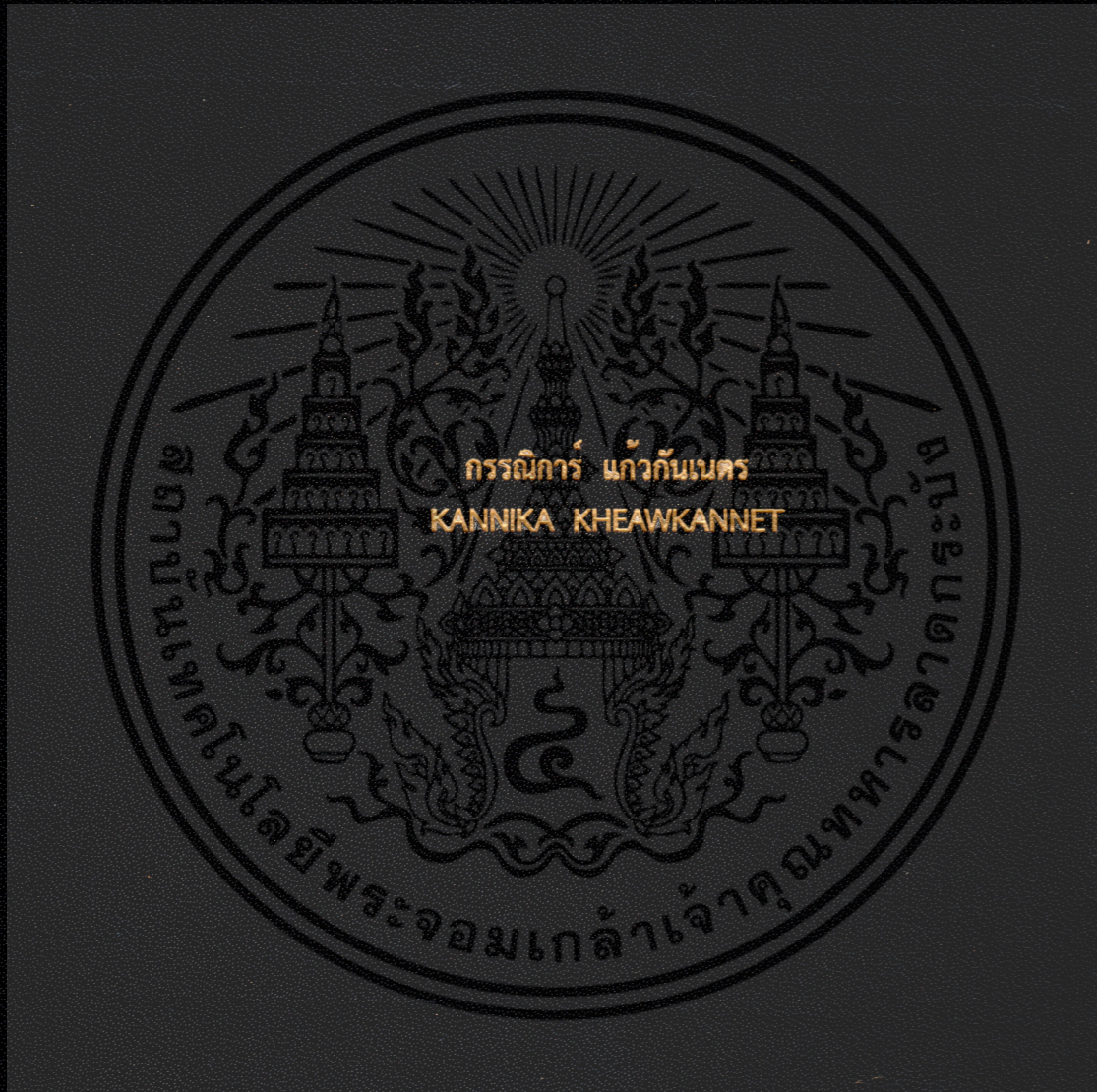


การอ่านเกจวัดแบบเข็มด้วยระบบวิสัยทัศน์จักรกล

ANALOG DIAL GAUGE USING MACHINE VISION SYSTEM



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2558
KMITL-2015-EN-M-060-079

การอ่านเกจวัดแบบเข็มด้วยระบบวิสัยทัศน์จักรกล

ANALOG DIAL GAUGE USING MACHINE VISION SYSTEM



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANALOG DIAL GAUGE USING MACHINE VISION SYSTEM



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2015-EN-M-060-079



COPYRIGHT 2015

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKARABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การอ่านเกจวัดแบบเข็มด้วยระบบวิสัยทัศน์จักรกล
Thesis Title Analog Dial Gauge Using Machine Vision System
นักศึกษา นางสาวกรรณิการ์ แก้วกันเนตร
รหัสประจำตัว 55611755
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ทวีพล ชื้อสัตย์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2015-EN-M-060-079

