรีควเอนซีโดเมน (frequency domain method) คือ การประมวลผลภาพในมิติความถี่ซึ่งทำการประมวลผลกับภาพที่ถูกแปลงด้วยฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม (fourier transform)

โดยวิธีสเปเชียลโดเมนเป็นกระบวนการที่ทำกับวิธีสเปเชียลโดเมน สามารถแทนด้วยสมการคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่ 2.3

$$g(x,y) = T [f(x,y)] \quad (2.3)$$

โดยที่ $f(x,y)$ คือข้อมูลภาพส่วนที่รับเข้ามา (Input)

$g(x,y)$ คือภาพที่ได้ประมวลผลแล้ว

T คือกระบวนการที่ทำกับฟังก์ชัน (f) โดยจะทำกับจุดข้างเคียงของ (x,y)

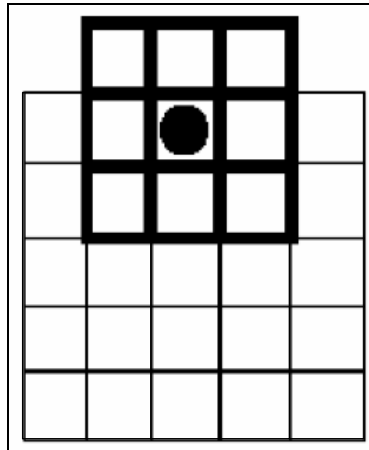
ด้วยการที่จะนำจุดข้างเคียงมาประมวลผลด้วย สามารถทำได้

โดยใช้ภาพสี่เหลี่ยม หรืออาจจะเรียกว่า หน้ากาก (mask)

หรือหน้าต่าง (window) มาครอบกับภาพที่รับเข้ามา

และให้จุดกึ่งกลางของหน้าต่างอยู่ที่จุด

(x,y) ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การใช้หน้าต่างครอบภาพที่รับเข้ามา

การนำหน้าต่างมาครอบที่ละจุดนี้จะมีการคำนวณค่าทั้งหมดที่อยู่ในหน้าต่างแล้วแทนที่ลงไป ณ จุดนั้น จากนั้นจะเลื่อนหน้าต่างและคำนวณเหมือนเดิมไปเรื่อย ๆ วิธีที่ง่ายที่สุดในการสร้าง T คือใช้หน้าต่างขนาด 1×1 ซึ่งก็คือ 1 พิกเซลนั่นเอง ในกรณีนี้ g จะขึ้นกับค่าของภาพที่รับเข้ามาที่จุด (x,y) นั่นเอง

การทำ histogram equalization histogram ของภาพดิจิทัลที่เป็นระดับเทา (gray level) ในช่วง $[0, L-1]$ คือ ฟังก์ชันที่เป็น discrete ซึ่งสามารถแทนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ (Gonzalez and Richard, 1993) ได้ดังสมการที่ 2.4

$$h(r_k) = n_k \quad (2.4)$$

โดยที่ $k = [0, L-1]$

r_k คือระดับเทาที่ k

n_k คือจำนวนพิกเซลในภาพที่มีระดับเทาเท่ากับ r_k

L คือระดับความสว่างสูงสุด

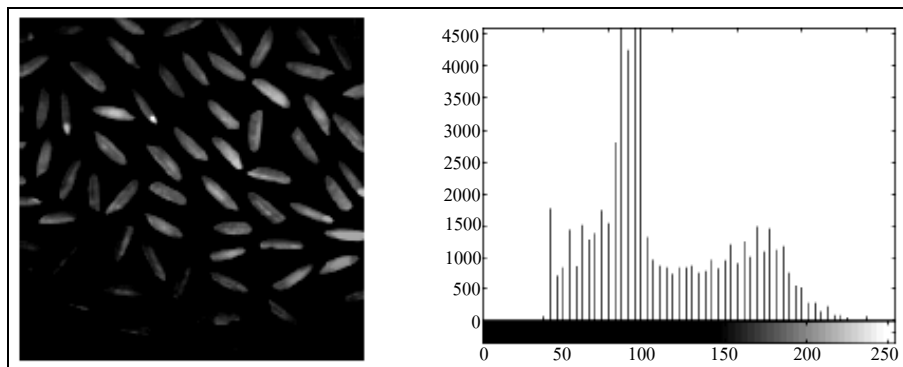
ปกติจะมีการ normalize histogram ด้วยการหารแต่ละค่าด้วยจำนวนพิกเซลทั้งหมดในภาพ ดังนั้น histogram ที่ถูก normalized จะเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 2.5

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n} \quad (2.5)$$

โดยที่ $k = [0, L-1]$

$p(r_k)$ คือค่าประมาณของความน่าจะเป็นของระดับเทาที่ r_k ที่มีในภาพสังเกตว่า
ผลรวมของค่าทุกค่าใน histogram ที่ถูก normalized นี้จะมีค่าเท่ากับ 1

n คือจำนวนพิกเซลทั้งหมดที่อยู่ในภาพ



รูปที่ 2.13 ภาพต้นฉบับและ histogram ที่ไม่ถูก normalized

จาก histogram equalization สามารถอธิบายได้ดังสมการที่ 2.6 และสมการที่ 2.7 ซึ่ง
วิธี histogram equalization นี้จะช่วยกระจาย histogram ของภาพ input ทำให้ระดับผลลัพธ์ที่ได้
ออกมานั้นกระจายระดับเทาในช่วงที่กว้างขึ้น

$$S_k = \sum p(r_j) \quad (2.6)$$

โดยที่ $j = 0$ ถึง k เมื่อ $k = 0, 1, \dots, L-1$

$$S_k = \sum \left(\frac{n_j}{n} \right) \quad (2.7)$$

โดยที่ $j = 0$ ถึง k เมื่อ $k = 0, 1, \dots, L-1$

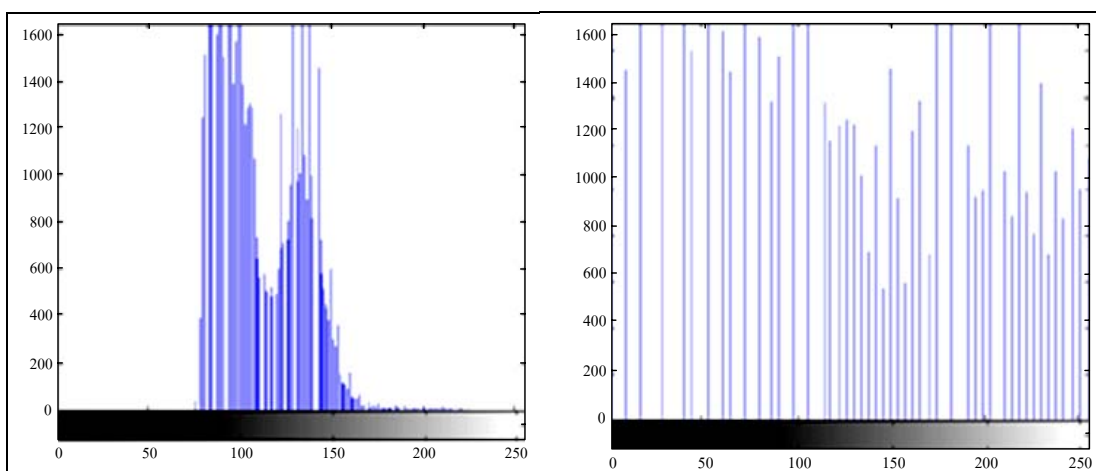
เมื่อ S_k คือค่าเอาต์พุตของ histogram flattening

n คือจำนวนพิกเซลทั้งหมด

n_j คือจำนวนพิกเซลที่ระดับความสว่างต่าง ๆ เมื่อ $j = 0, 1, 2, \dots, L-1$



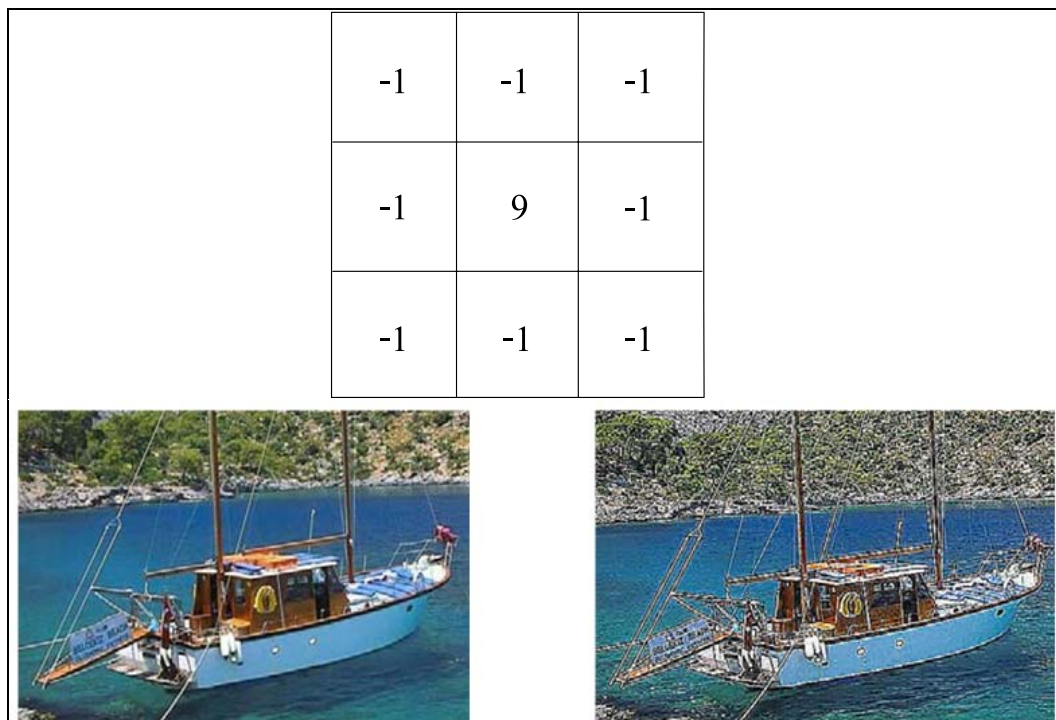
รูปที่ 2.14 เปรียบเทียบภาพต้นฉบับซ้ายมือกับภาพที่ผ่านการทำ histogram ขวามือ



รูปที่ 2.15 เปรียบเทียบ histogram ของภาพต้นฉบับกับภาพที่ผ่านการทำ histogram

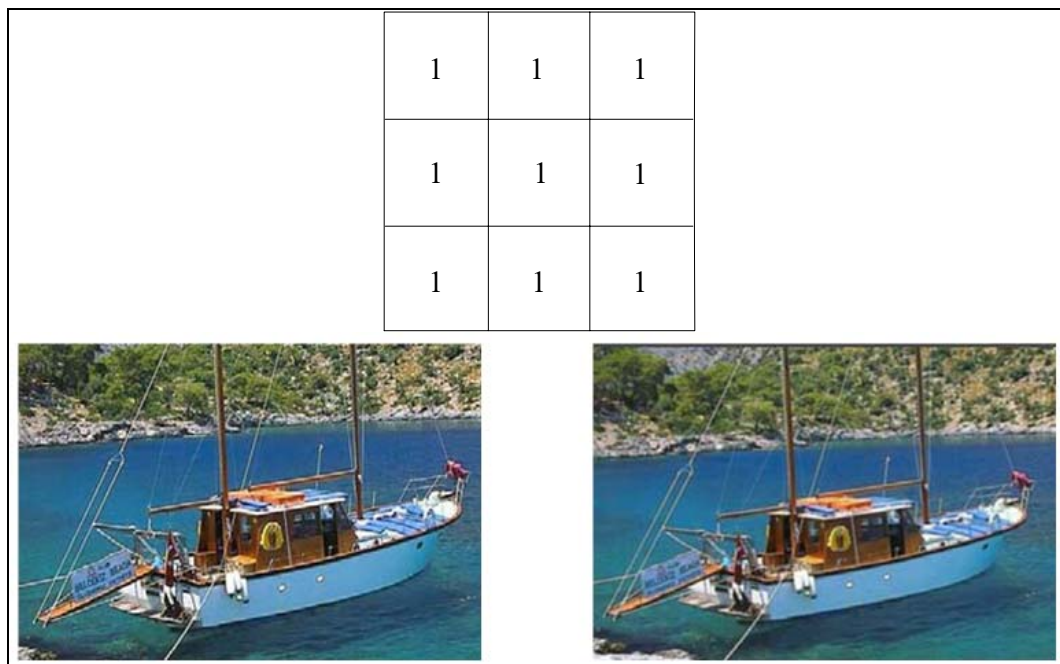
จากพื้นฐานขั้นต้น จะยกตัวอย่าง filtering บางตัวที่สำคัญใช้ในการปรับปรุงภาพดังต่อไปนี้

1) จาก high-pass filtering เป็น filter เพื่อใช้ในการปรับปรุงภาพเพื่อความคมชัดของมุมของวัตถุในภาพ (sharpen the edges) โดยมี convolution kernel ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.16 ภาพต้นฉบับและภาพที่ทำกระบวนการ high-pass filtering โดยใช้ median filter ที่มีขนาดของ convolution kernel เท่ากับ 5×5

2) Low-Pass Filtering เป็น Filter เพื่อใช้ในการปรับปรุงภาพเพื่อให้มีความเรียบ (Smoothen) หรือลด Noise ของภาพ เช่น median filtering โดยมี convolution kernel ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.17 ภาพต้นฉบับและภาพที่ทำกระบวนการ low-pass filtering โดยใช้ median filter ที่มีขนาดของ convolution kernel เท่ากับ 5×5

จากวิธีฟรีควอนซีโดเมน ซึ่งเป็นการประมวลผลภาพในมิติความถี่ โดยมีการใช้ทฤษฎีคอนโวลูชัน (convolution) ให้ $g(x,y)$ เป็นรูปแบบภาพที่เกิดจากคอนโวลูชันของภาพ $f(x,y)$ และ $h(x,y)$ เป็นตัวดำเนินการตำแหน่งคงที่ (position invariant operator) แสดงในสมการที่ 2.5 แล้วใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานฟอร์มกับสมการที่ 2.7 ก็จะได้สมการที่ 2.8

$$g(x,y) = h(x,y) * f(x,y) \quad (2.8)$$

$$G(u,v) = H(u,v)F(u,v) \quad (2.9)$$

เมื่อ $F(u,v)$ คือ ค่าเอาต์พุตของ histogram flattening
 n คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมด
 n_j คือ จำนวนพิกเซลที่ระดับความสว่างต่าง ๆ เมื่อ $j = 0, 1, 2, \dots, L-1$
 การแปลงค่าฟูเรียร์ทรานฟอร์มกลับ แสดงได้ในสมการที่ 2.10

$$g(x,y) = \mathfrak{T}^{-1}[H(u,v)F(u,v)] \quad (2.10)$$

ปัญหาของการประมวลผลภาพในมิติความถี่คือการหาค่า $H(u,v)$ ที่เหมาะสมนั้น ได้ยากและใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างนาน

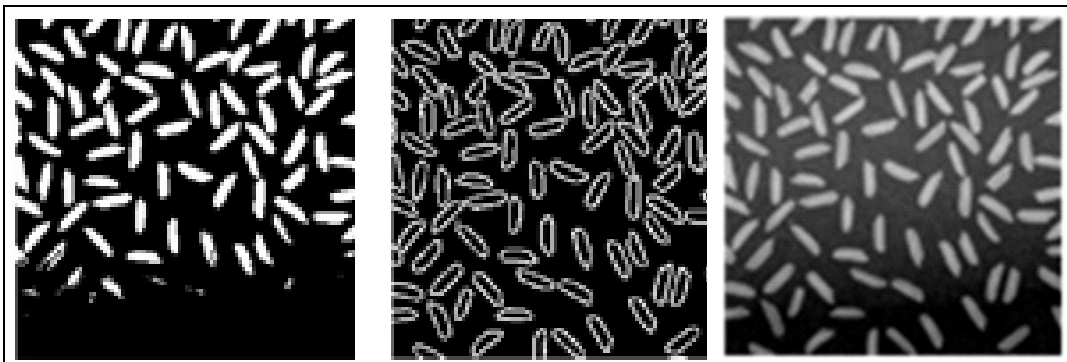
2.3.3 การแยกบริเวณ (segmentation)

กระบวนการนี้เป็นการแยกบริเวณของภาพที่มีลักษณะร่วมกันออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งก็คือการพิจารณาว่าพิกเซลที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น จัดเป็นของวัตถุใดที่อยู่ในภาพ หรือบริเวณใดที่จัดเป็นฉากหลังนอกจากนั้นยังต้องมีการคำนึงถึง การเก็บข้อมูลของวัตถุที่แยกออกมาให้อยู่ในรูปแบบใดจึงจะเหมาะสม สำหรับกระบวนการแยกภาพ นี้มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ

1) การแยกบริเวณโดยใช้ค่า threshold ค่า threshold เป็นค่าที่เป็นจำนวนเต็มที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 255 เช่นเดียวกับค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่อยู่ในภาพ สำหรับการแยกบริเวณโดยใช้ค่า threshold นั้น จะเป็นการแปลงภาพ gray scale ให้เปลี่ยนเป็นภาพที่มีเพียงสองระดับ (binary image) โดยการใช้เงื่อนไขว่าถ้าความเข้มแสงที่พิกเซลตำแหน่งใดมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่า threshold ให้พิกเซลในตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 0 หรือเปลี่ยนเป็นด้านมืดไป และถ้าพิกเซลใดมีค่าสูงกว่าค่า threshold ให้พิกเซลนั้นมีค่าเป็น 255 หรือเปลี่ยนเป็นด้านสว่างไป ซึ่งการแยกบริเวณด้วย threshold นี้ยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่ การใช้ threshold ค่าเดียวกับภาพทั้งภาพ ซึ่งเรียกกันว่า global threshold และการแบ่งภาพออกเป็นภาพย่อยที่มีขนาดเล็ก ๆ ซึ่งแต่ละภาพก็จะมีค่า threshold เป็นของตัวเอง เรียกกันว่า local threshold

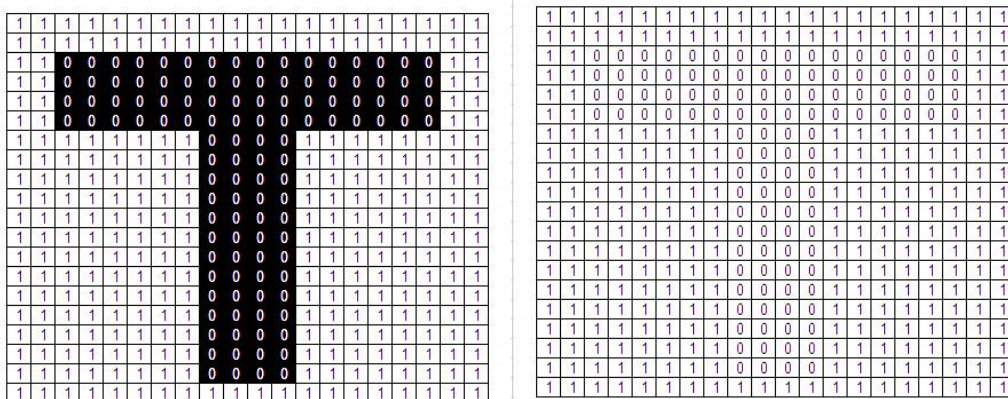
2) การแยกบริเวณโดยใช้ขอบของวัตถุ (edge based segmentation) การแบ่งบริเวณ โดยใช้วิธีนี้ จะต้องคำนวณหาขอบของวัตถุเสียก่อน ซึ่งขอบในความหมายของการประมวลผลภาพดิจิทัลนั้นคือ พิกเซลที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเกินค่าที่กำหนดนั่นเอง โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถตรวจจับได้โดยการใช้ตัวตรวจจับขอบที่มีอยู่หลากหลายชนิด ซึ่งผลของการแยกบริเวณออกเป็น ส่วน ๆ ทั้งสองวิธีนั้น ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.18

จากรูปที่ 2.17 ซึ่งเป็นลักษณะกลไกของการปิดกั้นสนามแม่เหล็กฟลักซ์แบบขนาน โดยพบว่าเส้นแรงของสนามจะมีลักษณะลู่ไปกับผิวของวัสดุ ทำให้ภายในส่วนปิดกั้นมีสนามแม่เหล็กลดลง นอกจากวัสดุมีความซึมซาบได้สูงแล้วการลดขนาดความเข้มสนามแม่เหล็ก H ยังขึ้นกับความหนาของวัสดุแม่เหล็กด้วย เนื่องจากวัสดุแม่เหล็กมีความหนาเพิ่มขึ้นเท่าใดก็จะทำให้ปริมาณฟลักซ์แม่เหล็ก B ลู่เข้าไปในเนื้อวัสดุได้มากขึ้น จึงทำให้ความเข้มสนามแม่เหล็ก H ในบริเวณอากาศมีค่าลดน้อยลง โดยข้อดีการปิดกั้นสนามแม่เหล็กตามกลไกนี้คือ ปิดกั้นหรือลดสนามแม่เหล็กได้ดีกับวัตถุปิดกั้นสนามแม่เหล็กที่มีขนาดใหญ่และหนามาก ส่วนข้อเสียการปิดกั้นสนามแม่เหล็กความถี่ตามกลไกนี้คือ ทำให้วัตถุปิดกั้นสนามแม่เหล็กนั้นมีน้ำหนักมากและวัสดุมีราคาแพง



รูปที่ 2.18 การแยกบริเวณทั้งสองวิธี

ผลที่ได้จากกระบวนการข้างต้นคือ ทำให้เกิดการแยกบริเวณที่เป็นวัตถุออกจากบริเวณที่เป็นพื้นหลัง และขั้นตอนต่อไปจะทำการพิจารณาว่าพิกเซลใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อกัน เพื่อที่จะได้จัดให้พิกเซลเหล่านั้นอยู่ในบริเวณหรือวัตถุเดียวกัน กระบวนการย่อยนี้เรียกว่า connected components labeling ซึ่งผลที่ได้จากกระบวนการย่อยนี้ก็คือ จะทำให้เรารู้ว่าพิกเซลในแต่ละตำแหน่งนั้น จัดเป็นของวัตถุชิ้นใด (Kiatpanichagij, K., 2007) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การทำงานของกระบวนการย่อยที่ชื่อว่า connected components labeling ภาพ binary image ซ้ายมือได้จากวิธี global threshold ซึ่งในที่นี้เป็นการพิจารณา วัตถุสีดำ ที่มีพื้นหลังเป็นสีขาว ผลที่ได้จากการทำงานของ connected components labeling

หลังจากที่ทราบว่ามีพิกเซลแต่ละตำแหน่งเป็นของบริเวณหรือวัตถุใดแล้ว ขั้นตอนที่สำคัญต่อมาคือ จะเก็บพิกัดของพิกเซลเหล่านี้ได้อย่างไร สำหรับเรื่องนี้ก็จะมีประเด็นที่ต้องพิจารณาอยู่ 2 เรื่องด้วยกันคือ

- 1) วิธีการเก็บพิกัดของกลุ่มพิกเซล
- 2) โครงสร้างของข้อมูล

2.3.4 การหาขอบภาพ (edge detection)

การหาขอบภาพ (Jain, Kasturi, and Schunck, 1995) คือการตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยวัดจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงของข้อมูลภาพในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว วิธีการหาขอบนั้นมีหลายวิธี แต่สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ คือ วิธีเกรเดียนต์ (gradient method) และวิธีลาปลาเซียน (laplacian method)

การหาขอบภาพเป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพดิจิทัล เมื่อทราบเส้นรอบวัตถุก็จะสามารถคำนวณหาขนาดของพื้นที่หรือจกจำขนิคของวัตถุนั้นได้ อย่างไรก็ตามการหาขอบภาพที่ถูกต้องสมบูรณ์นั้นเป็นเรื่องที่มีความยุ่งยากพอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาขอบของภาพที่มีคุณภาพต่ำและมีความแตกต่างระหว่างพื้นหน้ากับพื้นหลังน้อย หรือมีความสว่างไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ ซึ่งขอบภาพเกิดจากความแตกต่างของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ถ้าหากความแตกต่างนั้นมีค่ามากขอบภาพก็จะเห็นได้ชัดเจน ถ้าความแตกต่างมีค่าน้อยขอบภาพก็จะไม่ชัดเจน เทคนิคเบื้องต้นในส่วนของกรหาขอบภาพ (edge detection) ซึ่งพิจารณาการตรวจหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (first order derivative) ได้แก่ การหาขอบภาพด้วย Sobel, Prewitt และ Frei-Chen และอนุพันธ์อันดับที่สอง (second order derivative) ได้แก่ การหาขอบภาพด้วย laplacian เป็นต้น

อนุพันธ์อันดับหนึ่ง ใช้สำหรับการหาขอบภาพในแนวตั้งและแนวนอน หรือเรียกอีกอย่างว่า gradient โดยสามารถเขียนเป็นเวกเตอร์ได้ดังสมการที่ 2.11

$$\nabla f = \begin{bmatrix} H_r(x, y) \\ H_c(x, y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} f(x, y) \\ \frac{\partial}{\partial y} f(x, y) \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

เมื่อ $\frac{\partial}{\partial x} f(x, y)$ คือการหาขอบภาพทางด้านแนวนอน
 $\frac{\partial}{\partial y} f(x, y)$ คือการหาขอบภาพทางด้านแนวตั้ง

โดยสามารถหาขนาดของเวกเตอร์ (magnitude vector) และทิศทางของการตรวจหาขอบภาพได้ดังแสดงในสมการที่ 2.11 และสมการที่ 2.12

$$|\nabla f| = \sqrt{H_r^2(x, y) + H_c^2(x, y)} \quad (2.12)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{H_c(x, y)}{H_r(x, y)} \quad (2.13)$$

โดยอนุพันธ์อันดับที่สอง (second order derivative) เมื่อทำการอนุพันธ์อีกครั้งจะได้สมการที่ 2.14

$$\nabla^2 f = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2}{\partial x^2} f(x, y) \\ \frac{\partial^2}{\partial y^2} f(x, y) \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

2.3.4 การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (feature extraction)

หลังจากที่เราแยกบริเวณที่อยู่ในภาพออกเป็นส่วน ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน และทำการจัดเก็บพิกัดของพิกเซลที่เป็นของบริเวณเดียวกันโดยเลือกใช้รูปแบบการเก็บที่เหมาะสมแล้ว เราจะทำการคำนวณหาหรือวัดค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของแต่ละบริเวณหรือของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในรูป เช่น การคำนวณหาพื้นที่ การหาเส้นรอบวงของวัตถุ หรือการหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ เป็นต้น ผลที่ได้จากกระบวนการนี้คือ ค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในภาพ ซึ่งถ้าหากนำมาจัดวางในรูปแบบเวกเตอร์ เราก็จะได้ feature vector ที่เป็นการแสดงค่าคุณสมบัติทั้งหมดที่วัดจากวัตถุนั้น ๆ ตัวอย่างดังเช่น สมการที่ 2.15

$$\text{Obj} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

เมื่อ	ตำแหน่งแรก a	คือพื้นที่ของวัตถุที่มีหน่วยพิกเซล
	ตำแหน่งที่สอง b	คือความยาวรอบรูปของวัตถุที่มีหน่วยเป็นพิกเซล

2.3.5 การจำแนกวัตถุและการแปลความหมาย (classification and interpretation)

การจำแนก คือ กระบวนการจัดกลุ่มให้วัตถุที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น ว่าเป็นวัตถุที่อยู่กลุ่มใด (Milan, Vaclav, and Rogar, 1998) โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวัดหรือการคำนวณซึ่งเป็นคุณสมบัติของวัตถุนั้น ๆ เปรียบเทียบกับคุณสมบัติของวัตถุตัวอย่าง สำหรับการตัดสินใจว่าจากคุณสมบัติของวัตถุที่กำลังพิจารณาเทียบกับคุณสมบัติของวัตถุตัวอย่างนั้น วัตถุที่กำลังพิจารณาจะจัดอยู่กลุ่มใด โปรแกรมจะทำหน้าที่ในส่วนของการคัดแยก (classifier) ซึ่งหากพิจารณาการเข้าออกของข้อมูลนั้น ตัว classifier จะรับ feature vector เข้าไป และให้หมายเลขหรือชื่อกลุ่มที่วัตถุที่กำลังพิจารณานั้น ๆ จัดว่าเป็นสมาชิกอยู่ออกมา

classifier มีหลักการทำงานแตกต่างกันออกไป ในปัจจุบัน สำหรับงานวิจัยมี 2 วิธีที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย คือ ระเบียบวิธีของ k-nearest neighborhood classifier ซึ่งเป็นตัวจำแนกที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบระยะห่างระหว่าง feature vector ของวัตถุกับของกลุ่มตัวอย่าง และจะจำแนกวัตถุนั้น ๆ เข้ากับกลุ่มที่มีระยะทางใกล้ที่สุด classifier อีกแบบก็คือ โครงข่ายประสาทเทียม (artificial neural network ที่เป็นการจำลองการทำงานของสมองมนุษย์ ซึ่งผลของการ classifier นั้น จะทำให้สามารถทราบได้ว่าบริเวณที่แยกออกมานั้นเป็นวัตถุชนิดใด ซึ่งจะทำได้ สามารถตีความหมายภาพ และตัดสินใจสั่งการส่วนเคลื่อนไหวต่าง ๆ ได้

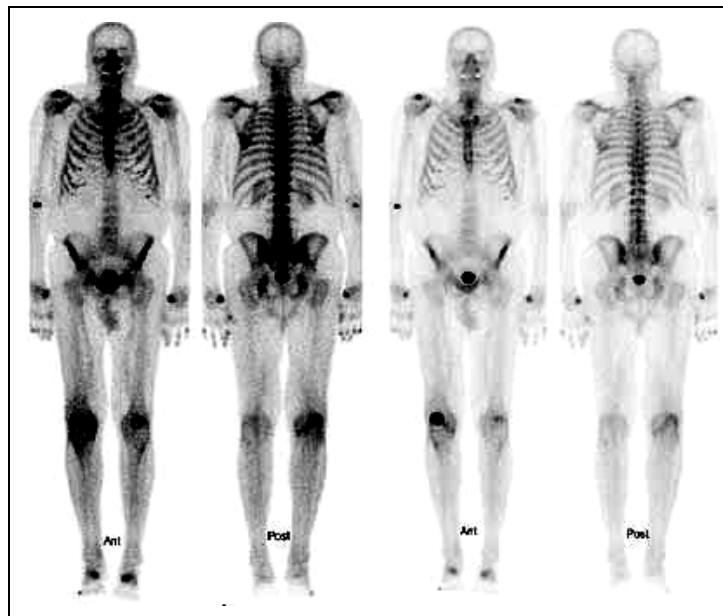
2.3.6 การใช้ประโยชน์ของการประมวลผลทางภาพ

สำหรับการประมวลผลภาพในปัจจุบันนั้น ได้มีการพัฒนามากขึ้นเป็นอย่างมาก และได้ถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลาย สามารถพบเห็นการประยุกต์การใช้งานการประมวลผลภาพเพื่อประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ภายในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ดังตัวอย่างเช่น การสำรวจทางระยะไกลโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในการทำแผนที่ การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การวิเคราะห์ผลผลิตการเกษตร และการอุตุนิยมวิทยา เป็นต้น



รูปที่ 2.20 ภาพระยะไกลโดยใช้ดาวเทียม

1) การแพทย์ โดยมีการนำเทคนิคทางการประมวลผลทางภาพใช้ในการหลายรูปแบบด้วยกันเป็นเวลานาน เช่น การทำ CCT สแกนเพื่อตรวจความผิดปกติของอวัยวะในร่างกาย เช่น มะเร็ง



รูปที่ 2.21 ภาพสำหรับการใช้งานทางการแพทย์

2) งานโทรคมนาคม เช่น การประชุมทางไกลโดยผ่านระบบ tele-conference หรือ การแพร่ภาพทางโทรทัศน์โดยระบบ digital ซึ่งต้องใช้เทคนิคการบีบอัดภาพ

3) การรักษาความปลอดภัย เช่น การตรวจระบุลายมือโดยใช้ fingerprint scanner systems การจำแนกหน้าของบุคคล (face recognition) และการตรวจจับผู้บุกรุกโดยกล้องวิดีโอ



รูปที่ 2.22 การประยุกต์การใช้งานการประมวลผลภาพในการรักษาความปลอดภัย

4) การใช้ในงานอุตสาหกรรม

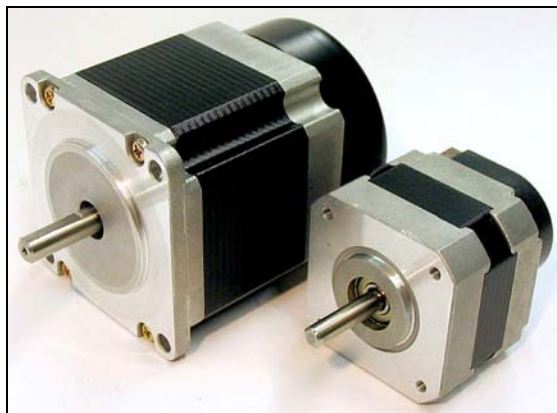


รูปที่ 2.23 เครื่องจักรในอุตสาหกรรมการผลิตที่ใช้ระบบประมวลผลภาพ

2.4 ระบบการขับเคลื่อน

2.4.1 สเต็ปมอเตอร์

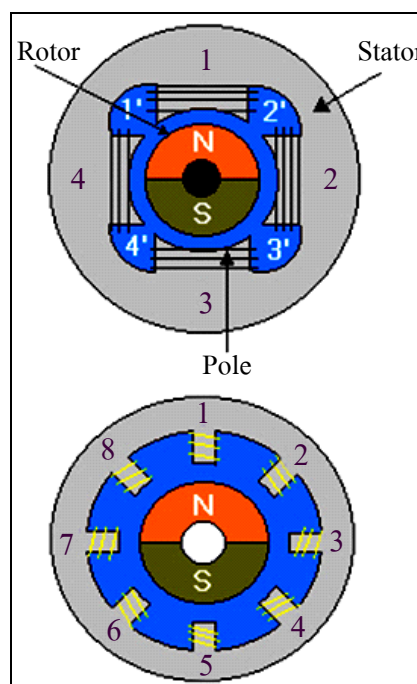
Hughes Austin, (2006) สเต็ปมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ดึงดูดใจสำหรับผู้ใช้งาน เนื่องจากผู้ใช้งานสเต็ปมอเตอร์จะสามารถควบคุมการทำงานได้โดยตรงโดยผ่านคอมพิวเตอร์ หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ลักษณะพิเศษของสเต็ปมอเตอร์ที่แตกต่างจากมอเตอร์โดยทั่วไปมีเพียงสิ่งเดียวคือ มอเตอร์ทั่วไปนั้นจะมีการหมุนหรือทำงานทันที และตลอดเวลาเมื่อมีการป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้ากับมอเตอร์ แต่สเต็ปมอเตอร์นั้นจำเป็นที่จะต้องส่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าต่ำที่จ่ายเป็นพัลส์ (pulse) เพิ่มเข้าไปด้วยเพื่อที่จะสั่งการทำงานให้สเต็ปมอเตอร์ทำงาน ลำดับขั้นการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ในมุมหนึ่ง ๆ ในแต่ละช่วงเวลาจะขึ้นอยู่กับารรับค่าคำสั่งของสัญญาณพัลส์ (pulse signal) เมื่อผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่าจำนวนของสัญญาณพัลส์เพื่อจ่ายให้กับสเต็ปมอเตอร์ได้ ผลลัพธ์ที่ได้คือผู้ใช้งานจะสามารถรู้ถึงมุมมองหรือระยะทางของเพลลาของสเต็ปมอเตอร์ที่เปลี่ยนไปได้อย่างละเอียด และสามารถทำการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมแบบเปิดสำหรับตำแหน่ง (open loop position control)



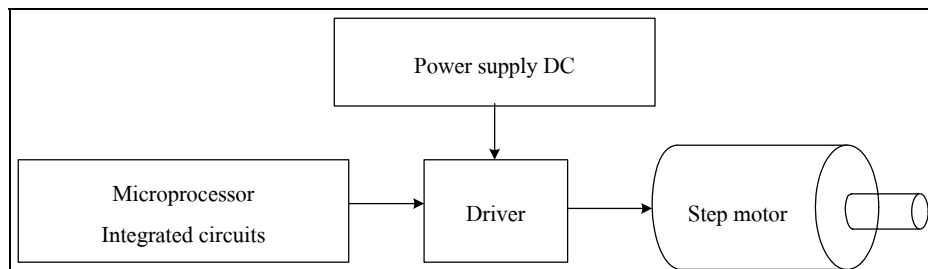
รูปที่ 2.24 ลักษณะของสเต็ปมอเตอร์

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีเหล็กยื่นออกมาประกอบกันเป็นชั้น ๆ โดยที่แต่ละชั้นส่วนที่ยื่นออกมานั้นจะมีขดลวด (coil) พันสวมอยู่ เมื่อมีการป้อนกระแสผ่านขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ในที่นี้ซึ่งถ้าเราเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้นจะเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อวงจรรอบมากขึ้นตามไปด้วยในที่นี้ ซึ่งถ้าเราเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้นจะเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อวงจรรอบมากขึ้นตามไปด้วย

ลักษณะการนำไปใช้งานสแต็ปมอเตอร์ จะใช้งานในลักษณะ open loop system แปลเป็นภาษาไทย ระบบเปิด คือ สแต็ปมอเตอร์สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการป้อนค่าพารามิเตอร์กลับมา (feed back) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนนั้น จะต้องการป้อนกลับไปยังระบบและตัวบอกตำแหน่งว่าถูกต้องหรือผิดพลาดให้รับทราบการเคลื่อนที่ที่ใช้กับสแต็ปมอเตอร์ คือ เรานำลิมิตสวิตช์ (limit switch) ติดตามตำแหน่งที่จะต้องการจะตรวจจับสัญญาณเมื่อสแต็ปมอเตอร์เริ่มหมุนแล้วหมุนไปจนถึงตำแหน่งของสวิตช์ตรวจจับสัญญาณดังกล่าว สวิตช์ก็จะทำการป้อนกลับสัญญาณไปสู่ระบบ ซึ่งวิธีนี้ก็จะทำให้ผู้ใช้งานรับรู้การทำงานของสแต็ปมอเตอร์ตลอด ตัววงจรไมโครคอนโทรลเลอร์หรือคอมพิวเตอร์เองก็จะมีจุดอ้างอิง ไว้ให้เริ่มต้นการทำงานและอ้างอิงตำแหน่งได้ถูกต้องแม่นยำ โดยแนวทางสแต็ปมอเตอร์เป็นอุปกรณ์จำพวกเชิงกลทางไฟฟ้า โดยมีกรู๊ปของไบนารีโวลต์เตทเป็นอินพุตและการเคลื่อนที่ที่ได้เป็นแบบเชิงมุมออกมาเป็นเอาต์พุตของระบบ หรือว่าหมุนทีละสแต็ป ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.1-30 องศา ในที่นี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสแต็ปมอเตอร์แต่ละแบบ โดยการเคลื่อนที่จะเป็นไปตามสัญญาณพัลส์ที่ได้จ่ายให้กับขดลวดมอเตอร์ ซึ่งส่งผลทำให้เกิดแรงผลักแก่ชุดโรเตอร์ให้หมุนไป สแต็ปมอเตอร์มีการแบ่งขดลวดออกเป็นหลายชุดในที่นี้เราเรียกว่า เฟส (phase) ดังนั้นสัญญาณที่จ่ายอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับกระบวนการ ลักษณะของไบนารี (binary) ซึ่งจะต้องไปผ่านวงจรชุดควบคุม (driver) ก็จะทำให้ชุดโรเตอร์หมุนไปอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 2.25 โครงสร้างภายในของสแต็ปมอเตอร์



รูปที่ 2.26 การควบคุมสเต็ปมอเตอร์

2.4.2 สเต็ปมอเตอร์ที่พบในปัจจุบัน

1) แบบแม่เหล็กถาวร สเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรจะมีสเตเตอร์ที่ฟันขดลวดไว้หลาย ๆ โพล โดยมีโรเตอร์เป็นรูปทรงกระบอกฟันเลื่อย และโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร เพื่อป้อนไฟกระแสตรงให้กับขดลวดสเตเตอร์ จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าผลักต่อโรเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรจะเกิดแรงจลุดยึดให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่แม้จะไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวด

2) แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ โดยสเต็ปมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนซ์นั้นจะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระ แม้จะไม่ได้จ่ายไฟให้โรเตอร์ โรเตอร์จะทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติกที่มีกำลังแม่เหล็กอ่อน มีลักษณะเป็นฟันเลื่อยรูปทรงกระบอกโดยจะมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนซ์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอนและมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลาย ๆ จุด ดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่าง ๆ ในมอเตอร์ที่ต่างขดกันไป ก็ทำให้มอเตอร์ หมุนไปตำแหน่งต่าง ๆ กันได้ โรเตอร์ของมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนซ์จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่ามอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

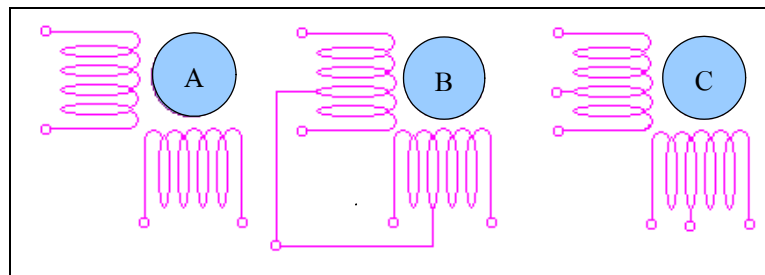
3) แบบผสม สเต็ปมอเตอร์แบบผสมจะเป็นลูกผสมของแบบแปรค่ารีลักแตนซ์กับแบบแม่เหล็กถาวร โดยจะมีสเตเตอร์คล้ายกับที่ใช้ในแบบแปรค่ารีลักแตนซ์ โรเตอร์มีหมวกหุ้มปลายซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุม การหมุนและครั้งน้อยและแม่นยำ ข้อดีก็คือ ให้แรงบิดสูงและมีขนาดกะทัดรัด และให้แรงจลุดยึดโรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟให้กับสเต็ปมอเตอร์

2.4.3 การฟันขดลวดบนสเตเตอร์ของสเต็ปมอเตอร์

1) แบบไบโพลาร์ (bipolar) จะมีการฟันขดลวดหนึ่งขด จะที่รอบก็แล้วแต่ความต้องการในการใช้งานในแต่ขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ โดยขั้วแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดโดยทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทาง

ตรงกันข้ามได้เพียงการกลับทิศทางของการไหลในกระแสไฟฟ้า โดยมาจากการควบคุมของวงจร สวิตซ์ให้กลับขั้วไฟฟ้า

2) แบบยูนิโพลาร์ (unipolar) แบบนี้มี 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์นั้น ทำให้แต่ละขดลวดเกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้าม เช่นเดียวกับการกลับทิศทางขั้วแม่เหล็กทำได้โดยใช้วงจรสวิตซ์ให้สลับหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่งแทน



รูปที่ 2.27 การพันขดลวดบนสเตเตอร์ของมอเตอร์ A แบบไบโพลาร์ B แบบยูนิโพลาร์ ชนิด 5 สาย C แบบยูนิโพลาร์ชนิด 6 สาย

2.4.4 รายละเอียดเกี่ยวกับการควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์

การควบคุมและสั่งงานให้สเต็ปมอเตอร์ทำงาน ไปทีละสเต็ปสามารถทำได้โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดในแต่ละขั้วบนสเตเตอร์ โดยการป้อนจะทำในลักษณะเป็นลำดับหรือเรียกว่าซีควเอนในรูปที่ถูกต้อง ซึ่งจะแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ คือ แบบเวฟ (wave) แบบ 2 เฟส (2 phase) และแบบครึ่งสเต็ป (half step) ซึ่งทั้ง 3 แบบนี้ก็มีข้อดีและข้อเสียต่างกันออกไป

1) แบบเวฟ (wave) จะเป็นการกระตุ้นแบบที่ง่ายที่สุด ซึ่งจะทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่ง ๆ เรียงกันไป ตัวอย่างเช่น ขดที่ 1 2 3 4 1 2 3 4 เป็นลำดับแบบนี้ หรือ ขด 1 4 3 2 1 4 3 2 เป็นลำดับกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางที่เราต้องให้มอเตอร์หมุนไป วงจรที่นำมากระตุ้นนั้นจะมีราคาค่อนข้างจะถูกกว่าและง่ายกว่าแบบอื่น ๆ ซึ่งสามารถนำมาเขียนออกมาเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์แบบเวฟ

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON			
2		ON		
3			ON	
4				ON
5	ON			
6		ON		

2) แบบ 2 เฟส แบบนี้ก็จะคล้ายกับการกระตุ้นในแบบเวฟแต่จะต่างกันตรงที่แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นขดลวดบนสเตเตอร์ทีละ 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกันและจะเรียงลำดับกันไป ตัวอย่างเช่นการกระตุ้นขดลวดในลักษณะ 12 23 34 41 12 23 34 41 เรียงลำดับกันไปเรื่อย ๆ หรือจะเป็น 14 43 32 21 14 43 32 21 เรียงกันไปเรื่อย ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทาง เช่นเดียวกับแบบเวฟ ถ้าจะมากล่าวถึงข้อดีข้อเสียของแบบ 2 เฟส ข้อดีของการสั่งงานควบคุมเป็นแบบ 2 เฟส คือ การที่เราจะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้ได้แรงบิดของมอเตอร์ได้มากกว่าแบบเวฟ ซึ่งโรเตอร์จะหมุนด้วยแรงดึงจาก ทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นไปพร้อมกัน ส่วนข้อเสียสำหรับขดลวดแบบ 2 เฟสคือ เมื่อเราทำการสั่งการทำงานให้มีการกระตุ้นขดลวดไปที่ละ 2 ชุดไปพร้อมกัน จำเป็นที่จะต้องใช้แหล่งจ่ายไฟเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าด้วย ซึ่งสามารถนำมาเขียนออกมาเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 การสั่งงานควบคุมสเต็ปมอเตอร์แบบ 2 เฟส

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON	ON		
2		ON	ON	
3			ON	ON
4	ON			ON
5	ON	ON		
6		ON	ON	

3) แบบ 2 เฟส แบบนี้ก็จะคล้ายกับการกระตุ้นในแบบเวฟแต่จะต่างกันตรงที่แบบ 2 เฟส จะกระตุ้นขดลวดบนสเตเตอร์ทีละ 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกันและจะเรียงลำดับกันไป ตัวอย่างเช่นการกระตุ้นขดลวดในลักษณะ 12 23 34 41 12 23 34, 41 เรียงลำดับกันไปเรื่อย ๆ หรือจะเป็น 14 43 32 21 14 43 32 21 เรียงกันไปเรื่อย ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางเช่นเดียวกับแบบเวฟ ถ้าจะมากล่าวถึงข้อดีข้อเสียของแบบ 2 เฟส ข้อดีของการสั่งงานควบคุมเป็นแบบ 2 เฟสคือ การที่เราจะเพิ่มจำนวนขดลวดที่ถูกกระตุ้นจะทำให้ได้แรงบิดของมอเตอร์ได้มากกว่า แบบเวฟ ซึ่งโรเตอร์จะหมุนด้วยแรงดึงจาก ทั้ง 2 ขดลวดที่กระตุ้นไปพร้อมกัน ส่วนข้อเสียสำหรับขดลวดแบบ 2 เฟสคือ เมื่อเราทำการสั่งการทำงานให้มีการกระตุ้นขดลวดไปที่ละ 2 ชุดไปพร้อมกันจำเป็นที่จะต้องใช้แหล่งจ่ายไฟเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าด้วย ซึ่งสามารถนำมาเขียนออกมาเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2.3 การสั่งงานควบคุมสเต็ปมอเตอร์แบบครึ่งสเต็ป

Step No.	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	ON			
2	ON	ON		
3		ON		
4		ON	ON	
5			ON	
6			ON	ON
7				ON
8	ON			ON
9	ON			
10	ON	ON		
6			ON	ON
7				ON

2.5 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโปรแกรม LabVIEW

Clark (2005) LabVIEW เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือวัดสำหรับงานทางวิศวกรรม LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่า เป็น โปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงใน

ห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม สิ่งที LabVIEW แตกต่างจากโปรแกรมอื่นอย่างเห็นได้ชัดที่สุดคือ LabVIEW เป็นโปรแกรมประเภท GUI (graphical user interface) โดยสมบูรณ์ นั่นคือเราไม่จำเป็นต้องเขียน code หรือคำสั่งใด ๆ ทั้งสิ้น และที่สำคัญลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้เราเรียกว่า เป็นภาษารูปภาพ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ภาษา G (graphical language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดอย่างที่เราคุ้นเคยกับภาษาพื้นฐาน เช่น C BASIC หรือ FORTRAN ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด ซึ่งแม้ว่าในเบื้องต้นเราอาจจะสับสนกับการจัดเรียงหรือเขียนโปรแกรมบ้าง แต่เมื่อเราคุ้นเคยกับการใช้โปรแกรมนี้แล้ว เราจะพบว่า LabVIEW นี้มีความสะดวก และสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมลงได้มาก โดยเฉพาะในงานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ เพื่อใช้ในการวัดและควบคุม

สำหรับผู้ที่เคยใช้โปรแกรมประเภทที่ใช้ตัวหนังสือหรือที่เรียกว่า Text Base ทั้งหมด คงจะทราบถึงความยุ่งยากในการจัดการกับตำแหน่งการส่งผ่านข้อมูลตามอุปกรณ์เชื่อมต่อ เช่น port หรือ card ต่าง ๆ รวมถึงการจัดวางตำแหน่งในหน่วยความจำเพื่อที่จะสามารถรวบรวมข้อมูลมาใช้ในการคำนวณและเก็บข้อมูลให้ได้ประโยชน์สูงสุด ปัญหาเหล่านี้ได้รับการแก้ไขใน LabVIEW โดยได้มีการบรรจุโปรแกรมจำนวนมาก หรือ libraries ไว้สำหรับจัดการกับปัญหาเหล่านั้น ไม่ว่าจะอุปกรณ์การเชื่อมต่อจะเป็น DAQ (data acquisition) GRIB (general purpose interface bus หรือก่อนหน้านี้อู้จักกันในชื่อ Hewlett Packard Interface Bus HP-IB) พอร์ตอนุกรม หรือ serial port เพื่อใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ที่ส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (serial instrument) รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้อีกด้วยวิธีการต่าง ๆ นอกจากนี้ใน libraries เหล่านี้ยังได้บรรจุฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญอีกหลายประการ เช่น signal generation signal processing filter สถิติ พีชคณิต และคณิตศาสตร์อื่น ๆ ดังนั้น LabVIEW จึงทำให้การวัดและการใช้เครื่องมือวัดกลายเป็นเรื่องง่ายลงไปมาก และทำให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลของเรากลายเป็นเครื่องมือวัดหลายชนิดอยู่ในเครื่องเดียว

2.5.1 Data Flow and G Programming

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า LabVIEW เป็นโปรแกรมที่ใช้รูปภาพ หรือสัญลักษณ์แทนการเขียนด้วยตัวอักษรเหมือนโปรแกรมปกติทั่วไป ซึ่งข้อดีข้อแรกก็คือการลดความผิดพลาดด้านการสะกดผิดหรือพิมพ์ผิดออกไป ข้อแตกต่างอีกประการหนึ่งที่สำคัญของการเขียนโปรแกรมแบบ G กับการเขียนด้วยตัวหนังสือก็คือ การเขียนด้วยภาษา G นี้เป็นการเขียนโดยใช้หลักการของ data flow ซึ่งเมื่อเริ่มส่งข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม เราจะต้องกำหนดทิศทางไหลของข้อมูลว่าจะไปที่ส่วนใด ผ่านการประเมินผลและคำนวณในส่วนใดบ้าง และจะแสดงผลอย่างไร ซึ่งลักษณะการเขียนภาษา G หรือ data flow นี้จะมีลักษณะเหมือนกับการเขียน block diagram ซึ่งทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถให้ความสนใจกับการเคลื่อนที่และเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้โดยไม่ต้องจดจำรูปแบบคำสั่งที่ยุ่งยาก