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วิทยา ทิพย์สุวรรณพร	
รศ.วิริยะ กองรัตน์	
ดร.ยุทธพงศ์ ทัพผดุง	
รศ.สุพรรณ กุลพานิชย์	
รศ.ดร.ทวีพล ชื้อสัตย์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 เวลา 11.00-13.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การอ่านเกจวัดแบบเข็มด้วยระบบวิสัยทัศน์จักรกล
นักศึกษา	นางสาวกรรณิการ์ แก้วกันเนตร
รหัสประจำตัว	55611755
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.ทวีพล ชื้อสัตย์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอเกี่ยวกับวิธีการอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็มประเภทต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เกจวัดแรงดัน เกจวัดอุณหภูมิ เป็นต้น การติดตั้งอุปกรณ์การตรวจวัดสำหรับระบบอัตโนมัตินั้นง่ายต่อการใช้งาน แต่มีราคาสูงมาก จึงไม่เหมาะที่จะติดตั้งในทุกๆจุด จึงทำให้ต้องตรวจวัดด้วยเกจวัดแบบเข็ม ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้ไม่สามารถเชื่อมโยงด้วยสัญญาณทางไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงนำเสนอการอ่านค่าด้วยระบบวิสัยทัศน์จักรกล โดยการวิจัยเลือกใช้เกจวัดแบบเข็มที่ติดตั้งบริเวณหน้างานจริงเป็นตัวอย่งเกจในการศึกษา ในการทดลองจะใช้กล้องไร้สายตรวจวัดการแสดงผลของเกจ โดยค้นหาขอบภาพของเกจวัดแล้วใช้วิธีการโครงกระดูก (Skeleton) เพื่อให้เส้นสเกลของเกจคมชัดขึ้น และพิจารณาพื้นที่ที่ไม่ต้องการออกจากรูปภาพ จากนั้นใช้ทฤษฎีแฮททรานส์ฟอร์ม (Hough transform) สำหรับหาค่ามุมของเข็มที่เปลี่ยนไปของเกจวัด จากการทดลองพบว่าสามารถวัดค่าได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีค่าความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 99 ระบบตรวจวัดที่นำเสนอนี้สามารถนำไปพัฒนาออกแบบเป็นวิธีวัดอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถใช้ได้กับการตรวจวัดระบบทุกประเภทที่มีการแสดงผลด้วยด้วยเกจแบบเข็ม นอกจากนี้ระบบดังกล่าวนำเสนอกระบวนการทำงานที่ไม่ซับซ้อน ติดตั้งง่าย การเคลื่อนย้ายสะดวก และ ต้นทุนต่ำ

คำหลัก: การประมวลผลภาพ; วิธีโครงกระดูก; แฮททรานส์ฟอร์ม

Thesis	Analog Dial Gauge Using Machine Vision System
Student	Miss Kannika Kheawkannet
Student ID.	55611755
Degree	Master of Engineering
Program	Instrumentation Engineering
Year	2015
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Taweepol Suesut

ABSTRACT

This thesis present the technique to read the data from industrial analog dial gauge such as pressure gauge and temperature gauge. Nowadays, installation of measuring devices for automatic system is convenient and ease of use but the cost is high for several points. So that, the installation of analog dial gauge is need. However, it cannot make an electrical signal connection. Therefore, this thesis presents an application of machine vision system using wireless camera mounted at local site. This image processing steps start from edge finding and then the skeleton in order to sharpen image and removing unwanted image. The hough transform was used to calculate the angle of the indicator in real-time. The experiment result was satisfactory with 99 percent of accuracy. This method can apply for all type of analog dial gauge which is easy to use as well as low cost application.

Keywords: image processing; Skeleton; Hough transform

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูงของ รศ.ดร.ทวีพล ชี้อัตย์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม ซึ่งได้ให้โอกาส ความรู้และคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนความเมตตาและความอดทนในการตรวจผลงานของข้าพเจ้า ทำให้ผลงานทุกชิ้นสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณครอบครัว ได้แก่ บิดา มารดา เพื่อนๆ พี่ๆและน้องๆทุกคน ที่สนับสนุนให้กำลังใจ และความช่วยเหลือที่ดี ทำให้ข้าพเจ้าประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณ บริษัท ไทยดีคัล จำกัดที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลองหน้างานจริง เพื่อใช้ในการวิจัยดังกล่าว

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอพระขอบคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ ประสาทความรู้ทางด้านต่าง ๆ ทั้งในอดีตจนถึงปัจจุบัน ที่ได้ให้โอกาสผู้วิจัยได้ศึกษาจบจนถึงการศึกษาระดับปริญญาโท และได้ให้กำลังใจทุกอย่างไม่ว่าผู้วิจัยจะประสบปัญหาใด ๆ รวมถึงญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ให้ความรัก ความอบอุ่น ความหวังเฝ้ายและให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษาอย่างดีทั้งที่เอนนามและอยู่เบื้องหลังอีกมากมาย ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