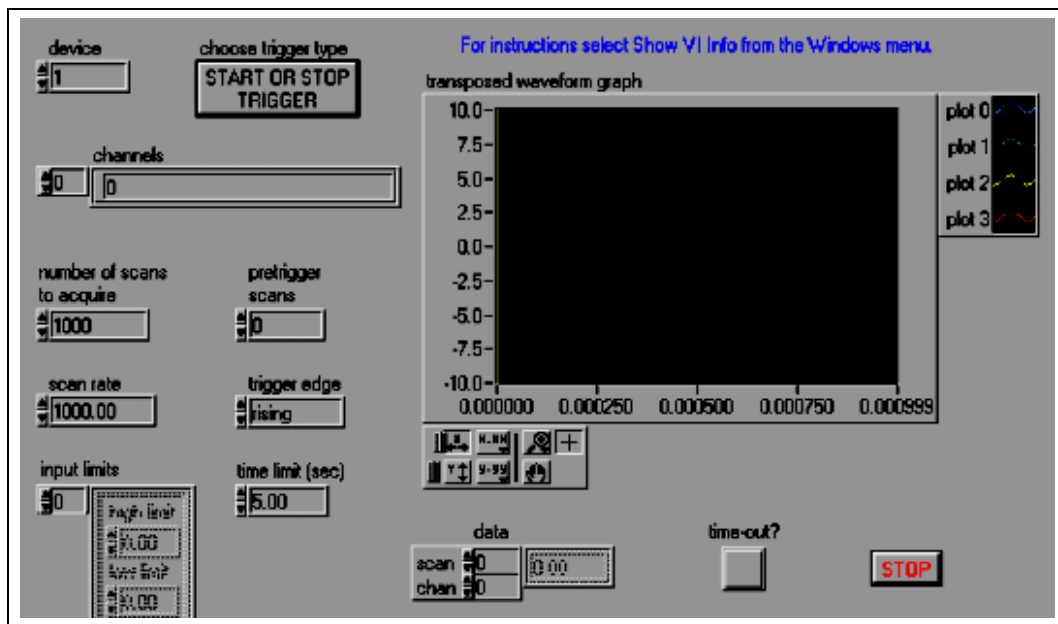
เนื่องจาก LabVIEW ใช้ลักษณะการเขียนแบบ block diagram ซึ่งวิศวกรส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยอยู่แล้ว จึงเป็นการง่ายที่จะทำความเข้าใจและนำไปพัฒนาใช้ต่อไปได้ และถ้าหากเราจำได้ถึงขั้นตอนการเขียนโปรแกรมว่าก่อนที่จะเขียนโปรแกรม เราควรจะต้องเขียน flow chart ให้เสร็จสิ้นก่อนหลังจากตรวจสอบ flow chart เรียบร้อยแล้วเราจึงนำไปเขียนโปรแกรม ดังนั้นเราจะมีความสะดวกมากขึ้น ถ้าหากการเขียน flow chart ของ LabVIEW ก็คือการเขียนโปรแกรมนั่นเอง ซึ่งเป็นการลดขั้นตอนการทำงานลงไปได้อย่างมาก

แม้ว่าการเขียน โปรแกรมใน LabVIEW ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมใด ๆ มาก่อนเลย แต่การมีความรู้ด้านการเขียนโปรแกรมหรือใช้โปรแกรมสำเร็จรูปอื่น ๆ จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี

2.5.2 Function of LabVIEW

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดย LabVIEW เราจะเรียกว่า virtual instrument (VI) เพราะลักษณะที่ปรากฏทางจอภาพเมื่อผู้ใช้งานจะเหมือนกับเครื่องมืออุปกรณ์ทางวิศวกรรม ในขณะที่เดียวกันหลังจากของอุปกรณ์เสมือนจริงเหล่านั้นจะเป็นการทำงานของฟังก์ชัน subroutine และโปรแกรมหลักเหมือนกับภาษาทั่วไป สำหรับ VI หนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญสามส่วนคือ (1) front panel (2) block diagram (3) icon and connector ซึ่งทั้งสามส่วนนี้ประกอบกันขึ้นมาเป็นอุปกรณ์เสมือนจริงลักษณะและหน้าที่ของส่วนประกอบทั้งสามมีดังต่อไปนี้

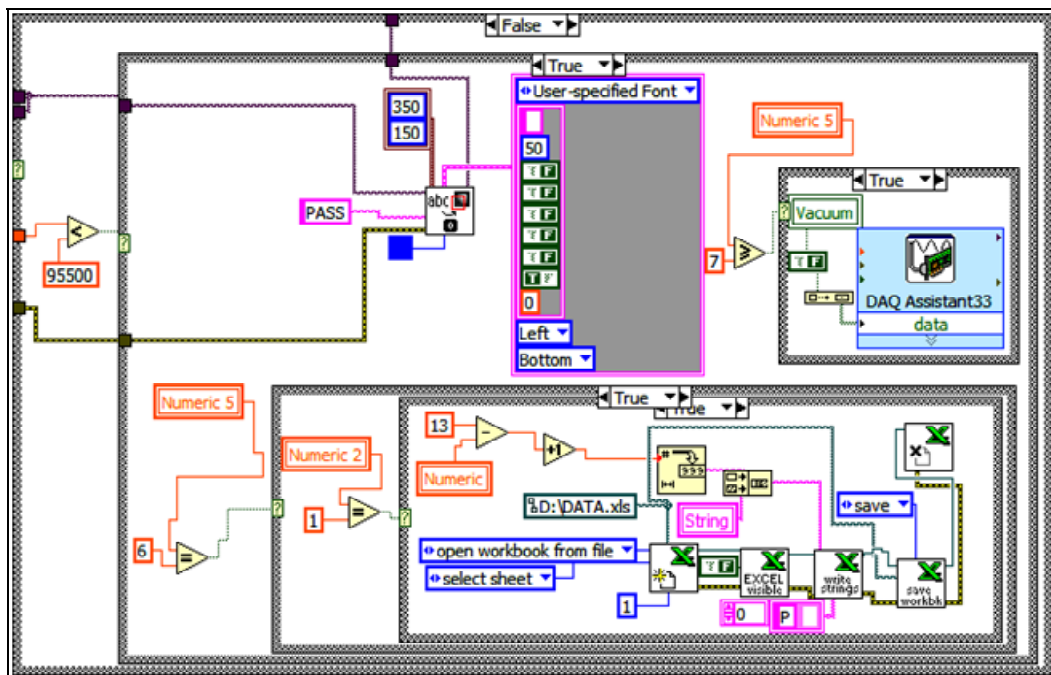
1) Front Panel หรือหน้าปัด จะเป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม (หรือที่นิยมเรียก user interface) โดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัดของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานด้านการวัดทั่ว ๆ ไป โดยทั่วไปจะประกอบด้วยสวิตช์ปิดเปิด ปุ่มบิด ปุ่มกด จอแสดงผลหรือแม้แต่ค่าที่ผู้ใช้กำหนด ดังนั้นสำหรับผู้ที่ยังไม่เคยกับการเขียนโปรแกรมประเภท visual ทั้งหลายคงจะเข้าใจ ถ้าหากบอกว่า front panel นี้จะเปรียบเสมือนเป็น GUI ของโปรแกรม หรือ VI นั่นเอง ลักษณะของ front panel แสดงในรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 ตัวอย่าง front panel

2) block diagram เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้น เราอาจมอง block diagram นี้เป็นเสมือนกับ source code หรือ โปรแกรมของ LabVIEW ซึ่งปรากฏว่าอยู่ในรูปของภาษา G ซึ่ง block diagram นี้ถือว่าเป็น executable program คือ สามารถที่จะทำงานได้ทันที และข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ LabVIEW จะมีการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลาทำให้โปรแกรมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดในโปรแกรมเท่านั้น โดยที่ผู้ใช้สามารถที่จะดูรายละเอียดของความผิดพลาดแสดงให้เห็นได้ตลอดเวลา ทำให้การเขียน โปรแกรมนั้นง่ายขึ้นมาก

ส่วนประกอบภายใน block diagram นั้นจะประกอบไปด้วย ฟังก์ชันของค่าคงที่ โปรแกรมควบคุมการทำงานหรือ โครงสร้าง จากนั้นในแต่ละส่วนเหล่านี้ ซึ่งจะปรากฏในรูปของ block เราจะต้องสาย (wire) สำหรับ block ที่เหมาะสมเข้าด้วยกัน เพื่อกำหนดลักษณะการไหลของข้อมูลระหว่าง block เหล่านั้น ทำให้ข้อมูลได้รับการประมวลผลตามที่ต้องการ และแสดงผลออกมาให้แก่ผู้ใช้ต่อไป



รูปที่ 2.29 ตัวอย่าง front panel

3) icon และ connector เปรียบเสมือนโปรแกรมย่อย subroutine ในโปรแกรมปกติ โดย icon จะหมายถึง block diagram ตัวหนึ่งที่มีการส่งข้อมูลเข้าและออกผ่านทาง connector ซึ่งใน LabVIEW เราจะเรียก subroutine นี้ว่า subVI ชื่อดีของการเขียน โปรแกรมด้วยภาษา G นี้ก็คือเราสามารถสร้าง VI ที่ละส่วนขึ้นมาให้ทำงานด้วยตัวเองได้อย่างอิสระ จากนั้นในภายหลังหากเราต้องการ เราก็สามารถเขียนโปรแกรมอื่นขึ้นมาเพื่อเรียกใช้งาน VI ที่เราเคยสร้างขึ้นก่อนหน้านี้ที่ละตัว ซึ่งทำให้ VI ที่เราเขียนขึ้นก่อนกลายเป็น subVI ไป การเขียนลักษณะนี้เราเรียกว่าเขียนเป็น module

2.6 DAQ Board (Data Acquisition Board)

โดยปกติแล้ว DAQ board เป็นอุปกรณ์พิเศษ คือ ไม่ได้เป็นมาตรฐานที่ติดตั้งมากับคอมพิวเตอร์ สำหรับบอร์ดประเภทนี้จะมีผู้ผลิตหลายบริษัท ซึ่งลักษณะการทำงานก็อาจจะแตกต่างกันบ้างตามแต่ผู้ผลิตแต่ละแห่งออกแบบมา ข้อที่สำคัญที่เราต้องเข้าใจเบื้องต้นนี้ก็คือ ไม่ใช่ DAQ Board ทุกแบบจะเหมาะสมกับการทำงานร่วมกับ LabVIEW ทั้งหมด

สำหรับ DAQ board ที่ผลิตโดยผู้ผลิตไม่ใช่ว่าจะไม่สามารถทำงานร่วมกับ LabVIEW ได้ แต่ว่าการที่ DAQ board ที่ผลิตโดยผู้ผลิตรายอื่นนั้นจะสามารถทำงานร่วมกับ LabVIEW ได้ก็ต่อเมื่อมี driver ของอุปกรณ์นั้น เพื่อให้ใช้งานร่วมกับ LabVIEW ได้เท่านั้น ดังนั้นหากว่าทางบริษัทผู้ผลิต

DAQ board นั้นไม่มี driver ที่ใช้งานร่วมกับ LabVIEW มาให้ เราอาจจำเป็นต้องเขียน Driver ขึ้นมาเอง ซึ่งวิธีนี้ค่อนข้างจะยุ่งยากและเสียเวลามาก

การเลือก DAQ board ที่เหมาะสมถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญมากประการหนึ่ง เพราะราคาเครื่องมือนี้จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากหากเรากำหนดข้อกำหนดแตกต่างกันออกไป เช่น อัตราการเรียกสุ่มตัวอย่าง (sampling Rate) จำนวนช่องรับ-ส่งสัญญาณ (I/O channel) หรืออื่น ๆ โดยปกติราคาของ DAQ Board ที่ผลิตโดยบริษัท national instrument จะมีราคาอยู่ระหว่าง \$700-\$2000 ขึ้นอยู่กับความต้องการ

หน้าที่ของ DAQ Board นี้จะทำหน้าที่ติดต่อโดยตรงกับ transducer ซึ่งอาจจะผ่านอุปกรณ์ signal conditioner หรือไม่ก็ได้ตามความจำเป็นนอกจากนั้นแล้วเราไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์อื่นเข้ามาร่วมในการสร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริง ซึ่งจุดนี้เป็นจุดได้เปรียบของ DAQ Board นั่นคือแม้ว่าจะมีราคาแพง แต่สามารถจะทดแทนการซื้อเครื่องมือวัดอื่น ๆ ได้มากมาย ในที่นี้เลือกใช้ DAQ รุ่น PCI-MIO-16E-4 ซึ่งมีจำนวน I/O เพียงพอในการใช้ควบคุมระบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.30

AI 8	34	68	AI 0
AI 1	33	67	AI GND
AI GND	32	66	AI 9
AI 10	31	65	AI 2
AI 3	30	64	AI GND
AI GND	29	63	AI 11
AI 4	28	62	AI SENSE
AI GND	27	61	AI 12
AI 13	26	60	AI 5
AI 6	25	59	AI GND
AI GND	24	58	AI 14
AI 15	23	57	AI 7
AO 0	22	56	AI GND
AO 1	21	55	A0 GND
AO EXT REF	20	54	A0 GND
PO.4	19	53	D GND
D GND	18	52	P0.0
PO.1	17	51	P0.5
PO.6	16	50	D GND
D GND	15	49	P0.2
+5 V	14	48	P0.7
D GND	13	47	P0.3
D GND	12	46	AI HOLD COMP
PFI 0/AI START TRING	11	45	EXT STROBE
PFI 1/AI REF TRIG	10	44	D GND
D GND	9	43	PFI 2/AI CONV CLK
+5 V	8	42	PFI 3/CTR 1 SRC
D GND	7	41	PFI 4/CTR 1 GATE
PFI 5/AO SAMP CLK	6	40	CTR 1 OUT
PFI 6/AO START TRIG	5	39	D GND
D GND	4	38	PFI 7/AI SAMP CLK
PFI 9/CTR 0 GATE	3	37	PFI 8/CTR 0 SRC
CTR 0 OUT	2	36	D GND
FREQ OUT	1	35	D GND

รูปที่ 2.30 connector pin out ของ DAQ รุ่น PCI-MIO-16E-4

2.7 ปรัชญ่วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

กิตติพงษ์ เงินถาวร และคณะ (2549) ได้ศึกษาและทดลองการตรวจสอบวัตถุ โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อตรวจจับความผิดปกติของวัตถุ โดยอาศัยการประมวลผลภาพของวัตถุต้นแบบ และวัตถุทดสอบมาใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของวัตถุ ระบบตรวจสอบวัตถุด้วยการประมวลผลภาพประกอบด้วยกระบวนการ 3 กระบวนการ ส่วนที่หนึ่งคือการออกแบบกระบวนการในการหาความผิดปกติของวัตถุ ส่วนที่สองคือการจำลองการประมวลผลภาพ การปรับปรุงภาพ และตรวจสอบความผิดปกติของภาพพร้อมแสดงผลภาพ ส่วนที่สามคือการพัฒนาชุดอุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณดิจิทัลให้สามารถประมวลผลภาพได้ จากผลการทดลองที่ได้ ชุดอุปกรณ์ประมวลผลสามารถตรวจจับความผิดปกติของภาพ ทดสอบเมื่อเทียบกับภาพต้นแบบ ระบบตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพนี้สามารถนำไปใช้แทนการตรวจสอบวัตถุด้วยสายตาของมนุษย์ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม

ตติยะ ธรรมเจริญ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาระบบตรวจสอบวัตถุด้วยภาพโดยคำนึงถึงส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำการตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพของชิ้นงานขั้นสุดท้ายก่อนที่จะส่งไปยังลูกค้า ระบบการตรวจสอบที่ดีนั้นช่วยในการควบคุมคุณภาพ ความถูกต้อง ความแม่นยำ และประสิทธิผล ก่อนหน้านี้ การตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้คนในการตรวจสอบนั้น ซึ่งวิธีนี้เราพบปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ตัวอย่างเช่นทักษะในการทำงานของคนแต่ละคนไม่มีความเท่าเทียมกัน ความถูกต้องแม่นยำของชิ้นงานจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการทำงานในการตัดสินใจและแยกชิ้นงาน ซึ่งไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนในการตรวจสอบชิ้นงานที่ผ่านมา ไม่เหมาะสมกับช่วงเวลาในการผลิตชิ้นงาน เพราะคนต้องมีการพักผ่อน มีการหยุดงาน ทำให้งานล่าช้าและชิ้นงานผิดพลาด หรือคุณภาพต่ำ อาจทำให้บริษัทถูกเรียกร้องได้ การแก้ไขปัญหานี้ซึ่งใช้คนในการตรวจสอบชิ้นงานนี้ สามารถแก้ไขได้ด้วยภาพจับวัตถุ โดยกระบวนการนี้เรียกว่า “ระบบตรวจสอบสกรูบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ด้วยการประมวลผลภาพ” ระบบนี้สามารถตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานที่ดีในส่วนการประกอบขั้นสุดท้าย โดยที่มีชิ้นที่ผิดพลาดและเสียน้อยมาก เมื่อออกไปสู่ลูกค้า

กนิษฐา หงส์พรคนุญ และคณะ (2551) ได้ศึกษาและทดลองการตรวจสอบสกรูที่ฝาปิดด้านบนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งจากการทดลองนี้จะช่วยลดปัญหาความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้จากการตรวจสอบด้วยสายตาของมนุษย์ โดยอาศัยการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้กับโครงการ โดยนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาตรวจสอบและเปรียบเทียบเพื่อหาข้อแตกต่างระหว่างภาพของวัตถุกับภาพต้นแบบระบบตรวจสอบความบกพร่องของชิ้นงานแบบอัตโนมัติโดยวิธีประมวลผลภาพประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ส่วนที่หนึ่งคือการออกแบบกระบวนการการทำงานในส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ ส่วนที่สองคือการทดลองในส่วนการประมวลผลภาพและตรวจสอบระยะการลอยของสกรู

บนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟพร้อมแสดงผลลัพธ์ และส่วนที่สามคือกระบวนการทำงานในส่วนของการติดต่อกับฐานข้อมูล จากผลการทดลองที่ได้โปรแกรมสามารถตรวจสอบการลดยของสกรูบนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟพร้อมแสดงผลลัพธ์และยังสามารถติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อทำการเก็บค่าของผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบ

จักรกริช ศรีงามผ่อง และคณะ (2552) ได้นำเสนอวิธีการตรวจหารอยบกร่องหรือรอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นบนแผ่นข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ ในระหว่างขั้นตอนการทดสอบหัวอ่าน ซึ่งรอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นนี้อาจจะทำให้หัวอ่านเสียหายได้ โดยภาพแผ่นข้อมูลจะผ่านการประมวลผลภาพเบื้องต้นเพื่อให้ได้ภาพไบนารีของรอยบกร่องต่าง ๆ จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์เพื่อแยกแยะต่อไปโดยเริ่มจากการทำเลือกค่าขีดแบ่ง (thresholding) เริ่มต้นด้วยข้อมูลทางสถิติจากฮิสโทแกรมของภาพ และใช้วิธี region growing เพื่อให้ได้รอยที่ต่อเนื่องกัน จากนั้นจึงทำการกรองภาพด้วยหน้ากากซึ่งออกแบบมาให้กำจัดสัญญาณรบกวนและภาพที่ไม่ต้องการทิ้งไป โดยสร้างพื้นที่โดยรอบรอยเหล่านี้เพื่อพิจารณาความน่าจะเป็นและตัดสินใจในขั้นสุดท้าย ผลการทดลองในแต่ละขั้นตอนให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

Mark, et al. (2006) ได้ทำการศึกษาวิจัยการเปรียบเทียบการใช้งานระหว่าง LabVIEW ซึ่งเป็นภาษาโปรแกรมแบบรูปภาพกับ โปรแกรมแมทแลปซึ่งเป็นภาษาโปรแกรมแบบเชิงโครงสร้าง ในการสอนวิชาการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (digital signal processing: DSP) การศึกษานี้ได้ใช้ภาษาโปรแกรมทั้งสองรูปแบบนี้สอนในชั้นเรียนที่มีนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ โดยให้นักศึกษาทำโครงการเล็ก ๆ เป็นการบ้านโดยใช้โปรแกรมแมทแลปก่อน หลังจากนั้นทั้งสองท่านได้ให้นักศึกษากลุ่มเดิมทำโครงการนี้ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง แต่ให้ทำใหม่โดยใช้โปรแกรมแลปวิว และยังคงทดลองในทำนองเดียวกันนี้กับนักศึกษาอีกหลายกลุ่มทุกภาคเรียน การศึกษาและนำผลคะแนนที่ได้จากการทำโครงการมาวิเคราะห์ผล และได้ผลการวิจัยดังกล่าวโดยสรุปผลได้ว่า ผลคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาที่ใช้โปรแกรมแลปวิวทำโครงการจะสูงกว่านักศึกษาที่ใช้โปรแกรมแมทแลป

บทที่ 3

แนวคิดและการออกแบบ

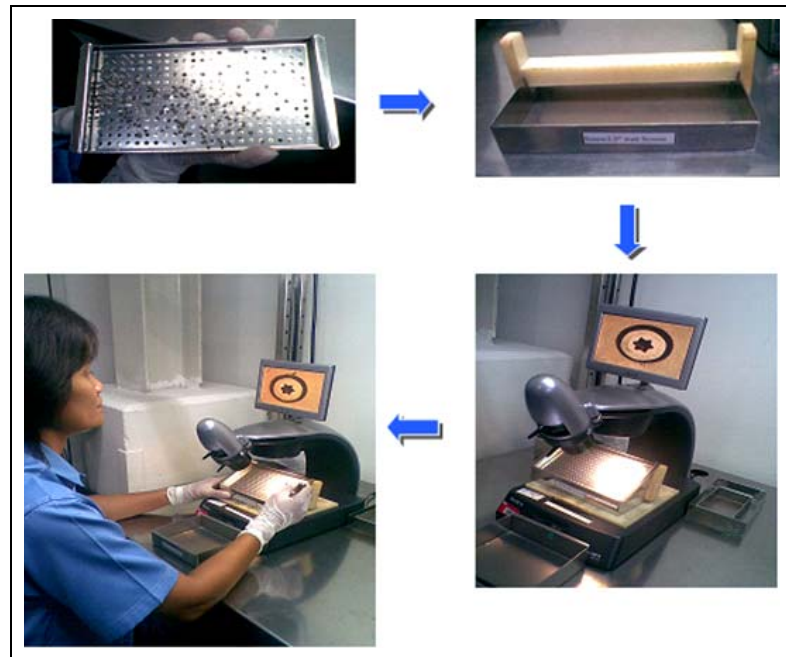
3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดในการนำหลักการและทฤษฎีการประมวลผลภาพที่ได้กล่าวมาในบทที่แล้วมาประยุกต์ในการออกแบบระบบตรวจสอบและคัดแยกความเสียหายของหัวสกรูแบบอัตโนมัติโดยจะอธิบายถึงรายละเอียดและขั้นตอนในแต่ละขั้นตอนที่ทำการออกแบบไว้ รวมถึงแนวทางในการนำไปสร้างเครื่องต้นแบบ ซึ่งจะสามารถแบ่งเป็นสองส่วนหลัก ๆ ด้วยกันคือ *ส่วนที่ 1* จะเป็นส่วนการตรวจสอบหัวสกรูที่สามารถนำกลับมาใช้งานได้และไม่สามารถใช้งานได้ออกจากกัน โดยระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ และ *ส่วนที่ 2* จะเป็นการคัดแยกหัวสกรูที่ใช้งานได้และไม่ได้ออกจากกันด้วยระบบกลไกการเคลื่อนที่ต่าง ๆ

3.2 แนวคิดในการออกแบบ

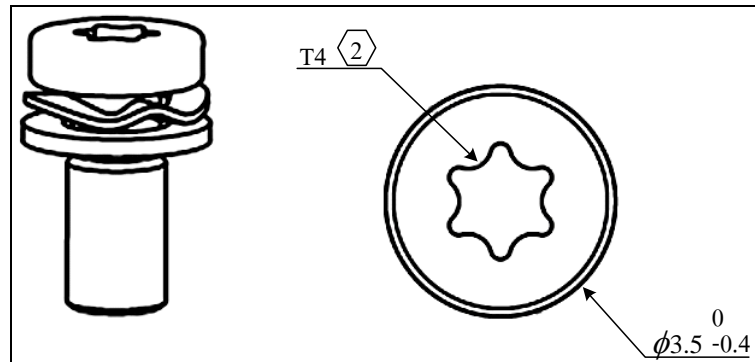
3.2.1 ข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบ

เริ่มต้นจะการศึกษาลักษณะการทำงานภายในกระบวนการตรวจสอบสกรูว่าสามารถนำสกรูดังกล่าวกลับมาใช้งานได้หรือไม่สามารถใช้งานต่อไปได้ โดยวิธีการที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันนั้นเป็นการใช้การตรวจสอบและการตัดสินใจโดยมนุษย์ หรือพนักงานนั่นเอง โดยที่กระบวนการเริ่มจากการที่พนักงานนำสกรูมาจัดเรียงใส่ในถาด สำหรับทำการตรวจสอบจนครบทั้งถาด ซึ่งมีจำนวนทั้งหมดประมาณ 290 ตัว จากนั้นก็จะเริ่มทำการตรวจสอบสกรูทั้งหมดที่อยู่ในถาดในถาดสำหรับการตรวจสอบโดยใช้กล้องกำลังขยายส่องดูเพื่อทำการตรวจสอบและตัดสินใจว่าสกรูที่ตรวจสอบอยู่นั้นมีลักษณะสมบูรณ์ที่จะสามารถนำกลับมาใช้งานได้ หรือเป็นสกรูที่มีความเสียหายไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้ หลังจากที่พนักงานทำการตัดสินใจได้แล้ว ต่อไปก็จะเป็นการคัดแยกสกรูที่มีลักษณะไม่เหมาะสมออกจากถาด โดยใช้วิธีคีบจับออกไป และจะทำกระบวนการนี้ซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะตรวจสอบสกรูครบทั้งถาด สกรูทั้งหมดที่เหลืออยู่ในถาดสำหรับตรวจสอบก็จะเป็นสกรูที่สามารถนำกลับมาใช้งานได้ทั้งหมด ก็จะทำการจัดเก็บเพื่อใช้สำหรับกระบวนการผลิตต่อไป ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าเป็นอย่างมากสำหรับพนักงาน รวมถึงเกิดความผิดพลาดสำหรับการตรวจสอบสกรูของพนักงานอีกด้วย ซึ่งกระบวนการตรวจสอบและคัดแยกสกรูที่ใช้ในกระบวนการผลิต ณ ปัจจุบันจะแสดงไว้ในรูปที่ 3.1

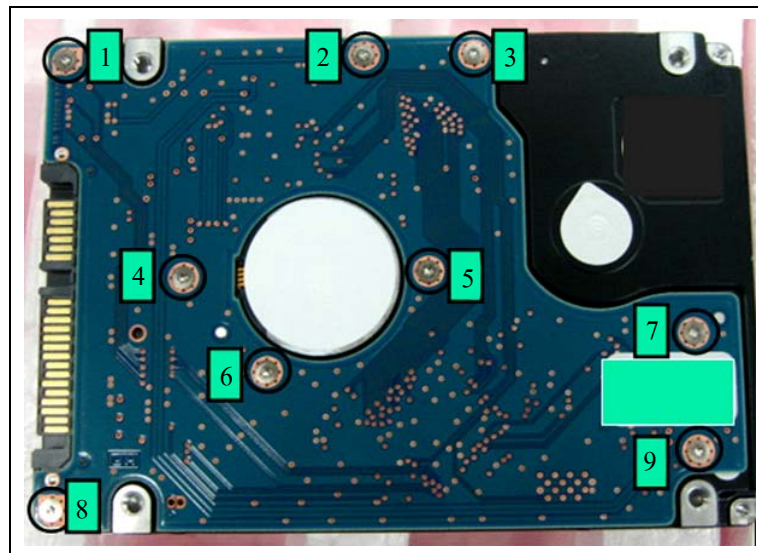


รูปที่ 3.1 กระบวนการตรวจสอบและคัดแยกสกรูที่ใช้อยู่ ณ ปัจจุบัน

หลังจากทำการศึกษาลักษณะการทำงานภายในกระบวนการตรวจสอบสกรูที่ได้ มนุษย์ในการตรวจสอบและตัดสินใจแล้ว จากนั้นก็จะเป็นการออกแบบเครื่องมือต้นแบบสำหรับการ ตรวจสอบและคัดแยกสกรู โดยที่วิธีการที่จะใช้สำหรับควบคุมการทำงานของกระบวนการ ดังกล่าว นั้นจะอ้างอิงกับวิธีที่ใช่มนุษย์ในการตรวจสอบและคัดแยก แต่เครื่องต้นแบบสำหรับการ ตรวจสอบความเสียหายและคัดแยกสกรูแบบกึ่งอัตโนมัตินี้จะใช้อุปกรณ์ทางไฟฟ้าและกลไก รวมถึงการสั่งการด้วยโปรแกรมควบคุมเข้ามาแทนที่การทำงานของมนุษย์เพื่อความแม่นยำในการ ตรวจสอบและคัดแยกสกรู รวมถึงลดจำนวนพนักงานในส่วนการทำงานนี้ลงด้วยเนื่องจากใน กระบวนการผลิตสกรูที่ได้นั้นมีขนาดของสกรูที่แตกต่างกันออกไปหลายรุ่น หลายขนาด ซึ่งสกรูที่นำมาใช้งานสำหรับประกอบสกรูที่ได้นั้นจะมีหลายขนาดตามไปด้วย เพื่อเป็นจำลองระบบการทำงานและเป็นการง่ายสำหรับการออกแบบการทำงานของเครื่องมือ ต้นแบบในการตรวจสอบและคัดแยกสกรูนั้น สกรูที่นำมาวิเคราะห์จะเป็นสกรูที่มีขนาดและ ลักษณะเดียวกันทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 สกรูที่ใช้สำหรับกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์



รูปที่ 3.3 ตำแหน่งและจำนวนของสกรูในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว

ส่วนของการคัดแยกลักษณะหัวสกรู เพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าสกรูดังกล่าวสมบูรณ์หรือไม่นั้นจะสามารถจำแนกประเภทลักษณะของหัวสกรูได้เป็น 2 ประเภทคือ ประเภทที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้ ดังจะแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีลักษณะที่ผิดปกติโดยพื้นที่ของหัวสกรู โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นช่องที่ไว้สำหรับขันด้วยชุดตัวขันสกรูจะบานออกไปจากเดิมมาก โดยสาเหตุอาจเกิดจากพนักงานให้แรงบิดมากเกินไปหรืออาจจะเกิดจากผู้ขันสกรูขันย่ำซ้ำกันไปมาหลายรอบและผู้ขันอาจขันสกรูไม่ตรงรูก็เป็นได้ ส่วนอีกประเภทก็คือ ลักษณะของหัวสกรูนั้นสามารถนำกลับมาใช้งานได้ โดยช่องที่ไว้สำหรับขันด้วยชุดตัวขันสกรูไม่เสียรูปไปจากเดิมมากนัก ซึ่งจะสามารถรองรับแรงบิดจากชุดตัวขันสกรูได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ลักษณะของสกรูที่ไม่สามารถนำกลับไปใช้งานได้ (reject)

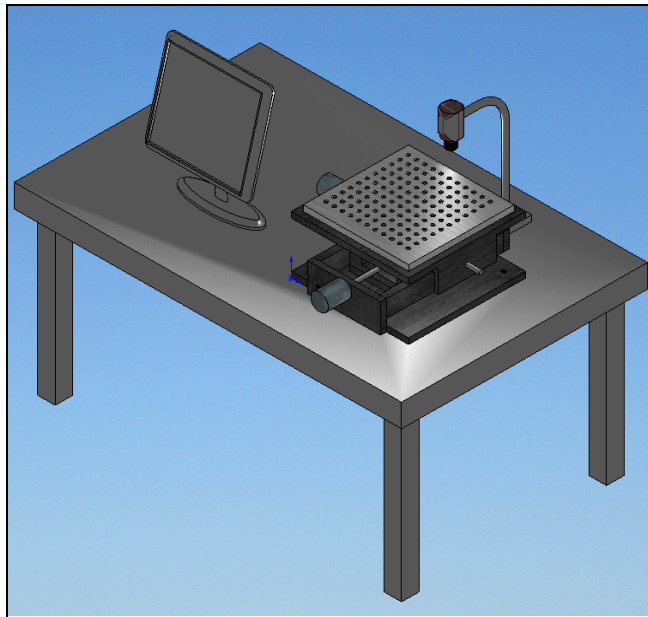


รูปที่ 3.5 ลักษณะของสกรูที่สามารถนำกลับไปใช้งานได้ (accept)

3.2.2 ระบบจำลองอุปกรณ์ของเครื่องมือการตรวจสอบสกรู

แบบจำลองของเครื่องมือการตรวจสอบสกรูนี้ได้จำลองอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ประกอบกันรวมเป็นเครื่องมือสำหรับการตรวจสอบสกรู ซึ่งในระบบประกอบด้วยอุปกรณ์ในส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1) กล้องดิจิทัล (digital microscope)
- 2) XY-table
- 3) สเต็ปมอเตอร์ พร้อมกับตัวขับเคลื่อนมอเตอร์ (driver)
- 4) ถาดสำหรับบรรจุสกรู (tray)
- 5) คอมพิวเตอร์ (personal computer)
- 6) DAQ card for LabVIEW program
- 7) แหล่งจ่ายไฟ (power supply)



รูปที่ 3.6 แบบจำลองของเครื่องมือตรวจสอบสกรู

ในการสร้างเครื่องมือต้นแบบสำหรับการตรวจสอบสกรูเริ่มต้นจะทำการวิเคราะห์รูปสกรูที่มีเงื่อนไขสำหรับการคัดแยกกระหว่างสกรูที่สามารถนำกลับมาใช้งานได้และไม่ได้ โดยที่ใช้โปรแกรม national instruments LabVIEW และ vision assistant เป็นเครื่องมือสำหรับการปรับปรุงรูปภาพให้มีลักษณะตามที่ต้องการ รวมถึงการวิเคราะห์อื่น ๆ ด้วย จากการพิจารณารูปภาพของสกรูในลักษณะต่าง ๆ จะเห็นว่าเงื่อนไขในการคัดแยกกระหว่างสกรูที่สามารถนำกลับมาใช้งานได้และไม่ได้ นั้น มีเงื่อนไขเป็นจำนวนมากจึงจำเป็นที่จะต้องทำการหาวิธีที่สำหรับการแยกเงื่อนไขนั้น ๆ ออกจากกัน วิธีที่เลือกใช้ดังกล่าวคือวิธีการศึกษาหาจำนวนของพื้นที่ของสกรูเฉพาะในส่วนที่เป็นช่องที่ไว้สำหรับขัน (head slot) ด้วยชุดตัวขันสกรูเท่านั้น ด้วยเหตุนี้เพราะความเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะเกิดขึ้นในส่วนบริเวณนี้ ซึ่งสำหรับรายละเอียดในส่วนอื่น ๆ ที่อยู่นอกเหนือบริเวณนี้จะถูกทำการตัดออกไปจากการพิจารณาโดยวิธีการปรับแต่งรูปภาพ เมื่อถึงจุดนี้สิ่งที่ได้สำหรับรูปภาพก็คือภาพของช่องที่ไว้สำหรับขันด้วยชุดตัวขันสกรูเท่านั้นและสามารถทำการหาค่าพื้นที่ได้จากภาพดังกล่าวนี้



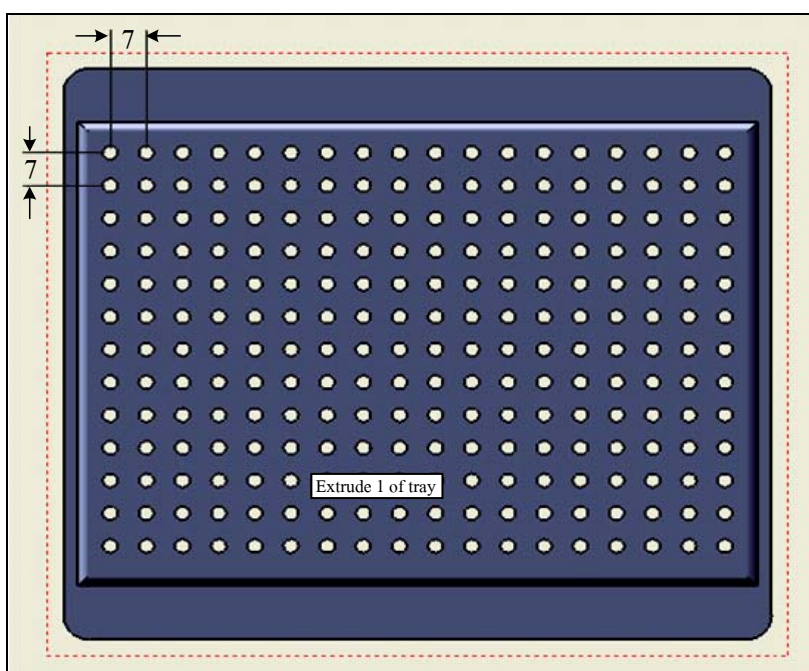
รูปที่ 3.7 ภาพสกรูก่อนและหลังปรับปรุงรูปให้เหมาะกับการใช้งาน

เมื่อทำการวิเคราะห์รูปภาพที่ได้ตามเงื่อนไขดังกล่าวแล้วขั้นตอนต่อไปจะเป็นขั้นตอนสำหรับการควบคุมการทำงานของชุด XY-table ซึ่งสั่งงานผ่านสเต็ปมอเตอร์ (step motor) อีกทีหนึ่ง เนื่องจากการควบคุมการเคลื่อนที่ของชุด XY-table หรือตำแหน่งองศาของสเต็ปมอเตอร์ จะเป็นการควบคุมตำแหน่งโดยวิธีการแบบเปิด (open loop position control) หรือไม่มีการป้อนค่าพารามิเตอร์กลับเข้ามาสู่ระบบ ซึ่งมีความแม่นยำสูงสำหรับสเต็ปมอเตอร์ โดยที่สามารถออกแบบการควบคุมการเคลื่อนที่ของชุด XY-table หรือตำแหน่งองศาของสเต็ปมอเตอร์ได้จากการคำนวณค่าสัญญาณพัลส์ (pulse signal) ที่จ่ายให้กับสเต็ปมอเตอร์ สำหรับตัวขับ (driver) ของสเต็ปมอเตอร์ที่เลือกใช้นั้นจะทำการตั้งค่าให้มีการรับค่าสัญญาณพัลส์เป็น 800 พัลส์ต่อการหมุนของสเต็ปมอเตอร์หนึ่งรอบ (360 องศา) สำหรับความเร็วในการหมุนสามารถทำได้โดยการปรับค่าความถี่ในการจ่ายสัญญาณพัลส์ให้กับสเต็ปมอเตอร์ จากการที่สเต็ปมอเตอร์หมุนครบ 360 องศาจะส่งผลต่อไปยังชุด XY-table ทำให้เคลื่อนที่ได้ระยะทางประมาณ 2.5 มิลลิเมตร เนื่องจากถาดสำหรับบรรจุสกรูนั้นมีระยะห่างระหว่างจุดกึ่งกลางสกรูถึงจุดกึ่งกลางของสกรูอีกตัวหนึ่งทั้งในแนวตั้งและแนวนอนมีระยะทางเท่ากับ 7 มิลลิเมตร จึงสามารถคำนวณค่าการจ่ายสัญญาณพัลส์ให้กับสเต็ปมอเตอร์ได้ดังสมการที่ 3.1

$$\frac{(\text{สัญญาณพัลส์ต่อการหมุน 1 รอบ}) \times (\text{ระยะทางที่ต้องการ mm.})}{\text{ระยะทางของ XY-Table ใน 1 รอบ mm.}} \quad (3.1)$$

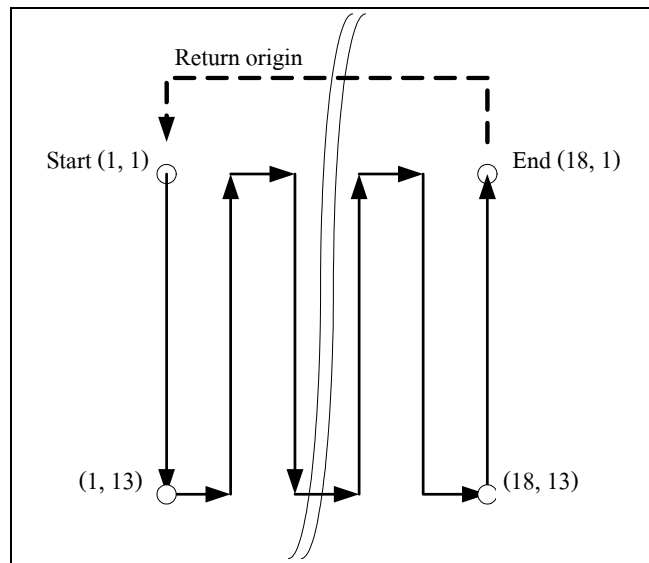
เมื่อกำหนดให้สัญญาณพัลส์ต่อการหมุน 1 รอบเท่ากับ 800 โดยมีระยะทางที่ต้องการ 7 มิลลิเมตร และระยะทางของ XY-table เท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้สัญญาณพัลส์ที่ต้องการเท่ากับ 2240 พัลส์

จากการคำนวณที่ได้จะทำให้เราสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของ XY-table ได้ตรงตำแหน่งกึ่งกลางที่สกรูถูกวางอยู่ภายในถาดบรรจุสกรูทั้งหมด 13×18 ตัว ทั้งนี้การวางตัวระหว่างกึ่งกลางกับสกรูในตำแหน่งแรกนั้นมีความสำคัญมากจำเป็นที่จะต้องทำการติดตั้งให้ตรงตำแหน่งกึ่งกลางสกรูที่สุดเท่าที่จะทำได้ เนื่องด้วยกระบวนการการทำงานเป็นแบบต่อเนื่องตลอดทั้งกระบวนการ ถ้าตำแหน่งเริ่มต้นมีการวางตัวที่ผิดพลาดจะส่งผลให้ตำแหน่งอื่น ๆ วางตัวผิดพลาดตามไปด้วย รวมทั้งกระบวนการนี้ยังมีการนำกล้องมาใช้งานนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ระยะโฟกัสของกล้องจะต้องตรงกับจุดที่สนใจ เพื่อจะได้ไม่เกิดความผิดพลาดขึ้นในการวิเคราะห์รูปภาพ



รูปที่ 3.8 ถาดบรรจุสกรู (tray)

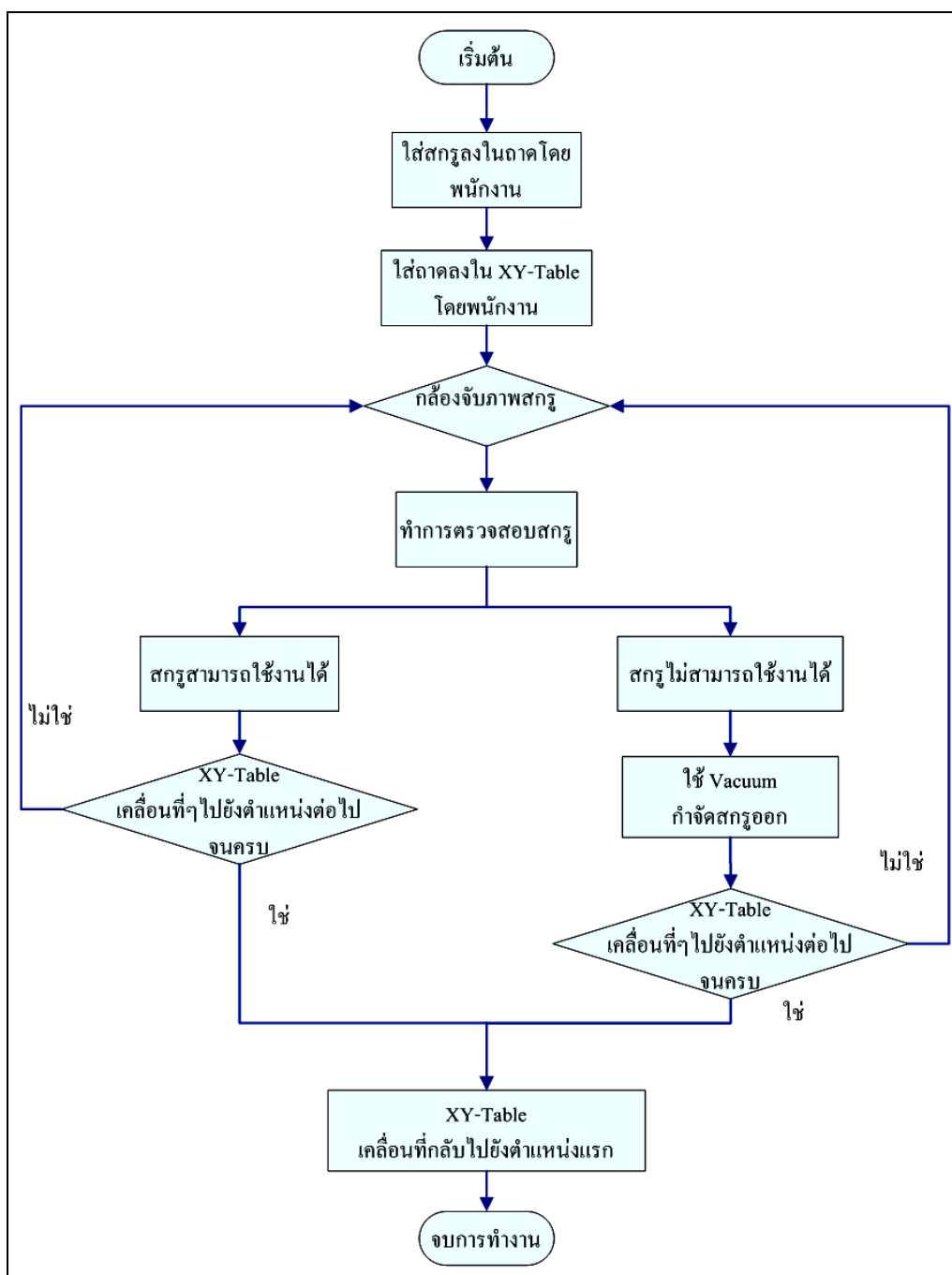
ลำดับการเคลื่อนที่ของชุด XY-table นั้นจะเป็นแบบต่อเนื่องตั้งแต่จุดเริ่มต้นในที่นี้กำหนดเป็น (1, 1) และจะเคลื่อนที่ลงจนถึงตำแหน่งสุดท้ายที่กำหนดไว้ (1, 13) จะทำการเคลื่อนที่สลับขึ้นและลงสำหรับหลักที่อยู่ติดกันและทำจนครบจนถึงตำแหน่งที่ (18, 1) โดยการเคลื่อนที่ทั้งหมดจะเป็นไปตามการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ทั้งในแกน X และแกน Y โดยมีรูปแบบการเคลื่อนที่ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.9 ลำดับการเคลื่อนที่ของชุด XY-table

3.3 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

ไดอะแกรมในรูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างของระบบตรวจสอบและคัดแยกความเสียหายของหัวสกรูแบบอัตโนมัติ ที่ออกแบบขึ้นโดยอาศัยแนวความคิดในการออกแบบจากหัวข้อที่ 3.1 มาประยุกต์ใช้ในการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.10 flow chart การทำงานของระบบตรวจสอบสกรู

3.4 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในแบบจำลอง

3.4.1 ระบบจำลองอุปกรณ์ของเครื่องมือการตรวจสอบสกรู

ทำหน้าที่เป็นดวงตาสำหรับรับภาพและเพิ่มกำลังขยายให้กับภาพสกรูที่เราต้องการตรวจสอบให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อใช้ในการตรวจสอบและวิเคราะห์หัวสกรูในลักษณะต่าง ๆ กล้องที่ใช้เป็นกล้องยี่ห้อ dino-lite digital microscope มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 1) resolution 640 × 480 pixels (VGA)
- 2) frame rate up to 30 fps
- 3) power of magnification 10X-200X
- 4) built in LED lighting
- 5) interface USB1.1

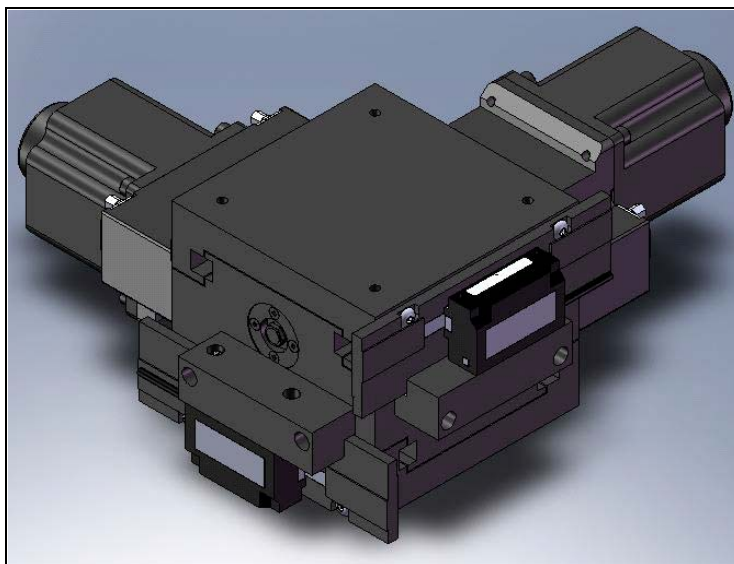


รูปที่ 3.11 กล้อง digital microscope ที่ใช้ในเครื่องมือตรวจสอบสกรู

3.4.2 XY-table

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และ Y เพื่อเลื่อนตำแหน่งถาดบรรจุสกรูให้เปลี่ยนไปตามเงื่อนไขที่ต้องการได้ XY-table ที่เลือกใช้งานจำเป็นที่จะต้องมีขอบเขตยาวพอสมควรเพื่อรองรับถาดบรรจุสกรู ให้สามารถจับภาพผ่านกล้องได้ครบทุกตัว XY-table ที่เราใช้นี้มีความยาวมากกว่า 15 เซนติเมตร ทั้งแกน X และแกน Y การขับเคลื่อนชุด XY-table นี้มีอยู่หลาย

แบบด้วยกัน เช่น การเคลื่อนที่โดยการใช้มือหมุน การเคลื่อนที่โดยการสั่งงานผ่านเซอร์โวมอเตอร์ หรือการเคลื่อนที่โดยการสั่งงานผ่านสเต็ปมอเตอร์ การเลือกใช้งานก็จะขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการนั่นเอง



รูปที่ 3.12 XY-table ที่ใช้ในเครื่องมือตรวจสอบสกรู

3.4.3 สเต็ปมอเตอร์พร้อมกับตัวขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์

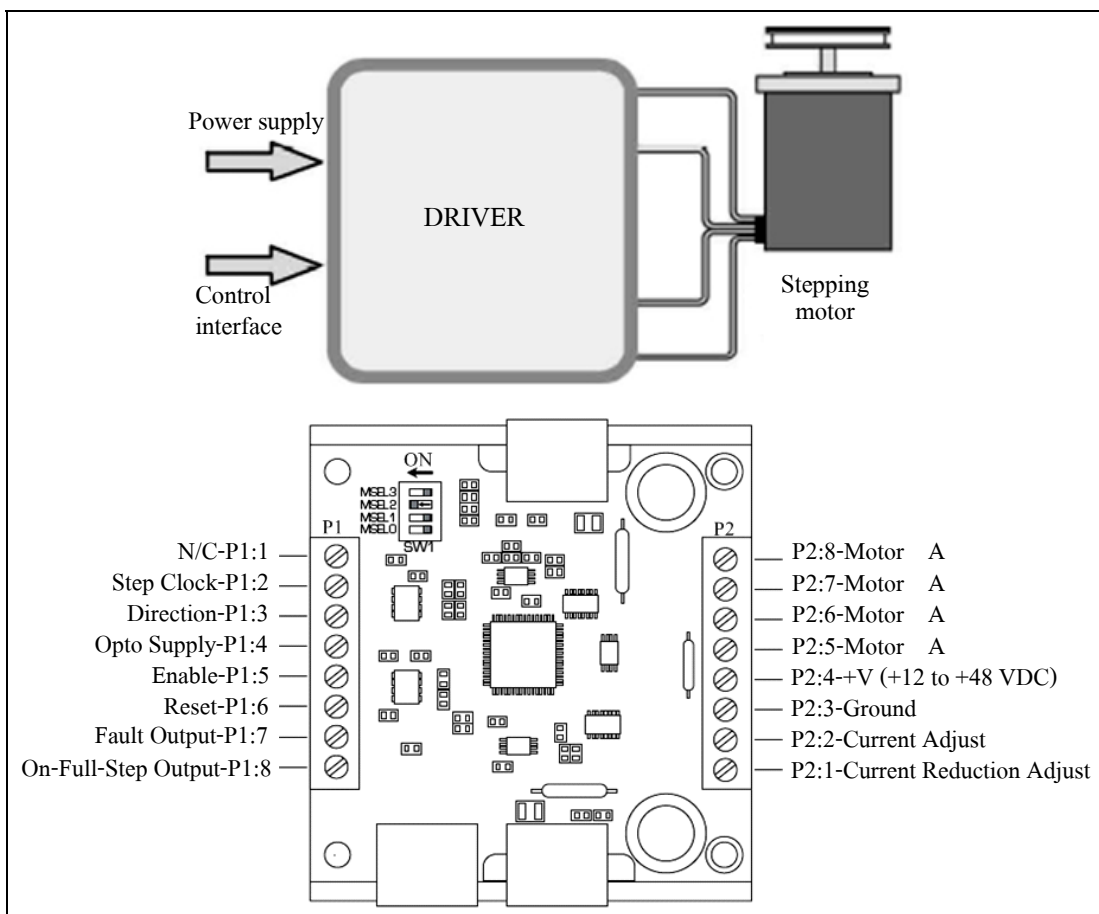
สเต็ปมอเตอร์ที่รับคำสั่งการทำงานจากชุดควบคุม ใช้สำหรับการเคลื่อนที่ของ XY-table ไปทีละขั้นในที่นี้คือ XY-table เคลื่อนที่ไปทีละ 7 มิลลิเมตร ทั้งแกน X และแกน Y



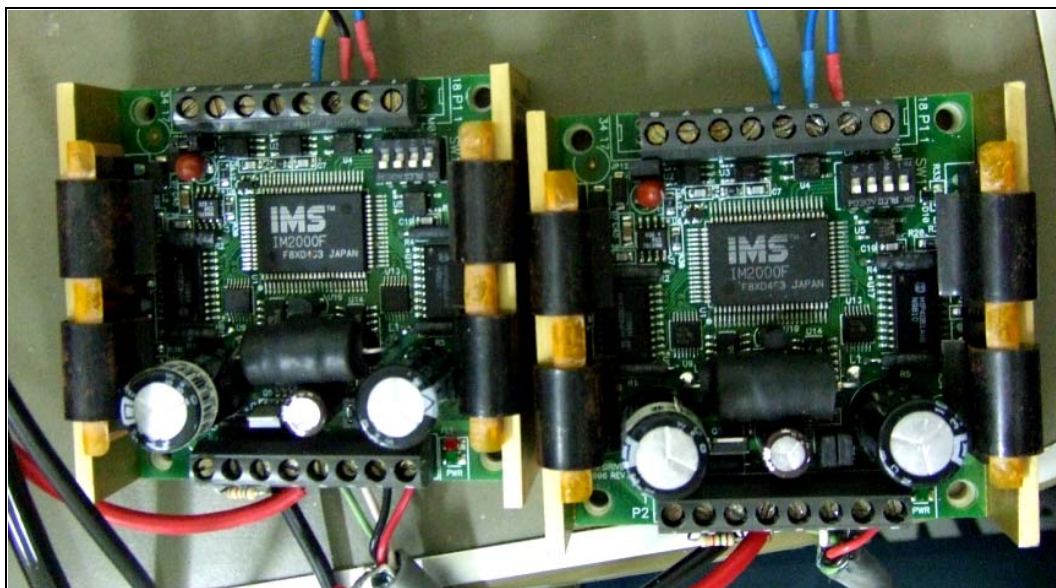
รูปที่ 3.13 สเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ในเครื่องมือตรวจสอบสกรู

ตัวขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์ (driver) เป็นชุดการสั่งงานให้สเต็ปมอเตอร์เคลื่อนที่ไปได้ รวมถึงสามารถที่จะสั่งการทำงานที่ซับซ้อนมากขึ้นไปได้ เช่นการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือถอยหลัง การปรับจำนวนสัญญาณพัลส์ให้สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ต่อหนึ่งรอบการหมุนการสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุนชั่วคราวตัวขับเคลื่อนที่เลือกใช้งานเป็นแบบ IM804 (HIGH PERFORMANCE MINIATURE MICROSTEPPING DRIVER) คุณสมบัติของตัวขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์นี้มีดังนี้

- 1) ราคาถูก
- 2) มีขนาดเล็ก
- 3) สามารถรับไฟได้สูงถึง 48 VDC
- 4) สามารถจ่ายไฟได้สูงถึง 3 AMPS RMS 4 AMPS PEAK
- 5) สามารถรับสัญญาณ clock ได้มากถึง 10 MHz
- 6) สามารถรับสัญญาณพัลส์ต่อรอบการทำงานได้ถึง 51,200 step/REV



รูปที่ 3.14 รายละเอียดตัวขับเคลื่อน (driver) สำหรับเครื่องมือตรวจสอบสกรู



รูปที่ 3.15 ตัวขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์ที่ใช้งานจริงสำหรับเครื่องมือตรวจสอบสกรู

ตารางที่ 3.1 การเชื่อมต่อ IM483 และรายละเอียดการทำงานของ connector P1

Pin #	FUCNCTION	DETAILS
1	N/C	No connection
2	Step Clock Input	A positive going edge on this input advances the motor one increment. The size of the increment is dependent upon the settings of the resolution select switch SW1
3	Driection	This input is used to change the direction of the motor. Physical direction also depends upon the connection of the motor windings.
4	Opto Supply	This +5VDC input is used to supply power to the isolated logic inputs. A higher voltage may be used, but care must be taken to limit the current through the opto-coupler
5	Enable/Disable Input	This input is used to enable/disable the output section of the driver. When in a Logic HIGH state (open), the outputs are enabled. However, this input dose not inhibit the step clock, therefore, the output will update by the number of clock pulses (if any) applied to the driver while it was disabled

ตารางที่ 3.1 การเชื่อมต่อ IM483 และรายละเอียดการทำงานของ connector P1 (ต่อ)

Pin #	FUCNCTION	DETAILS
6	Reset Input	When low, this input will reset the driver (phase outputs will disable). When released, the driver will be at its initial state (Phase A OFF, Phase B ON)
7	Fault Ouput	This output indicates that a short circuit condition has occurred. This output is active LOW.
8	On-Full-step Output	this open collector output indicates when the driver is positioned at full step. This output can be used to count the number of full steps the motor has moved, regardless of the number of microsteps in between. This output is active LOW

ตารางที่ 3.2 การเชื่อมต่อ IM483 และรายละเอียดการทำงานของ connector P2

Pin #	FUCNCTION	DETAILS
1	Current Reduction Adjust	Phase Current Reduction Adjustment Input. A resistor connected between this pin and pin 2 will proportionately reduce the current in both motor windings approximately 5 seconds after the last positive edge of the step clock input. The amount of current reduced will depend upon the value of the resistor used
2	Current Adjustment	Phase Current Adjustment. A resistor is connected between this pin and P2.3 (GND) to adjust the maximum phase current in the motor. A resistor MUST be connected to this input or the IM483 WILL latch into fault.
3	GND	Power Ground. The ground, or return, of the power supply
4	V	Motor Supply Voltage. +12 to +48VDC
5	Phase B'	Phase B' of the stepping motor
6	Phase B	Phase B of the stepping motor

ตารางที่ 3.2 การเชื่อมต่อ IM483 และรายละเอียดการทำงานของ connector P2 (ต่อ)

Pin #	FUCNCTION	DETAILS
7	Phase A'	Phase A' of the stepping motor
8	Phase A	Phase A of the stepping motor

ในกรณีที่ไม่ต้องการให้มอเตอร์หมุนฟรีขณะจ่ายไฟให้ขดลวด สามารถทำได้โดยการตั้งค่า R red ซึ่งหาได้จากสมการที่ 3.2

$$R_{Red} = 500X (I_{run} X I_{Hold}) / (I_{run} - I_{Hold}) \quad (3.2)$$

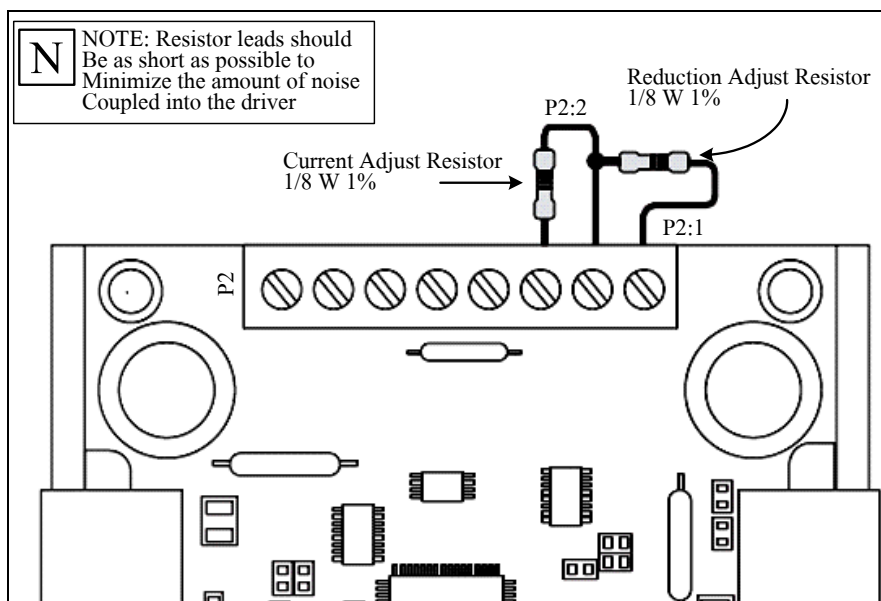
เมื่อ I_{run} คือ ค่ากระแสสำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ต้องการ (0.4-4 Amp)

I_{Hold} คือ ค่ากระแสที่ต้องการให้คงค่าไว้ (0.2-4 Amp)

โดยที่ I_{run} นั้นสามารถทำการเลือกค่าได้จากตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 ค่ากระแส I_{run} จาก current adjustment

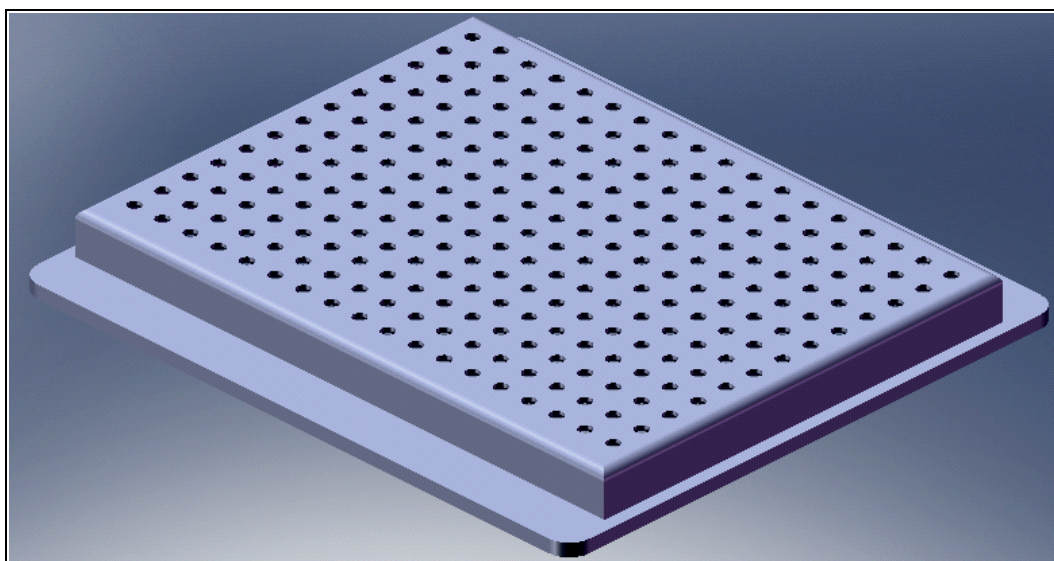
Output Current (Amps Peak)	resistor Value (Ohms 1%)	Output Current (Amps Peak)	resistor Value (Ohms 1%)
0.4	200	2.4	1210
0.6	301	2.6	1300
0.8	392	2.8	1400
1.0	499	3.0	1500
1.2	590	3.2	1580
1.4	698	3.4	1690
1.6	787	3.6	1780
1.8	887	3.8	1910
2.0	1000	4.0	2000
2.2	1100	-	-



รูปที่ 3.16 การต่อใช้งาน current adjust resistor และ reduction adjust resistor

3.4.4 ถาดสำหรับบรรจุสกรู (tray)

ถาดที่ใช้ในกระบวนการตรวจสอบสกรู โดยระบบประมวลผลภาพนี้จะมีจำนวนช่องสำหรับบรรจุสกรูเป็นขนาด 13×18 ช่อง (ตามแนวแกน X-Y ตามลำดับ)



รูปที่ 3.17 ถาดสำหรับบรรจุสกรูสำหรับเครื่องมือตรวจสอบสกรู

3.4.5 Personal Computer

ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมต่อการทำงานระหว่างผู้ใช้งานและเป็นตัวประมวลผลกลางของระบบ พร้อมทั้งเป็นส่วนแสดงผลการทำงานผ่านทางมอนิเตอร์ โดยชุดควบคุมสั่งงานผ่านโปรแกรม LabVIEW



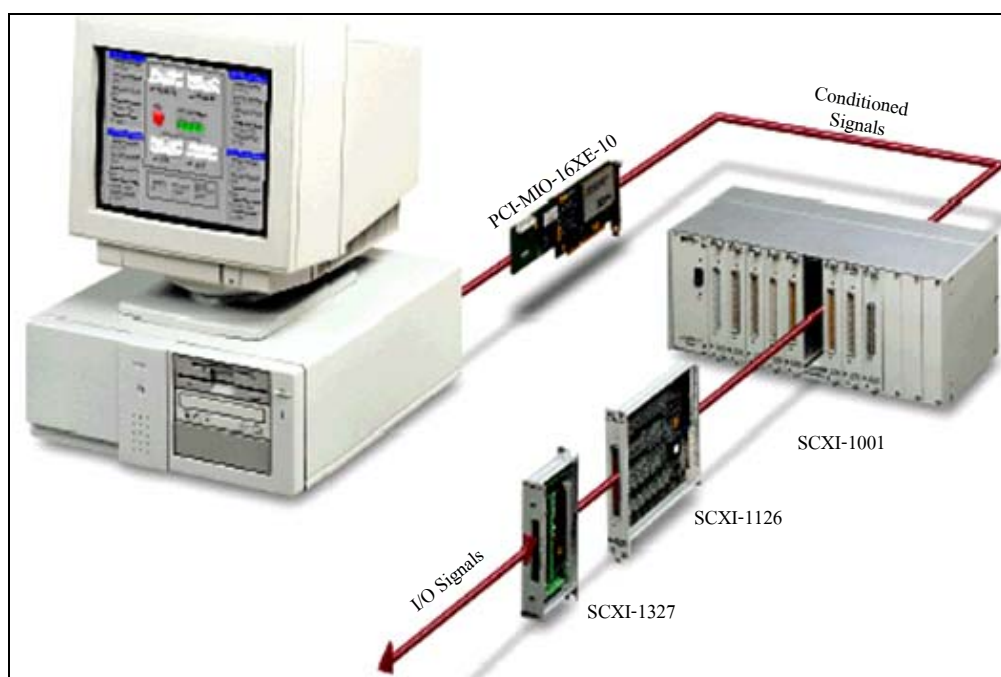
รูปที่ 3.18 คอมพิวเตอร์ที่ใช้งานจริง

3.4.6 DAQ card for LabVIEW

DAQ card for LabVIEW ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อและสื่อสารกันระหว่าง software และ hardware ในที่นี้ใช้เป็นรุ่น PCI-MIO-16E-4 DAQ card นี้จะถูกบรรจุอยู่ในคอมพิวเตอร์ แต่บางรุ่นอาจจะถูกบรรจุอยู่นอกคอมพิวเตอร์แล้วเชื่อมต่อด้วยสายส่งข้อมูลอื่น ๆ เช่น สาย USB



รูปที่ 3.19 DAQ card สำหรับเครื่องมือตรวจสอบสกรู



รูปที่ 3.20 การติดตั้ง DAQ card ภายในคอมพิวเตอร์

3.4.7 แหล่งจ่ายไฟ

เป็นอุปกรณ์สำหรับจ่ายไฟเลี้ยงอุปกรณ์ทางไฟฟ้าทั้งหมดให้กับระบบโดยจะใช้ทั้งหมดสองตัว คือ จ่ายไฟให้สเต็ปมอเตอร์แกน X ตัวหนึ่งและแกน Y อีกตัวหนึ่ง



รูปที่ 3.21 แสดงแหล่งจ่ายไฟสำหรับเครื่องมือตรวจสอบสกรู

บทที่ 4

การทดลองและอภิปรายผล

4.1 กล่าวนำ

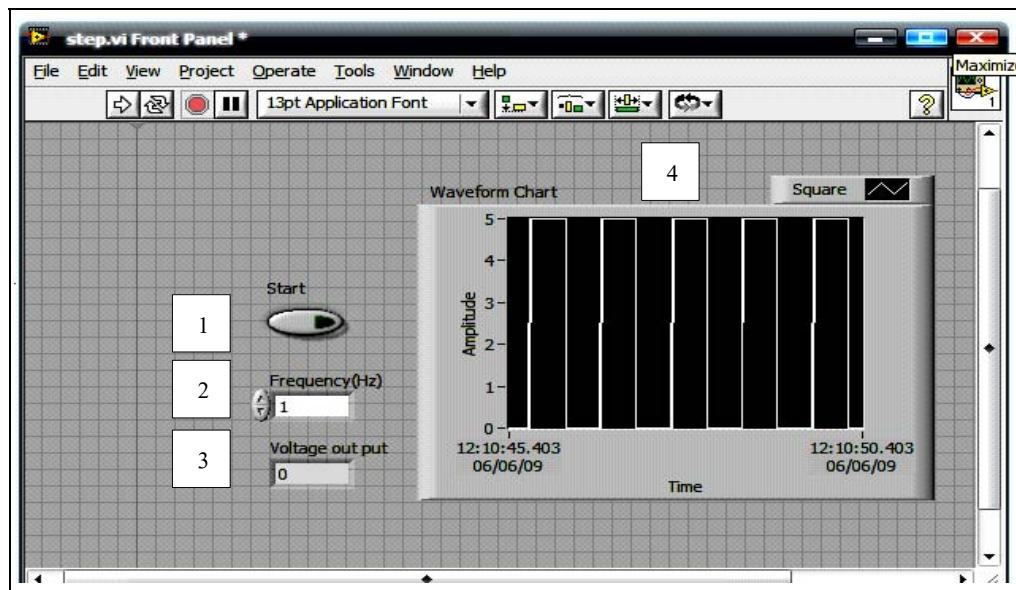
เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้จัดทำเครื่องมือต้นแบบในการตรวจสอบและคัดแยกความเสียหายของสกรูที่ผ่านการใช้งานมาแล้วว่าจะสามารถนำสกรูดังกล่าวนั้นกลับมาใช้ในสายการผลิตได้อีกหรือไม่ โดยจะคัดแยกสกรูดีและเสียออกจากกัน ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกระบวนการทำงาน พร้อมทั้งลดจำนวนพนักงานลงสำหรับกระบวนการดังกล่าว ดังนั้นการตรวจสอบผลการทดลองสำหรับเครื่องมือต้นแบบนี้สามารถสังเกตได้จากการทำงานที่สัมพันธ์กันของอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบ ลำดับขั้นการทำงาน ภาพที่แสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ชุดข้อมูลที่ได้ทำการจัดเก็บไว้ เงื่อนไขในการตรวจสอบ และคัดแยกสกรู

4.2 การทดลองการทำงานของเครื่องมือตรวจสอบสกรู

4.2.1 ขั้นตอนการทดลองการทำงานของชุดสแต็ปมอเตอร์

สำหรับการควบคุมการทำงานของสแต็ปมอเตอร์จำเป็นที่จะต้องทำการจ่ายสัญญาณพัลส์ให้สแต็ปมอเตอร์ โดยที่สัญญาณจะอยู่ระหว่าง 0-5 โวลต์ เพื่อเป็นตัวกระตุ้นสัญญาณนาฬิกาให้กับตัวขับเคลื่อน (driver) ในที่นี้จะทำการควบคุมเฉพาะ 1 แกน ลำดับการทำงานมีดังต่อไปนี้

- 1) จ่ายแหล่งจ่ายไฟ 24 โวลต์ เพื่อเป็นการจ่ายไฟเข้ากับตัวขับเคลื่อนให้เพื่อจ่ายไฟให้กับสแต็ปมอเตอร์ต่อไป
- 2) เปิดโปรแกรม LabVIEW เพื่อทำการทดลองสัญญาณนาฬิกาที่จ่ายให้กับระบบ
 - เลือกปุ่ม 1 ให้อยู่ในโหมด START
 - ปุ่มที่ 2 ปรับค่า frequency (Hz) ตามความเหมาะสม
 - ส่วนแสดงผลค่า voltage out put แสดงเป็นตัวเลข
 - ส่วนแสดงผลค่า voltage out put แสดงเป็นกราฟ



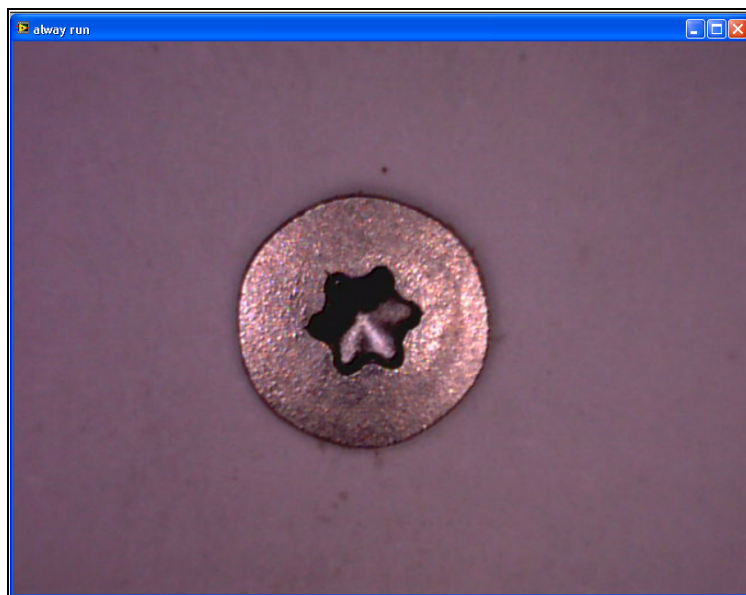
รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างโปรแกรมควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์

เมื่อทำการ run โปรแกรมแล้วผลที่ได้คือสเต็ปมอเตอร์จะหมุนทำงานตามสัญญาณพัลส์ได้ใส่เข้าไป โดยสามารถที่จะปรับความเร็วในการหมุนให้มีการเปลี่ยนแปลงได้ตามค่าของความถี่ (frequency) ที่ได้ทำการใส่เข้าไปในระบบจนถึงจุดนี้เราสามารถควบคุมการทำงานของสเต็ปมอเตอร์ในเบื้องต้นพร้อมทั้งสามารถปรับความเร็วในการเคลื่อนที่ได้ภายในกระบวนการทำงานจริงสำหรับขั้นตอนการเคลื่อนที่แต่ละขั้นลำดับนั้นความเร็วจะเป็นความเร็วที่คงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

4.2.2 ขั้นตอนการทดลองการทำงานของกล้องที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม

LabVIEW

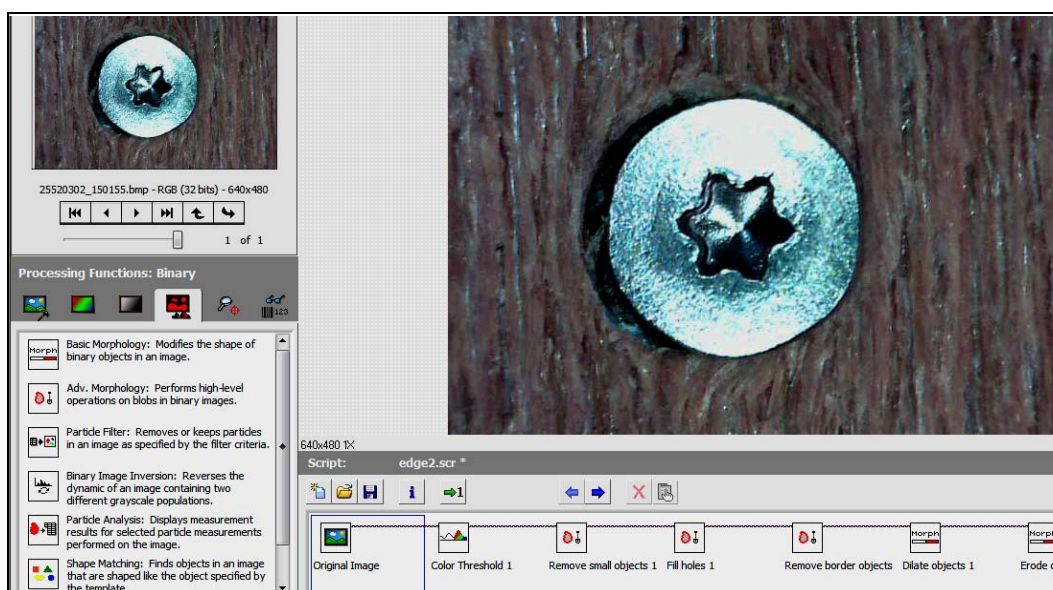
สำหรับการควบคุมการทำงานของ digital microscope หรือกล้องอื่น ๆ นั้นสามารถทำการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ได้ทันที โดยที่การเชื่อมต่อนั้นจะเป็นการเชื่อมต่อกันด้วยสาย USB หรือเป็นอุปกรณ์ที่อยู่ภายในคอมพิวเตอร์ หลังจากทำการเชื่อมต่อเรียบร้อยแล้วจะสามารถสร้างโปรแกรมเพื่อเรียกใช้งาน digital microscope หรือกล้องอื่น ๆ ดังกล่าวได้



รูปที่ 4.2 การทดลองการทำงานกล้องที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม LabVIEW

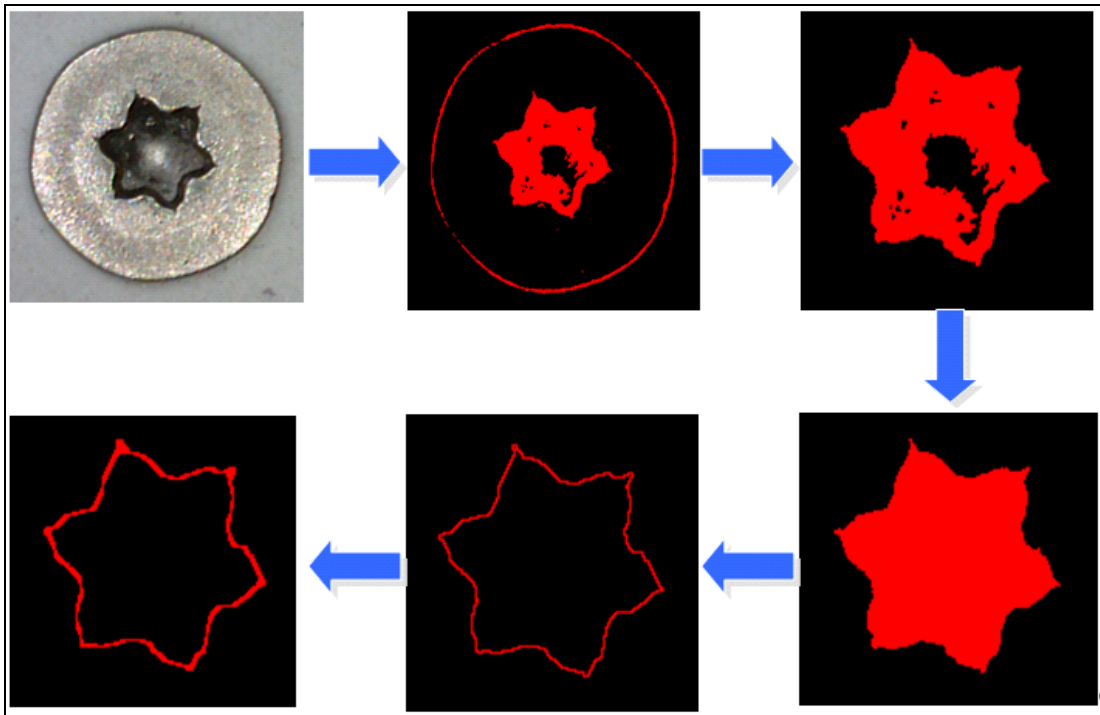
4.2.3 การทดสอบทำงานของระบบการประมวลผลภาพ

หลังจากที่ทดสอบการทำงานของกล้องของกล้อง digital microscope แล้ว จากนั้นจะทำการทดลองสำหรับการประมวลผลภาพสกรูผ่านกล้องโดยการใช้โปรแกรม vision assistant 8.5



รูปที่ 4.3 การทดสอบทำงานของโปรแกรม vision assistant 8.5

จากการทดสอบสามารถทำการปรับปรุงรูปภาพให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยจะทำการลบภาพในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องทั้งหมดออกไปให้เหลือเฉพาะในส่วนของช่องสำหรับขึ้นสกรูเท่านั้น ซึ่งจะได้ผลดังนี้



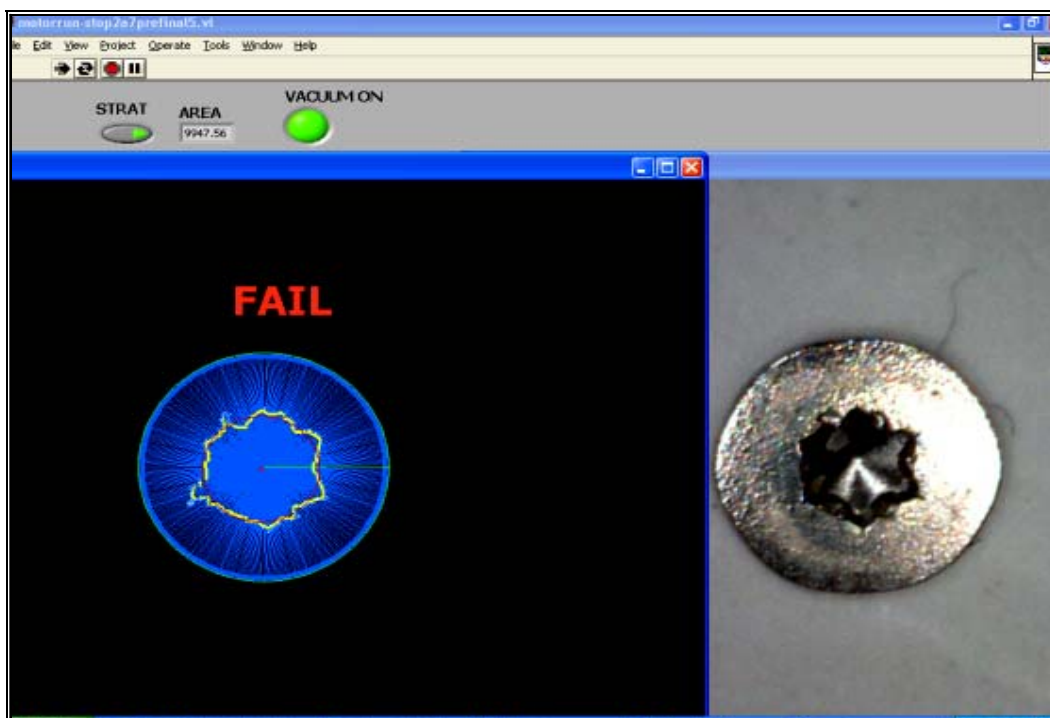
รูปที่ 4.4 การทดสอบการทำงานของระบบการประมวลผลภาพ

4.3 การทำงานทั้งหมดของระบบการตรวจสอบสกรู

หลังจากการทำการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ทั้งหมดแล้วจะเป็นการนำอุปกรณ์ทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อทำการทดสอบระบบทั้งหมด และทำการประกอบชุดคำสั่งทั้งหมดให้สามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไข ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 การทำงานของโปรแกรมการประมวลผลภาพกรณี pass



รูปที่ 4.6 การทำงานของโปรแกรมการประมวลผลภาพกรณี fail

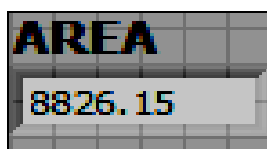
เมื่อเริ่มทำการ RUN โปรแกรมแล้วการทำงานของเครื่องมือการตรวจสอบและคัดแยกสกรูจะพร้อม โดยที่กล้อง digital microscope จะทำการถ่ายภาพและแสดงผลทางหน้าจอ โดยเป็นภาพที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุงใด ๆ เลย หลังจากนั้นถ้าต้องการที่จะทำการวิเคราะห์สกรูทั้งหมด 13×18 ตัว จะสามารถทำได้โดยการกดปุ่ม STRAT เครื่องมือการตรวจสอบสกรูก็จะทำการวิเคราะห์สกรูตัวแรก หลังจากทำการวิเคราะห์สกรูตัวแรกเสร็จ ชุด XY-table ที่ขับเคลื่อนด้วยสเต็ปมอเตอร์ก็จะทำการเคลื่อนที่ไปยังสกรูตำแหน่งที่ 2 และตำแหน่งอื่น ๆ ต่อไปจนถึงตัวสุดท้าย การแสดงผลที่ได้จะสามารถแบ่งออกเป็นดังนี้

1) การแสดงข้อความผ่านทางหน้าต่างการทำงานว่าสกรูที่ทำการวิเคราะห์นั้นเป็นสกรูที่สามารถนำกลับมาใช้งานได้หรือไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้



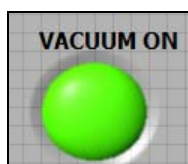
รูปที่ 4.7 ข้อความบอกสถานะของสกรู

2) การแสดงผลการคำนวณหาค่าพื้นที่ที่ตรวจสอบได้จากสกรูตัวนั้น ๆ



รูปที่ 4.8 ผลการคำนวณหาค่าพื้นที่

3) ไฟแสดงสถานะการทำงานของชุด VACUUM



รูปที่ 4.9 สถานการณ์ทำงานของชุด VACUUM PUMP

4) หลังจากที่เครื่องมือตรวจสอบสกรูทำงานจนครบกระบวนการแล้ว โปรแกรม LabVIEW จะทำการบันทึกค่าสถานะต่าง ๆ ของสกรูทั้งหมดในรูปแบบตารางลงใน microsoft office excel ที่ได้ทำการติดตั้งไฟล์ไว้ในเบื้องต้นในที่นี้คือไฟล์ DATA.xls สำหรับไฟล์ excel นี้จะโดนทำการบันทึกเข้าทุก ๆ ครั้งที่มีการใช้เครื่องมือการตรวจสอบและคัดแยกสกรูนี้ จากการทดลองโดยจะกำหนดรูปแบบการจัดวางของสกรูและกำหนดหมายเลขของสกรูแต่ละตัวแล้วนำไปตรวจสอบกับเครื่องต้นแบบ ซึ่งจะทำให้การทดลองรูปแบบการจัดวางของสกรู 3 รูปแบบ ดังจะแสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 การจัดวางสกรูรูปแบบที่ 1

column 4	column 3	column 2	column 1
No.52 (FAIL)	No.27 (PASS)	No.26 (FAIL)	No.1 (PASS)
No.51 (FAIL)	No.28 (PASS)	No.25 (FAIL)	No.2 (PASS)
No.50 (FAIL)	No.29 (PASS)	No.24 (FAIL)	No.3 (PASS)
No.49 (FAIL)	No.30 (PASS)	No.23 (FAIL)	No.4 (PASS)
No.48 (FAIL)	No.31 (PASS)	No.22 (FAIL)	No.5 (PASS)
No.47 (FAIL)	No.32 (PASS)	No.21 (FAIL)	No.6 (PASS)
No.46 (FAIL)	No.33 (PASS)	No.20 (FAIL)	No.7 (PASS)
No.45 (FAIL)	No.34 (PASS)	No.19 (FAIL)	No.8 (PASS)
No.44 (FAIL)	No.35 (PASS)	No.18 (FAIL)	No.9 (PASS)
No.43 (FAIL)	No.36 (PASS)	No.17 (FAIL)	No.10 (PASS)
No.42 (FAIL)	No.37 (PASS)	No.16 (FAIL)	No.11 (PASS)
No.41 (FAIL)	No.38 (PASS)	No.15 (FAIL)	No.12 (PASS)
No.40 (FAIL)	No.39 (PASS)	No.14 (FAIL)	No.13 (PASS)

จากตารางที่ 4.1 จะกำหนดรูปแบบการวางของสกรูหมายเลขที่ 1 ถึง 13 ในหลักที่ 1 เป็นสกรูดี สกรูหมายเลข 14 ถึง 26 ในหลักที่ 2 เป็นสกรูเสีย สกรูหมายเลข 27 ถึง 39 ในหลักที่ 3 เป็นสกรูดี และสกรูหมายเลข 40 ถึง 52 เป็นสกรูเสีย เมื่อนำไปตรวจสอบกับเครื่องต้นแบบจะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการตรวจสอบโดยเครื่องต้นแบบของการจัดวางสกรูรูปแบบที่ 1

FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS
FAIL	PASS	FAIL	PASS

ตารางที่ 4.3 การจัดวางสกรูรูปแบบที่ 2

column 4	column 3	column 2	column 1
No.1 (PASS)	No.2 (PASS)	No.3 (PASS)	No.4 (PASS)
No.5 (PASS)	No.6 (PASS)	No.7 (PASS)	No.8 (PASS)
No.9 (PASS)	No.10 (PASS)	No.11 (PASS)	No.12 (PASS)
No.13 (PASS)	No.14 (FAIL)	No.15 (FAIL)	No.16 (FAIL)
No.17 (FAIL)	No.18 (FAIL)	No.19 (FAIL)	No.20 (FAIL)
No.21 (FAIL)	No.22 (FAIL)	No.23 (FAIL)	No.24 (FAIL)
No.25 (FAIL)	No.26 (FAIL)	No.27 (PASS)	No.28 (PASS)
No.29 (PASS)	No.30 (PASS)	No.31 (PASS)	No.32 (PASS)
No.33 (PASS)	No.34 (PASS)	No.35 (PASS)	No.36 (PASS)
No.37 (PASS)	No.38 (PASS)	No.39 (PASS)	No.40 (FAIL)
No.41 (FAIL)	No.42 (FAIL)	No.43 (FAIL)	No.44 (FAIL)
No.45 (FAIL)	No.46 (FAIL)	No.47 (FAIL)	No.48 (FAIL)
No.49 (FAIL)	No.50 (FAIL)	No.51 (FAIL)	No.52 (FAIL)

จากตารางที่ 4.3 จะกำหนดรูปแบบการวางของสกรูทั้งหมดหมายเลขที่ 1 ถึง 52 โดยจะวางเรียงตามลำดับในแนวแถวที่ 1 ถึง 13 เมื่อนำไปตรวจสอบกับเครื่องต้นแบบจะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการตรวจสอบโดยเครื่องต้นแบบของการจัดวางสกรูรูปแบบที่ 2

PASS	PASS	PASS	PASS
PASS	PASS	PASS	PASS
PASS	PASS	PASS	PASS
PASS	FAIL	FAIL	FAIL
FAIL	FAIL	FAIL	FAIL
FAIL	FAIL	FAIL	FAIL
FAIL	FAIL	PASS	PASS
PASS	PASS	PASS	PASS
PASS	PASS	PASS	PASS
PASS	PASS	PASS	FAIL
FAIL	FAIL	FAIL	FAIL
FAIL	FAIL	FAIL	FAIL
FAIL	FAIL	FAIL	FAIL

ตารางที่ 4.5 การจัดวางสกรูรูปแบบที่ 3

column 4	column 3	column 2	column 1
No.1 (PASS)	No.20 (FAIL)	No.27 (PASS)	No.46 (FAIL)
No.14 (FAIL)	No.8 (PASS)	No.40 (FAIL)	No.34 (PASS)
No.2 (PASS)	No.21 (FAIL)	No.28 (PASS)	No.47 (FAIL)
No.15 (FAIL)	No.9 (PASS)	No.41 (FAIL)	No.35 (PASS)
No.3 (PASS)	No.22 (FAIL)	No.29 (PASS)	No.48 (FAIL)
No.16 (FAIL)	No.10 (PASS)	No.42 (FAIL)	No.36 (PASS)
No.4 (PASS)	No.23 (FAIL)	No.30 (PASS)	No.49 (FAIL)
No.17 (FAIL)	No.11 (PASS)	No.43 (FAIL)	No.37 (PASS)
No.5 (PASS)	No.24 (FAIL)	No.31 (PASS)	No.50 (FAIL)

ตารางที่ 4.5 การจัดวางสกรูรูปแบบที่ 3 (ต่อ)

column 4	column 3	column 2	column 1
No.18 (FAIL)	No.12 (PASS)	No.44 (FAIL)	No.38 (PASS)
No.6 (PASS)	No.25 (FAIL)	No.32 (PASS)	No.51 (FAIL)
No.19 (FAIL)	No.13 (PASS)	No.45 (FAIL)	No.39 (PASS)
No.7 (PASS)	No.26 (FAIL)	No.33 (PASS)	No.52 (FAIL)

จากตารางที่ 4.5 จะกำหนดรูปแบบการวางของสกรูทั้งหมดหมายเลขที่ 1 ถึง 52 โดยจะวางเรียงตัวกันแบบตารางหมากรุก ก็คือจะสลับกันระหว่างสกรูดีกับสกรูเสีย เมื่อนำไปตรวจสอบกับเครื่องต้นแบบจะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการตรวจสอบโดยเครื่องต้นแบบของการจัดวางสกรูรูปแบบที่ 3

PASS	FAIL	PASS	FAIL
FAIL	PASS	FAIL	PASS
PASS	FAIL	PASS	FAIL
FAIL	PASS	FAIL	PASS
PASS	FAIL	PASS	FAIL
FAIL	PASS	FAIL	PASS
PASS	FAIL	PASS	FAIL
FAIL	PASS	FAIL	PASS
PASS	FAIL	PASS	FAIL
FAIL	PASS	FAIL	PASS
PASS	FAIL	PASS	FAIL
FAIL	PASS	FAIL	PASS
PASS	FAIL	PASS	FAIL
FAIL	PASS	FAIL	PASS
PASS	FAIL	PASS	FAIL

จากการทดลองทั้งหมดจะพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถตรวจสอบและประมวลผลภาพได้อย่างถูกต้องแม่นยำไม่มีการประมวลผลกลับไปมาระหว่างสกรูดีและสกรูเสีย กรณีเป็นสกรูดีเครื่องต้นแบบจะประมวลผลออกมา PASS ตลอดไม่ว่าจะสลับตำแหน่งของการวางสกรู ส่วนกรณีที่เป็นสกรูเสียเครื่องต้นแบบจะประมวลผลออกมา FAIL ตลอดเมื่อสลับตำแหน่งการวางสกรูก็ไม่มีผล

บทที่ 5

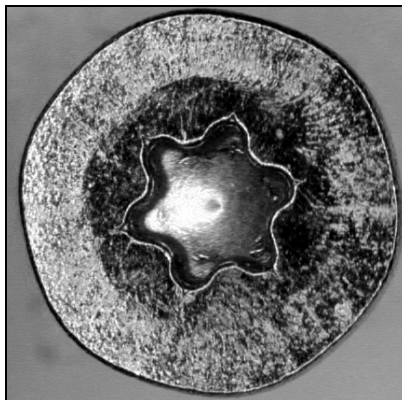
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทนำ

หลังจากที่ได้มีการพัฒนาระบบต้นแบบที่ใช้ในการตรวจสอบและคัดแยกความเสียหายของสกรูแบบกึ่งอัตโนมัติ และได้ทำการทดลองจำแนกประเภทลักษณะของหัวสกรูในบทที่ผ่านมา นั้น ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบต้นแบบมีประสิทธิภาพดีเทียบเท่ากับการคัดแยกลักษณะของหัวสกรูดีและเสียโดยสายตามนุษย์ ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการทดลองรวมทั้งการวิจารณ์ระบบต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นและข้อเสนอแนะอันจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป

5.2 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองใช้งานเครื่องต้นแบบการตรวจสอบและคัดแยกความเสียหายของสกรูนั้น พบว่าระบบต้นแบบนี้สามารถทำงานได้ดีถูกต้องตามเงื่อนไขที่ได้วางแผนไว้มีระบบการจัดเก็บข้อมูลของสกรูที่ได้ทำการตรวจสอบเพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้งาน หรือปรับปรุงการทำงานของเครื่องมือต้นแบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการวิเคราะห์ตัวอย่างของสกรูทั้งหมด พบว่าความผิดพลาดในการวิเคราะห์และตรวจวัดสกรูมีน้อยมาก โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องรวมทั้งระบบประมาณร้อยละ 97 ของจำนวนสกรูทั้งหมดที่นำมาทดสอบ ซึ่งความผิดพลาดส่วนน้อยในการวิเคราะห์นั้นเกิดขึ้นเนื่องจากสกรูดังกล่าวนั้นมีความเสียหายที่เล็กน้อยมากยากต่อการตรวจวิเคราะห์ถึงแม้จะใช้มนุษย์ในการตรวจและคัดแยกเองก็ตาม รวมถึงลักษณะของสกรูบางตัวนั้นมีผิวสีคล้ำดังจะแสดงในรูปที่ 5.1 ซึ่งแตกต่างจากลักษณะของสกรูส่วนใหญ่ที่มีผิวเป็นเงาใสจากการพิจารณาพบว่าสกรูที่มีผิวเป็นสีคล้ำนั้นจะทำให้การตรวจและวิเคราะห์ความเสียหายของสกรูคลาดเคลื่อนได้ โดยระบบจะทำการวิเคราะห์สกรูดังกล่าวนั้นให้เป็นสกรูเสียทันที ซึ่งระบบต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นมานี้จะสามารถตรวจสอบและคัดแยกความเสียหายของสกรูทั้งหมด 234 ตัว โดยใช้เวลาที่ทำการตรวจสอบทั้งกระบวนการ (cycle time) อยู่ที่ประมาณ 7 นาที ผลการทดสอบที่ได้พบว่าจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการประมวลผลภาพในการคัดแยกสกรูได้ผลอยู่ในระดับดี ถ้ามีการนำชุดควบคุมนี้ไปใช้ในกระบวนการผลิตจริงจะส่งผลดีในเรื่องของการลดจำนวนพนักงานภายในกระบวนการดังกล่าวรวมทั้งลดความเหนื่อยล้าทางสายตาของพนักงานในการคัดแยกสกรู และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างรูปหัวสกรูที่มีลักษณะผิวสีคล้ำ

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 เนื่องจากเครื่องต้นแบบสำหรับการตรวจสอบและคัดแยกสกรูนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องทำการใช้งานกล้องสำหรับการรับภาพในการประมวลผลต่อไประยะความสูงของกล้อง รวมถึงการควบคุมระดับความเข้มของแสงในการทำงานจึงมีผลเป็นอย่างยิ่ง เพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการประมวลผลจึงควรที่จะทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ให้คงที่อยู่เสมอ
- 5.3.2 ความละเอียดของกล้องที่นำมาใช้งานจะส่งผลต่อความแม่นยำในการประมวลผลภาพ คือถ้าความละเอียดของกล้องที่นำมาใช้งานมีมาก ค่าความถูกต้องของการประมวลผลภาพจะมีค่ามากตามไปด้วย ส่วนความละเอียดของกล้องที่นำมาใช้งานมีน้อย ค่าความถูกต้องของการประมวลผลภาพจะมีค่าน้อยตามไปด้วย ถ้างานที่ต้องการความถูกต้องในการประมวลผลภาพมาก ๆ ก็สมควรเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้งานกล้องที่มีประสิทธิภาพมาก แต่ราคาก็จะสูงตามประสิทธิภาพของกล้อง และอาจจะใช้กล้องที่มีความสามารถในการมองเห็นสกรูได้จำนวนหลาย ๆ ตัว และออกแบบถาด (tray) ที่มีขนาดเล็กลงเพื่อที่กล้องจะสามารถที่จะตรวจสอบสกรูได้หมดทั้งถาดพร้อมทั้งปรับปรุงโปรแกรม LabVIEW เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานดังกล่าว เพื่อลดเวลาในการตรวจเช็คคลง
- 5.3.3 ในเครื่องมือการตรวจสอบและคัดแยกสกรูนี้ระบบควบคุมการทำงานในการควบคุมตำแหน่งของสเต็ปมอเตอร์เป็นการควบคุมตำแหน่งแบบเปิด (open loop position control) จะไม่มีการสนใจค่าที่ส่งกลับเข้ามาภายในระบบ ถ้าต้องการ

ความถูกต้องแม่นยำมากขึ้นก็สามารถที่จะเพิ่มอุปกรณ์ในการตรวจจับสัญญาณเข้าไปได้ เช่น ENCODER หรือเซ็นเซอร์ในการตรวจจับตำแหน่ง

- 5.3.4 สำหรับในการประยุกต์ในการใช้งานจริงในอุตสาหกรรมอาจจะเพิ่มชุดการทำงานในส่วนของการควบคุมความปลอดภัยต่าง ๆ เข้าไปในเครื่องต้นแบบในการตรวจสอบและคัดแยกสกรู

รายการอ้างอิง

- กนต์ธร ชำนิประศาสน์. การวัดเชิงกลด้วย LabVIEW สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชา วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, บทที่ 1 หน้า 1-9
- กิตติพงษ์ เงินถาวร, เศรษฐพงศ์ ปาณวร, และศุภสิทธิ์ หวังไพโรจน์กิจ. (2549). ระบบตรวจสอบวัตถุ ด้วยการประมวลผลภาพ โครงการงานวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. มนตรี กาญจนะเดชะ. (2545). **Image Processing** เอกสารประกอบการสอนภาควิชาวิศวกรรม คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- วันสันทน์ ทองทรงกฤษณ์. (2547). การประมวลผลภาพทางดิจิทัล (**Digital Image Processing**) เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สิทธิโชค ยอดระยับ. (2550). การเขียนโปรแกรม **Digital Image processing** ด้วย **Visual Basic** สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร.
- อรทัย สุทธิจักษ์. (2551). การวิเคราะห์ความผิดพลาดในการตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง แบบอัตโนมัติด้วยทฤษฎีฟuzzy รายงานการวิจัยสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อุมาวดี วงษ์มิตร. (2551). การพัฒนาซอฟต์แวร์ สำหรับสร้างลายมือชื่อดิจิทัลโดยใช้หลักการ **ประมวลผลภาพ** รายงานการวิจัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Awcock, G. J. and Thomas, R. (1995). **Applied image processing**. Mac Millan New Press Ltd., London.
- Clark, C. L. (2005). **LabVIEW digital signal processing and digital communications**. New York McGraw-Hill.
- Gonzales, R. C., Woods, R. E., and Eddins, S. L. (2004). **Digital Image Processing using MATLAB**. Pearson Education, Inc.
- Hughes, A. (2006). **Electric Motor and Drives Fundamentals**. Type and Applications, Newnes, 3rd ed., pp. 305-338.
- Jain, R., Kasturi, R., and Schunck, B. G. (1995). **Machine Vision**. International ed, McGraw-Book.
- Kiatpanichagij, K. (2007). **Introduction to machine vision [On-line]**. Available: http://researchers.in.th/file/the_dark01/view/236.html.

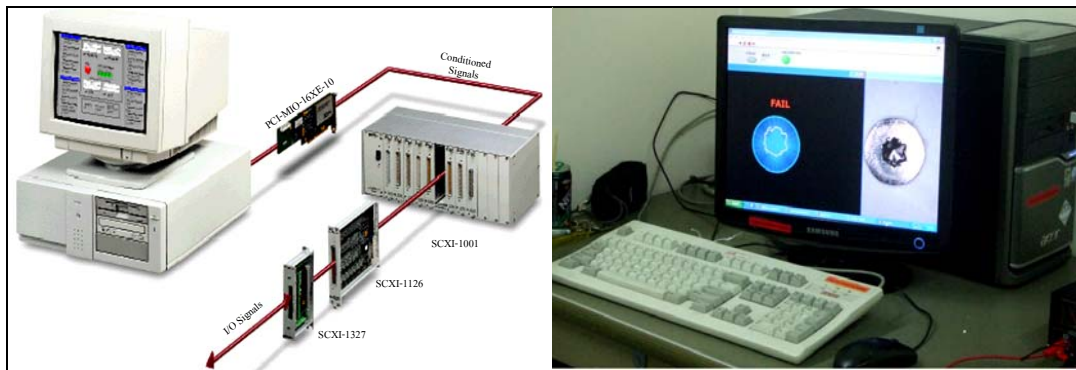
- Mark, A. Y. and Bruce, A. B. (2006). *Work in Progress: A Study of Graphical vs. Textual Programming for DSP*. 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.
- Milan, S., Vaclav, H., and Roger, B. (1998). **Image Processing Analysis and Machine vision**. Brook/cole Publishing Company.
- Rafael, C. G. and Richard, E. W. (1993). **Digital Image Processing**. Addison-wesley publishing company.
- Richard E. W. (2001). **Digital Image Processing**. Prentice-hall
- Shi, Z. and Govindaraju, V. (2004). **Historical Document Image Enhancement Using Background Light Intensity Normalization**. *International Conference on Pattern Recognition (ICPR '04)*, pp. 1051-1054.
- William, K. Pratt. (1991). **Digital Image Processing**. A Wiley-Interscience publication, pp. 447-556

ภาคผนวก ก

การติดตั้งเครื่องมือทดลอง

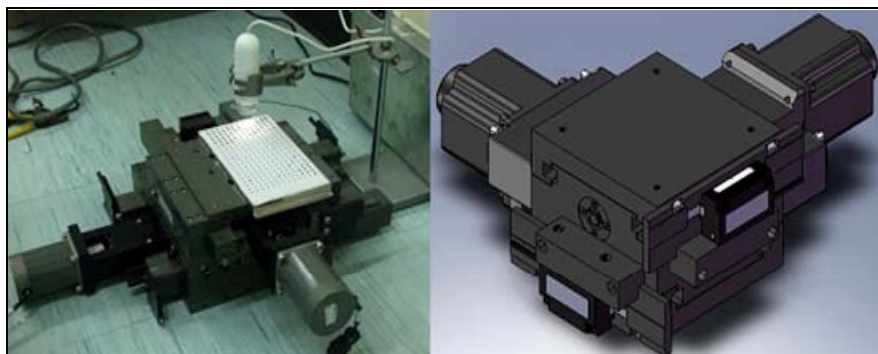
ขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือทดลอง

1) ทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ประมวลผล รวมทั้ง โปรแกรมที่ใช้ควบคุมระบบพร้อมตัวไดร์ฟเวอร์ต่าง ๆ และตรวจสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดให้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เช่น personal computer (PC) and DAQ card for LabVIEW พร้อมใช้งานหรือไม่ ซึ่งทุกส่วนในระบบจะต้องสามารถรับรู้ข้อมูลและเชื่อมต่อกันได้

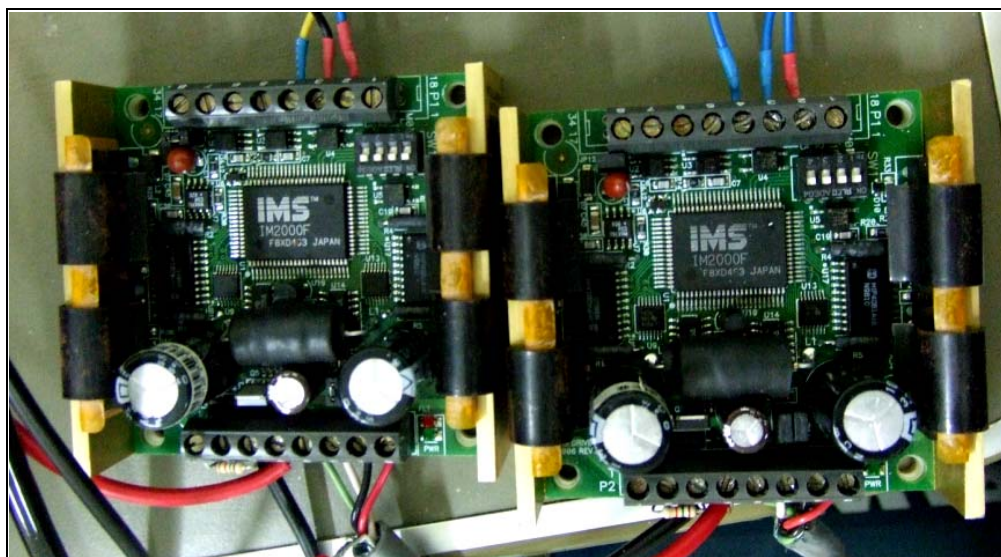


รูปที่ ก.1 การติดตั้งอุปกรณ์ประมวลผลพร้อมโปรแกรมที่จะใช้ควบคุมระบบพร้อมอุปกรณ์เชื่อมต่ออื่น ๆ

2) ทำการจัดเตรียม XY-table พร้อมทั้งต่อเชื่อมกับไดร์ฟเวอร์ (drive) ของตัวสเต็ปมอเตอร์ และเชื่อมต่อ (connect) กับอุปกรณ์ประมวลผล (PC)



รูปที่ ก.2 การติดตั้ง XY table



รูปที่ ก.3 อุปกรณ์ในส่วนของการเคลื่อนที่ของระบบ



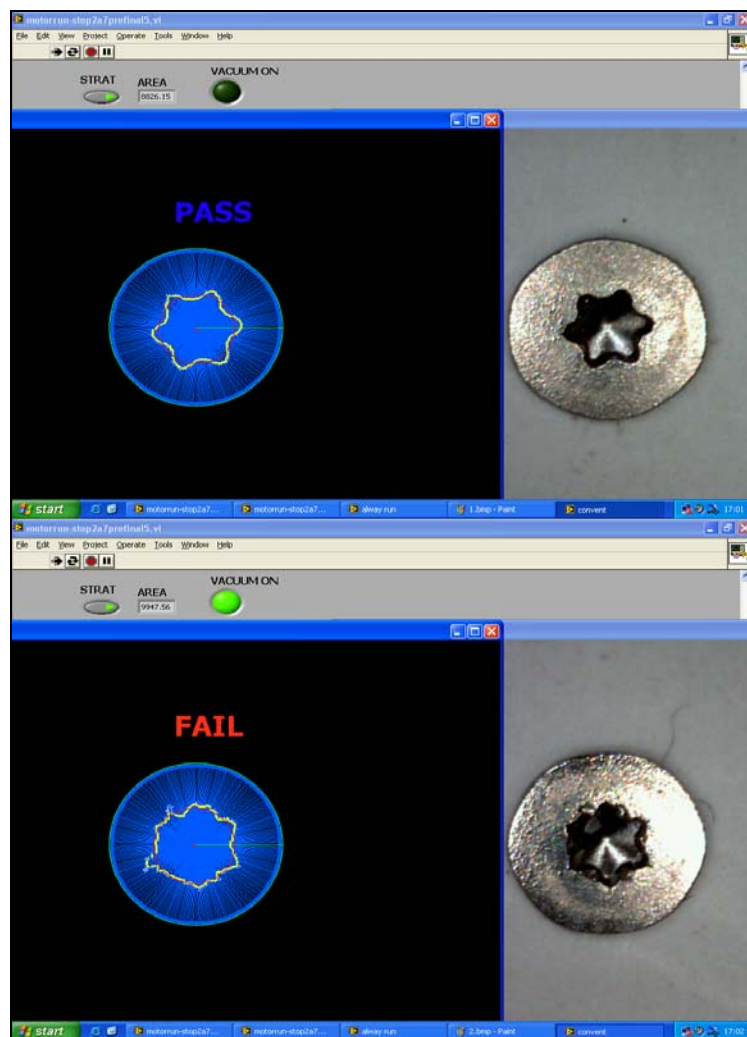
รูปที่ ก.4 การติดตั้งกล้องเพื่อเป็นตัวรับภาพของระบบ

ภาคผนวก ข

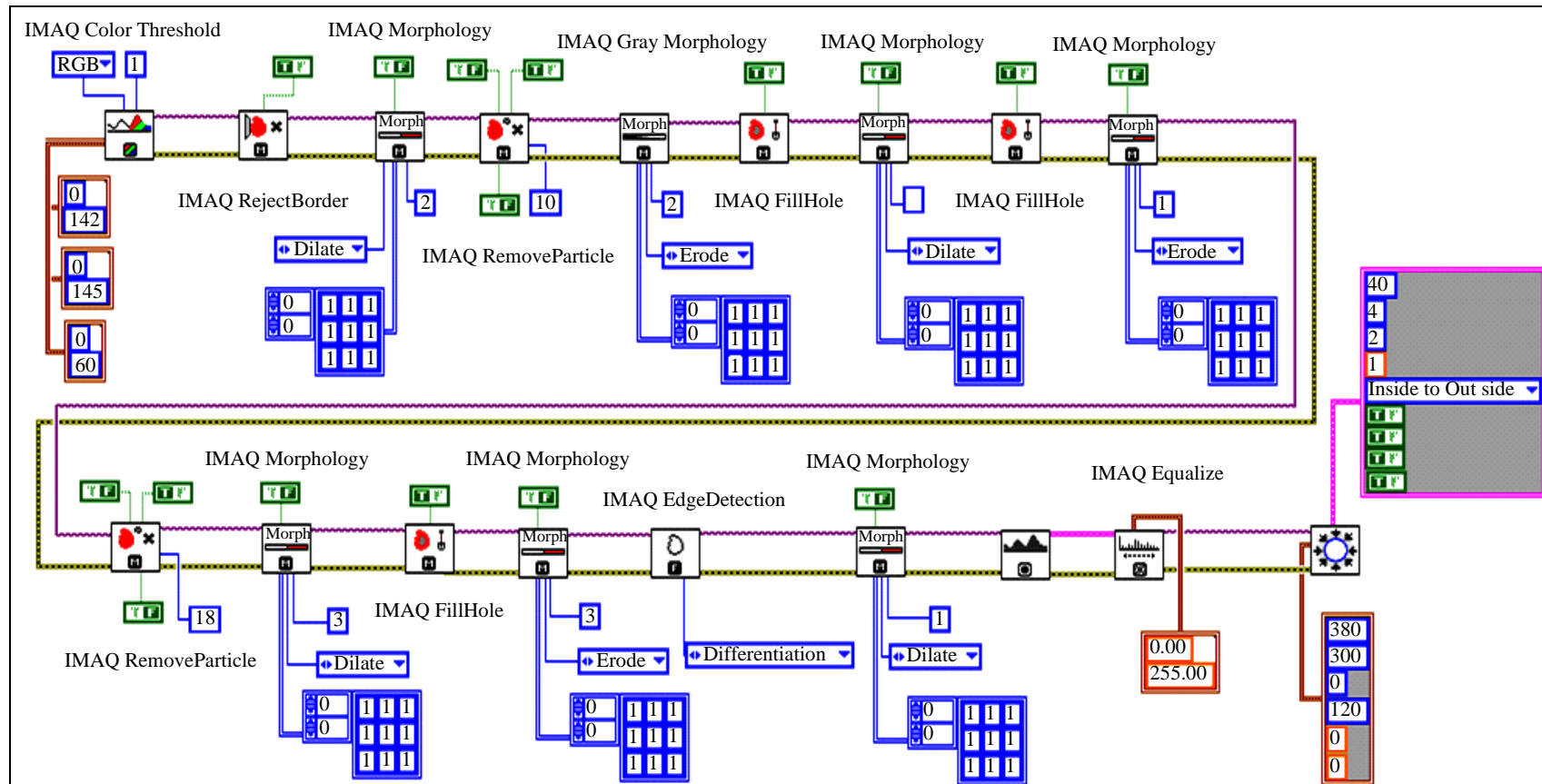
โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ

โปรแกรม LabVIEW ที่ใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผลภาพ

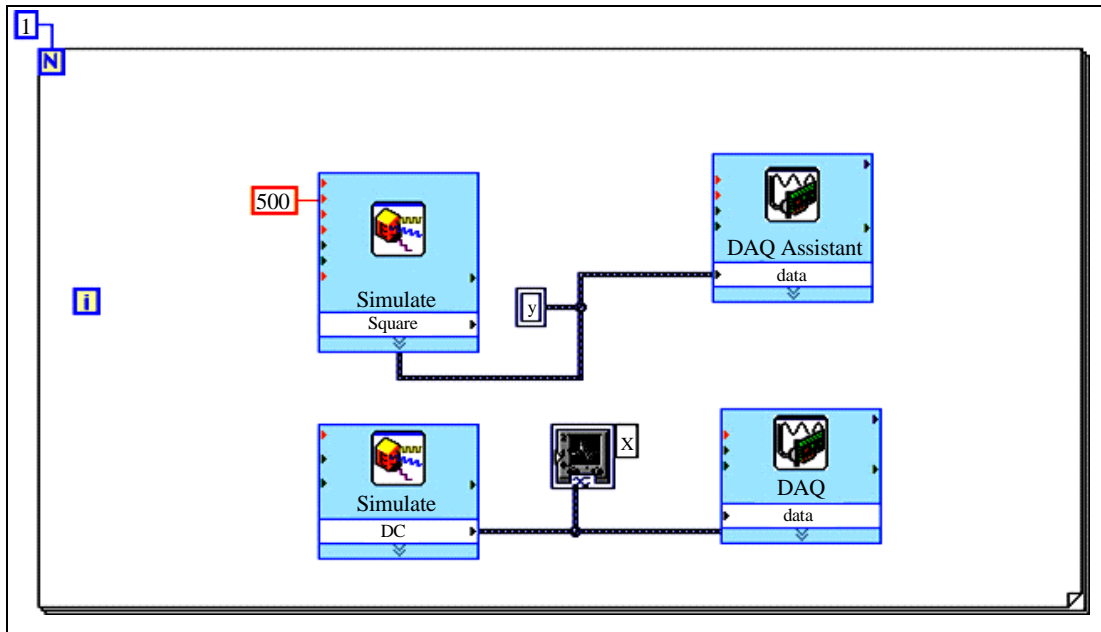
1) ส่วน front panel ซึ่งเมื่อ start program โปรแกรมก็จะเริ่มทำงานเพื่อตรวจสอบหัวสกรู ถ้า PASS สถานะของ VACUUM จะ OFF คือไม่มีการดูดสกรูออก ถ้ากรณีที่ตรวจพบว่า FAIL VACUUM ก็จะทำงาน โดยจะแสดงสถานะเป็น ON ซึ่งก็คือจะดูดสกรูออกจากถาดนั่นเอง



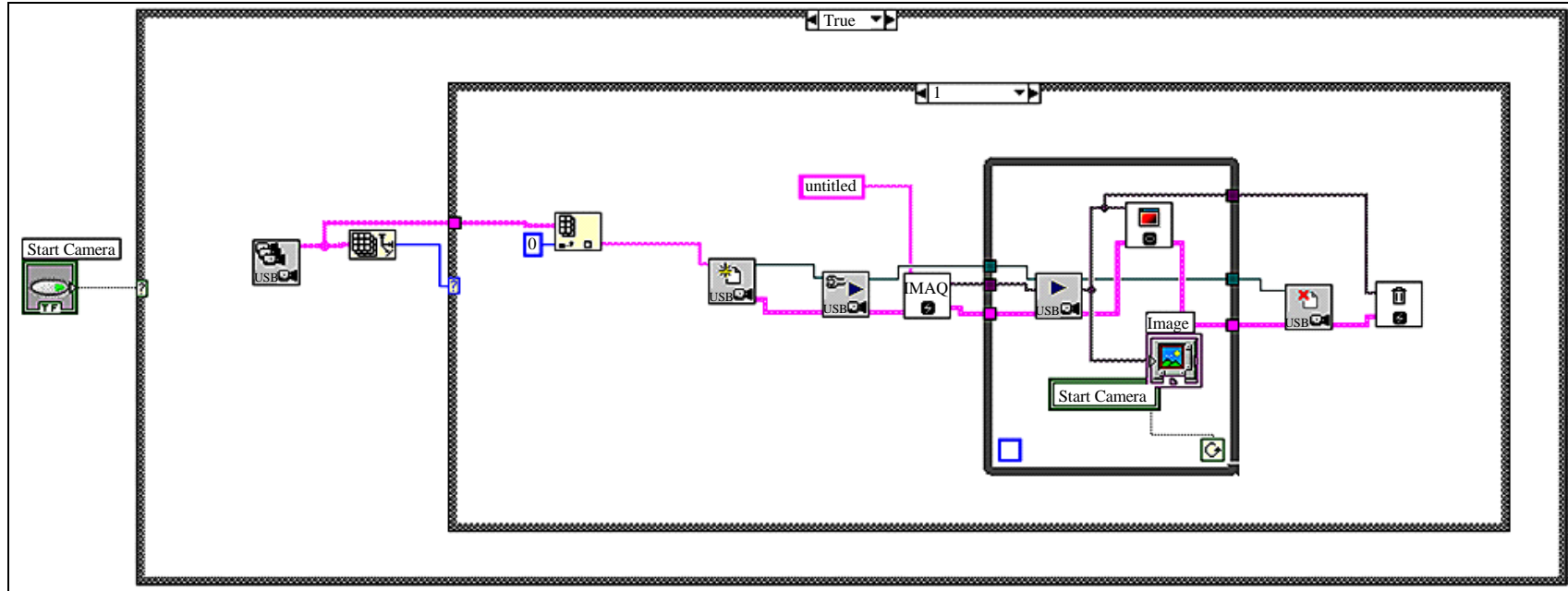
รูปที่ ข.1 โปรแกรม LabVIEW ส่วนของ front panel ที่ใช้ในการตรวจสอบและคัดแยกสกรู ทั้งกรณี PASS และกรณี FAIL



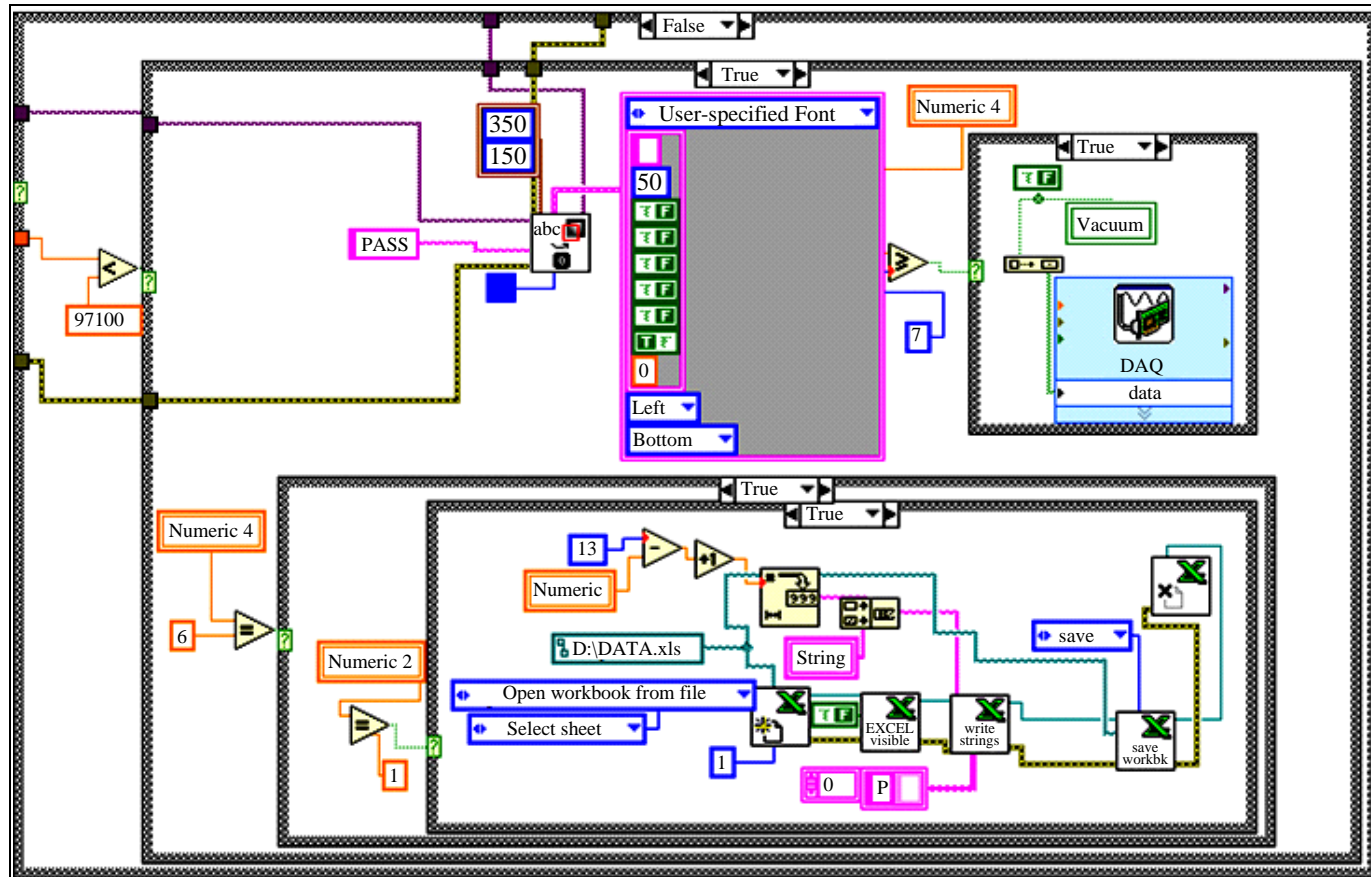
รูปที่ ข.2 โปรแกรมสำหรับการปรับปรุงภาพของสกรู



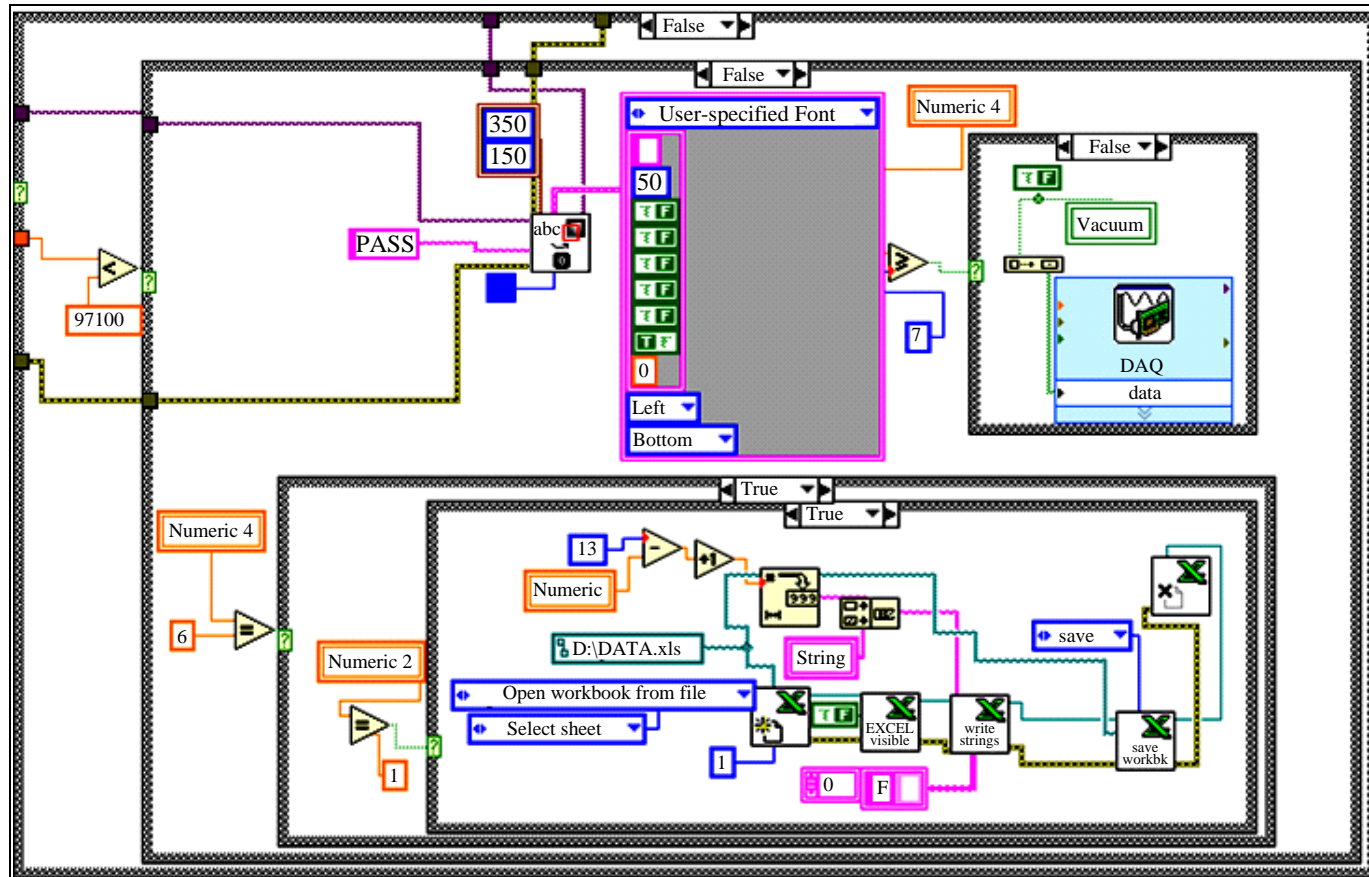
รูปที่ ข.3 โปรแกรมสำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของสตีปมอเตอร์



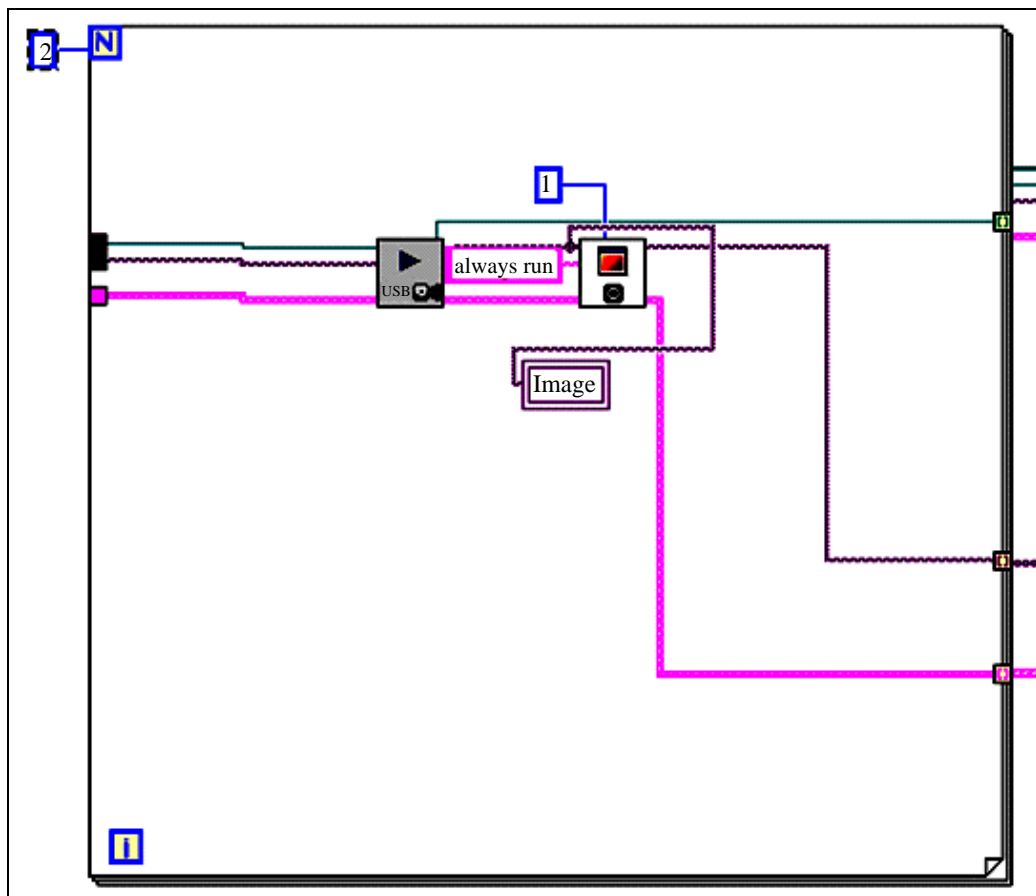
รูปที่ ข.4 โปรแกรมการสั่งงานกล้อง



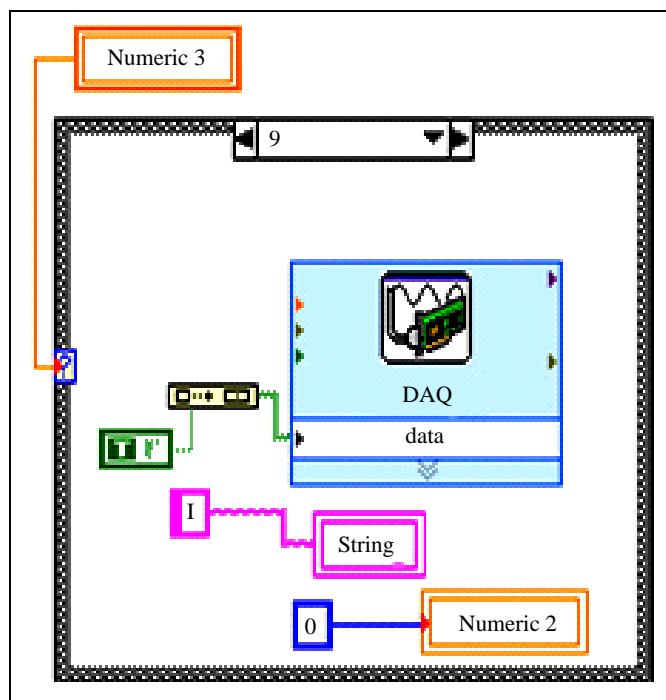
รูปที่ ข.5 โปรแกรมการเก็บข้อมูลใน Excel และโปรแกรมคัดแยกลักษณะของสกรูดี (PASS)



รูปที่ ข.6 โปรแกรมการเก็บข้อมูลใน excel และ โปรแกรมคัดแยกลักษณะของสกรูเสีย (FAIL)



รูปที่ ข.7 โปรแกรมการสั่งงานให้กล้องเปิดทำงานแต่ยังไม่ทำการวิเคราะห์รูปภาพ



รูปที่ ข.8 โปรแกรมการสลับตำแหน่งการเคลื่อนที่ในแต่ละหลักพร้อมกับระบุหลักในการเขียนข้อมูลใน Excel

Configure Simulate Signal [Simulate Signal5]

Signal

Signal type
Square

Frequency (Hz) 500 Phase (deg) 0

Amplitude 2.5 Offset 2.5 Duty cycle (%) 50

Add noise

Noise type
Uniform White Noise

Noise amplitude 0.6 Seed number -1 Trials 1

Timing

Samples per second (Hz) 1000 Simulate acquisition timing

Number of samples 10 Run as fast as possible

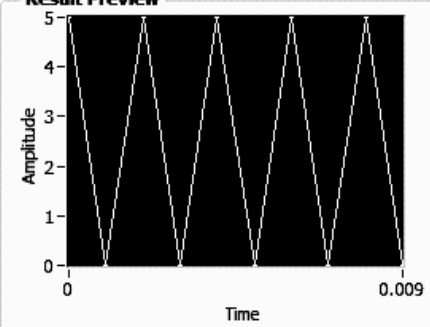
Automatic

Integer number of cycles

Actual number of samples 10

Actual frequency 500

Result Preview



Time Stamps

Relative to start of measurement

Absolute (date and time)

Reset Signal

Reset phase, seed, and time stamps

Use continuous generation

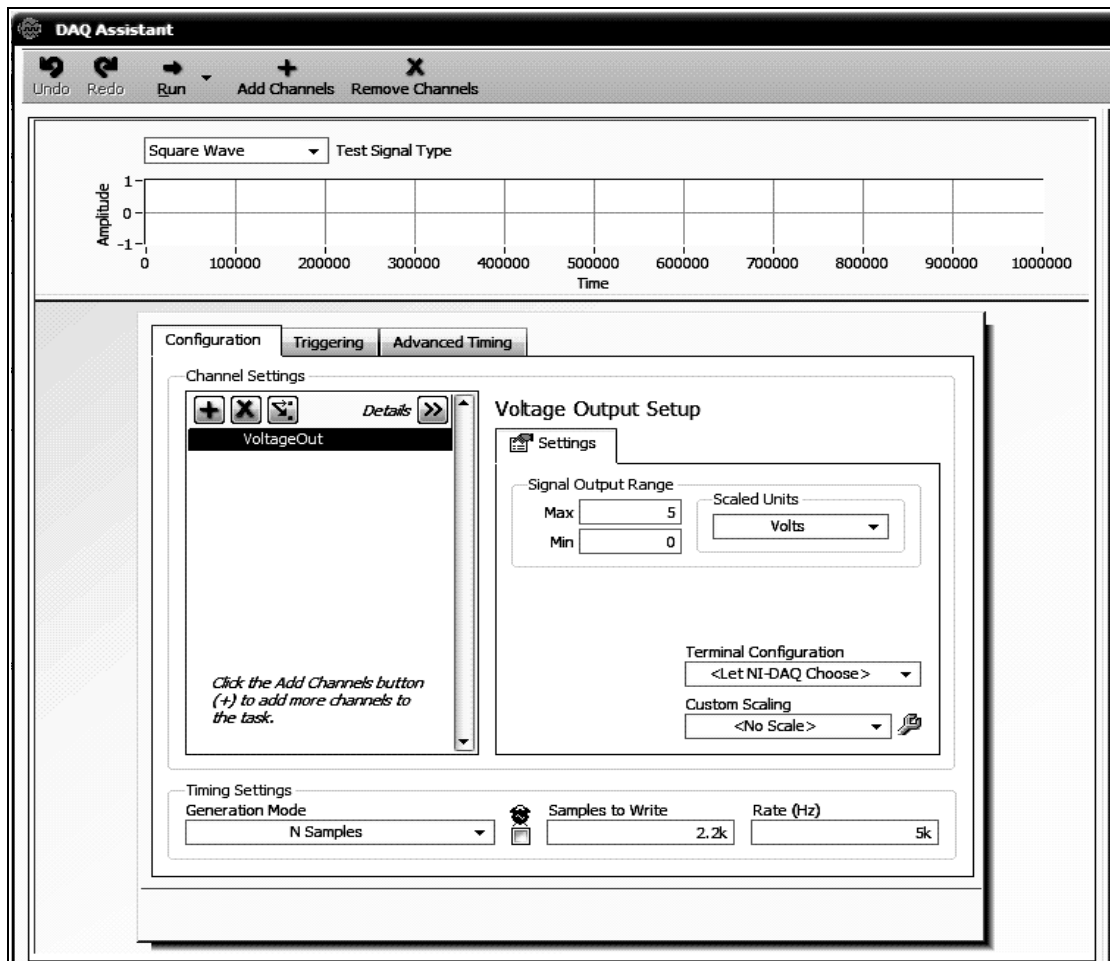
Signal Name

Use signal type name

Signal name
Square

OK Cancel Help

รูปที่ ข.9 การสร้างสัญญาณ Square สำหรับขับสตีปมอเตอร์



รูปที่ ข.10 การตั้งค่า DAQ

ภาคผนวก ค

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

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 (Submit)*.

อยู่ในระหว่างรอการนำเสนอผลงานทางวิชาการ โดยได้รับการตอบรับแล้ว

[DST-CON2010] Acceptance Notification

จาก: **DSTCON 2010 (Web Administrator)** (dstcon.kmitl@gmail.com)
 👤 คุณอาจไม่รู้จักผู้ส่งรายนี้ ทำเครื่องหมายว่าปลอดภัย | ทำเครื่องหมายเป็นอีเมลขยะ
 ส่งเมื่อ: 18 เมษายน 2553 23:28:37
 ถึง: p.nitipong@hotmail.com
 สำเนาถึง: DST-CON2010 (dstcon2010@gmail.com)
 📎 สิ่งที่แนบมา 4 รายการ | ดาวน์โหลดสิ่งที่แนบมาทั้งหมด (79.6 กิโลไบต์)
 Template_...dot (53.5 กิโลไบต์), ATT00001 (0.6 กิโลไบต์), Template_...dotx (24.6 กิโลไบต์), ATT00002 (0.9 กิโลไบต์)

Dear Prommarak Nitipong;
 Paper ID: 20100061
 Paper Title: DAMAGE SCREW INSPECTION BY COMPUTER VISION PROTOTYPE MACHINE

Congratulations!

The DST-CON2010 Technical Program Committee has completed the review process, and we are pleased to inform you that the paper named above has been ACCEPTED for presentation. The said paper also will be published in the conference Proceedings.

Included at the end of this e-mail message are the reviewers' comments on your paper. Please revise your paper according to reviewers' comments.

BE NOTED! The final manuscript MUST BE LIMITED to only 4 pages. The final manuscript and copyright form MUST be uploaded to the <http://www.dst-con2010.org> web site ONLY by Monday April 26, 2010. Violating this note may cause your paper being unpublished.

Again, congratulations; we are looking forward to seeing you in DST-CON2010, BITEC, Bangkok.

Best regards,
 S.Choomchuay
 Technical Program Committee Chair, DST-CON2010

DAMAGE SCREW INSPECTION BY COMPUTER VISION PROTOTYPE MACHINE

Nitipong Prommarak ^{*)}, Kontorn Chamniprasart ^{**)}

^{*)} School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology
111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand
e-mail: p.nitipong@hotmail.com

^{**)} School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology
111 University Ave., Muang District, Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand
e-mail: kontorn@sut.ac.th

Abstract— Hard disc drive (HDD) is widely used in data storage system, both of commercial and high end products. Therefore, hundred thousands of HDD was built, daily, majority of them from main manufacturer in Thailand. One of the most common parts to assembly HDD is screw, which are small size, cleanroom grade and effect to HDD quality. Screw is taken off from HDD when it has to be reworked. In the view of cost saving, the screw has been attempted to be reusable parts. Manual screening and checking is currently used to verify the screw appearance. However, human error in the screening/checking processes is often found and may lead to other issues, such as contamination problem, leak test fail and poor appearance. This study aims to develop automatic prototype to screen/check the screw to prevent human error and make more reliable of reused screw. The image processing technique was employed to separate reusable and damage screw. Screw tray was moved on X-Y table that controlled by LabVIEW. Cycle time is approximately 1.8 second/screw was obtained with approximately 97% checked correctly. The prototype of this study is expected to develop for higher 100% corrected, shorter cycle time, optimal screw tray moving path and automatic damage screw picking-off system.

Keywords-component; HDD; Screw; Image processing; LabVIEW

I. INTRODUCTION

Hard disc drive (HDD) is currently one of the most important electronics devices in data storage system. HDD is widely used in both consumer products such as DVD player, camera, TV and high end product. It is known that Thailand is the world's HDD manufacturing base. Well known HDD manufacturers and suppliers have located their plant in Thailand and also closed region to shorter supply chain and increase customer service level. However, the economics crisis forces them to focus on cost reduction. Many means have been carried out such as moving forward to automatic processes, researching on high performance material and reusing of some materials. In the HDD manufacturing processes, all drives will be tested to verify quality and performance. Some of them have to be reworked to convert fail HDD to be good product. As the screw is the common parts that use to fix and assemble the HDD, the

first step of rework processes is screws loosening. For instance, PCB card fixing screws, top cover fastening screws, etc. As much as the quantity of reworked HDD is increase, number of waste screw is more than ten times of them. Therefore, in the view of cost saving, taken off screws are attempting to be reusable part. Presently, the screws have been 100% visual checked by microscope. Head slot conditions of the screws were used to classify damage screw and reusable screw. However, the screw manual inspection process is depended on human factors such as decision criteria, eyes performance after hours, emotional effect, etc. It should be advantage that screw inspection and judgment can be carried out automatically. This study aims to design and built the prototype of automatic screw inspection system by using image processing.

II. SCREW CHARACTERISTICS

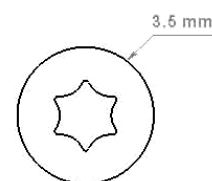


Figure 1. HDD's screw head

Screw used in HDD manufacturing is small, cleanroom grade and effect to HDD quality. The screw is tightening with specified torque to assemble parts of HDD together. Therefore, screw head pattern, so call head slot, is very important for torque controlling and, finally, effect to leak performance. Unlike screw thread, the head slot is easier to distort after tightening and loosening. Moreover, the head slot also affects to HDD appearance that are valuable for customers. Consequently, this study use only head slot conditions to classify damage screw and reusable screw. The screw of PCB fixing for 2.5" HDD is selected for designing the inspection system due to their high possibility to take off

and large numbers of screw is used. The drawing of screw head is shown in Figure 1.

A. Reusable screw

The reusable screw is screw that can be tightening with specified torque by typical assembly tool. Therefore, there is still having good conditions around head slot without any distortion or burr around head slot edge. Figure 2 shows head slot of reusable screw.



Figure 2. Example photo of head slot of reusable screw

B. Damage screw

The damage screw is screw that difficult to re-tightening or shows poor appearance. For example; burned spot at head slot edge, protrusion or distortion of head slot. These damage appearances may occur during either tightening or loosening processes. The examples of damage head slot indicate in Figure 3.



Figure 3. Example photo of head slot of damage screw

III. EXPERIMENTAL PROCEDURES

A. System and prototype designing

The screw inspection system and prototype were designed based on image processing technique. The screw was designed to lie on screw tray by 13 rows and 18 columns. The tray was sit on XY table, 125 mm. stage travel, drove by step motor. Digital microscope, 640 x 480 pixels VGA, was fixed above screw tray, with separated based to avoid vibration from the XY table. Screws were inspected step by step synchronized with the movement of XY table. The inspection system was designed and controlled by using LABVIEW 8.0 via DAQ card. Result of inspection was recorded and displayed on computer. Configuration of the prototype is shown in Figure 4.

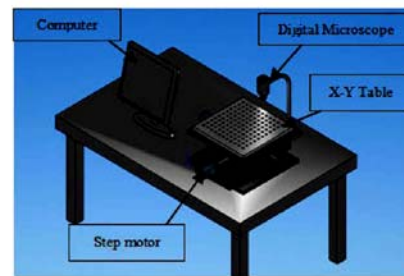


Figure 4. Configuration of screw inspection prototype

B. Decision criteria

Based on the decision criteria described above, the damage screw should has bigger head slot than either new or reusable screw. Therefore, the head slot area was used as decision criteria in this study. Several reusable screws from factory were inspected and head slot area was calculated by image processing technique described below. The maximum value of head slot among them was set as decision value to separate reusable and damage screw. The higher head slot area was classified as damage screw due to the higher value might imply the distortion or protrusion of head slot during tightening or loosening. In this study, the maximum value of 9,685 pixels was set as boundary value.

C. Image processing

Photo of screw head was took by digital microscope. The photo was processed to delete unnecessary parts of the photo [1], [2]. The final image that remained only head slot edge line [3], [4] was brought to analyzed. The roughly image processing step was shown in Figure 5. Head slot area was computed by LABVIEW [1] in pixel unit. The area value was processed to compare with the boundary value and, consequently, classifying to either reusable or damage screw. The result of inspection was indicated on computer display as "PASS" or "FAIL" and exported to record in MS EXCEL for picking off the damage screw by vacuum tube.

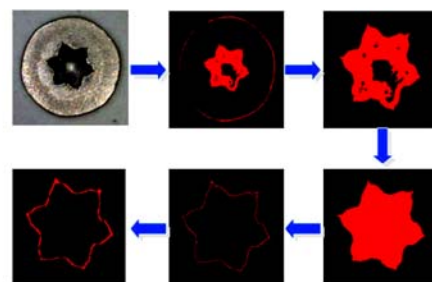


Figure 5. Image processing step: from screw head photo to head slot edge line.

D. Screw discrimination procedure

In this process, the damage screws were removed from the tray by using the vacuum generator. This machine transforms the pressure force of the air pump into the suction force by passing the air through the

vacuum ejector. This vacuum ejector is also the major part that is used for screw suction. It is directed by the program through solenoid. The status of the vacuum (Vacuum ON or Vacuum OFF) depends on program instruction. The vacuum will be off when the screw passes. On the other hand, it will be on when the screw fails. Then, this damage screw is removed from the tray by suction. The removed screws are kept in the filter of screw which is used to separate the damage screw from the vacuum ejector. When the damage screw is sucked and bump to the internal wall, it will fall into the funnel. The damage screw will be discarded until the filter is full of the screws. This filter must be regularly checked for the leakage. If there is the leakage, the vacuum also leaks itself. Thus, it cannot suck and remove the screw from the tray



Figure 6. Vacuum Ejector and Filter of screw

E. Moving path and control

Screws were lie on the tray and tray sit on XY table. The XY table was controlled by LABVIEW via DAQ card and drove by step motor. Open loop moving steps were set for appropriated interval of screw tray pitch and image of screw head was took when XY table is stop during steps. The moving path was set like square wave pattern and return to the starting point for next screw tray operation. Moving path of XY table and inspection flow chart was shown in Figure 7 and 8, respectively.

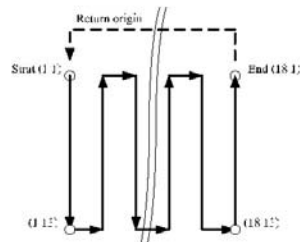


Figure 7. Moving path of XY table

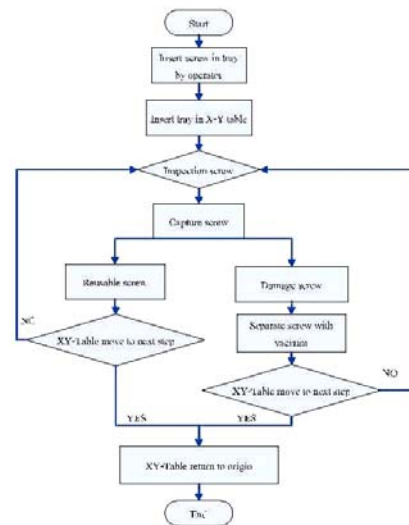


Figure 8. Inspection flow chart of screw inspection processes

F. Inspection test

234 classified screws were used in inspection test. There are mixing of both reusable and damage screw. Digital microscope of 50x was set 30 mm above screw tray. All light sources, except camera light source, were closed to control light intensity at the screw head. Inspection was carried out and operation time was measured since XY table start moving until 234 step screw inspections and return to the starting position. Inspection results were compared to known screw classification.

IV. RESULTS AND DISCUSSIONS

Figure 9 shows image of head slot that remained only edge line. The head slot area was compared with the boundary value and classified to be reusable or damage screw. The results of comparison were exported to record in the form of MS EXCEL pattern as shown in Table I. The record will be further used for advance improvement of this study such as damage screw picking off system.

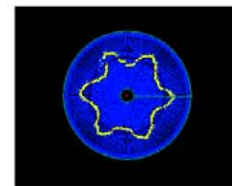


Figure 9. Compared to values measured with the audit standard

TABLE I. PREVIEW DATA RECORD IN THE FROM OF MS EXCEL PATTERN

PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL
PASS	PASS	PASS	FAIL	FAIL
FAIL	PASS	PASS	FAIL	FAIL

PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL
PASS	PASS	PASS	FAIL	FAIL
PASS	FAIL	PASS	PASS	PASS
PASS	FAIL	PASS	FAIL	PASS
PASS	FAIL	PASS	FAIL	PASS
PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL
PASS	PASS	FAIL	FAIL	FAIL
PASS	PASS	FAIL	PASS	FAIL
PASS	PASS	FAIL	FAIL	FAIL
PASS	PASS	FAIL	PASS	PASS

A. Inspection test

The inspection test was carried out for 10 times on the same screw set. It was found that this prototype can be used for screw inspection and yields 100% of reproduction result. However, this image processing system indicates approximately 97% corrected results compared to pre-classified results (classified by factory operator). The wrong classification was analyzed by focusing on such screws. Causes of error was discussed and shown in Table II.

TABLE II. SCREW HEAD CONDITION AND CLASSIFICATION

Screw head conditions	Classification by operators	Classification by this study
Dark tone color around head slot	Considering head slot condition	Damage
Very small scratch on head slot edge	Considering head slot condition	Reusable

From Table II, the dark tone color leads to damage classification by image processing in this study. This case may not cause any manufacturing problems because the damage screw will be taken off from manufacturing line. On the other hand, the other case may yield some problems when a damage screw was classified as reusable screw and sent back to manufacturing line.

However, the very small scratch case is also very difficult to classify even by skilled operators because it is depended size and position of scratch.

B. Inspection test

The prototype can inspect one tray of 234 screw and return to starting position. Cycle time of about 1.8 seconds/screw was obtained. It was found that the cycle time for image processing process is approximately 1.3 seconds and for waiting time of damage screw picking off and data exporting to MS EXCEL is approximately 0.5 seconds.

V. CONCLUSIONS

The screw inspection system and prototype was designed and built. The prototype can be used to inspect screws and yield 97% corrected result compared to pre-classified result. Cycle time of 1.8 seconds/screw was obtained. The result of inspection might reliable and be used instead of operator. The prototype should be improved in decision criteria to protect error from very small scratch. Moreover, in case that shorter cycle time is required, higher resolution of camera and improvement of moving path/step is necessary.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank you Hitachi GST for fruitful information and interested problem. Thank also to NECTEC for grant to support in this research.

REFERENCES

- [1] G. Christopher Relf, "Image Acquisition and Processing with LabVIEW" (references)
- [2] Richard E. Wood, Digital Image Processing, Prentice-Hall,2001.
- [3] Mahesh L. Chugani, Abhay R. Samant, Michael Cerna., LabVIEW signal processing, Upper Saddle River, NJ :Prentice Hall PTR, 1998.
- [4] William K. Pratt, Digital Image Processing, A Wiley-Interscience publication, 1991, pp.447-556.
- [5] Hughes Austin., Electric Motor and Drives Fundamentals, Type and Applications, Newnes, 3rd ed.,2006, pp.305-338.

ประวัติผู้เขียน

นายนิติพงศ์ พรหมรักษ์ เกิดเมื่อวันที่ 25 เมษายน 2527 ปัจจุบันมีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านเลขที่ 148 หมู่ 1 ตำบลสถาน อำเภอป่า จังหวัดน่าน เริ่มต้นการศึกษาในระดับประถมศึกษาชั้นปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนบ้านร่อง อำเภอป่า จังหวัดน่าน จากนั้นศึกษาต่อในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 ที่โรงเรียนป่า อำเภอป่า จังหวัดน่าน และจบการศึกษาในปี พ.ศ. 2544 ต่อมาได้ศึกษาในระดับอุดมศึกษาที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา และสำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ในปี พ.ศ. 2548 หลังจบการศึกษาได้ทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยสอนและวิจัย ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จากนั้นได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล พร้อมทั้งเขียนโครงการขออนุมัติทุนสำหรับการทำวิจัยให้กับคณะผู้วิจัย ซึ่งรวมถึงตัวข้าพเจ้าเองด้วย โดยระหว่างศึกษาต่อ นั้นได้รับหน้าที่เพิ่มเติมในตำแหน่งผู้สอนปฏิบัติการ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยรับผิดชอบรายวิชาดังนี้ (1) เขียนแบบวิศวกรรม 1 (2) เขียนแบบวิศวกรรม 2 (3) ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 1 (4) ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 2 (5) ปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล 3 (6) MATLAB