กรรณิการ์ แก้วกันเนตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน.....	3
1.6 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.7 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์.....	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 การประมวลผลภาพ (Image Processing).....	5
2.2 ทฤษฎีการหาแกนกลาง (Skeleton Detection).....	18
2.3 ทฤษฎีการค้นหาเส้นตรง (Hough Transform).....	20
2.4 แล็บวิว(LabVIEW).....	24
2.5 ประเภทของกล้อง.....	27
บทที่ 3 การออกแบบและขั้นตอนการทดลอง	32
3.1 การออกแบบระบบสำหรับการอ่านค่าเกจวัด.....	32
3.2 การติดตั้งระบบการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็ม.....	32
3.3 ส่วนประกอบของระบบ.....	33
3.4 การติดตั้งกล้องและเกจวัด.....	34
3.5 การเลือกประเภทของแหล่งกำเนิดแสง.....	35

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 การเลือกประเภทของกล้อง.....	35
3.7 ชนิดของเงจวัด.....	40
3.8 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ	43
3.9 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ.....	45
บทที่ 4 การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง	52
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	52
4.2 เกจที่ใช้ในการทดสอบเพื่ออ่านค่า.....	53
4.3 ผลการทดลองและวิจารณ์	55
4.4 ผลการทดลองและวิจารณ์	64
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	65
5.1 สรุปผลการวิจัย	65
5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อ	65
เอกสารอ้างอิง	66
ภาคผนวก ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์	68
ประวัติผู้เขียน	78

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ ρ และ θ เมื่อแทนค่าในสูตร.....	23
2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติกล้องประเภทต่างๆ	30
4.1 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มด้วยวิธีการต่างๆ.....	57
4.1 (ต่อ) เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มด้วยวิธีการต่าง.....	58
4.2 การตรวจสอบระบบการอ่านเกจวัดแบบเข็มอัตโนมัติโดยการตรวจสอบซ้ำ..... (เพิ่มความดันขึ้นครั้งละ 10%)	59
4.3 การตรวจสอบระบบการอ่านเกจวัดแบบเข็มอัตโนมัติโดยการตรวจสอบซ้ำ..... (ลดความดันลงครั้งละ 10%)	59
4.4 เวลาที่ใช้ในการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มด้วยวิธีการต่างๆ.....	60
4.5 การส่งสัญญาณภาพในระยะทางต่างๆ (Receiver -> Computer).....	61
4.6 การตรวจสอบโดยใช้กับสถานที่ปฏิบัติงานจริงจากการอ่านค่าจากเกจ.....	62
4.7 ราคาในการติดตั้ง.....	63

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 Industrial process controls by human	1
1.2 Industrial process controls by PLC	1
2.1 ภาพขยายแบบบิตแม็พและภาพขยายแบบเวกเตอร์.....	7
2.2 ตำแหน่งของพิกัดจุดใด ๆ ของภาพดิจิทัล.....	8
2.3 ตัวอย่างภาพดิจิทัล.....	10
2.4 ระดับความเข้มเทา.....	11
2.5 ภาพสี.....	11
2.6 ภาพขาวดำ.....	12
2.7 ภาพดำซึ่.....	12
2.8 ภาพระดับความเข้มเทาที่มีดและฮิสโตแกรมของภาพ.....	13
2.9 ภาพระดับความเข้มเทาที่สว่างและฮิสโตแกรมของภาพ.....	13
2.10 ภาพระดับความเข้มเทาที่ปกติและฮิสโตแกรมของภาพ.....	14
2.11 เปรียบเทียบภาพที่สว่างของภาพที่สว่างและมีด.....	14
2.12 ภาพคอนทราสต์ของภาพที่มีค่าคอนทราสต์น้อย.....	15
2.13 ภาพคอนทราสต์ของภาพที่มีค่าคอนทราสต์ที่เหมาะสม.....	15
2.14 ภาพส่วนประกอบของตา.....	17
2.15 ภาพส่วนประกอบของตาเทียบกับกล้อง.....	17
2.16 หน้าต่างขนาด 3x3	18
2.17 ตัวอย่างตารางการเปลี่ยนค่าจาก “0” เป็น “1”	19
2.18 แสดงการนับจำนวนเส้นตรงของการแปลง Hough Transform	20
2.19 แสดงการแปลงรูปแบบระหว่าง Image Space กับ Parameter Space	21
2.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของเวกเตอร์ ρ กับจุดของเส้นตรง.....	21
2.21 แสดงการหาเส้นตรงของภาพสองมิติโดยใช้ Hough Transform	22
2.22 แสดงตัวอย่างการทำ Hough Transform	23
2.23 แสดงการแปลงค่าของ Hough Space เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจุดในเส้นตรง	24
2.24 แผงควบคุมด้านหน้า	25
2.25 บล็อกไดอะแกรม.....	26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.26 ไอคอนและคอนเนคเตอร์.....	27
2.27 กล้องประเภทต่างๆ.....	27
2.28 กล้องเว็บแคม.....	28
2.29 กล้องเว็บแคมแบบมีสาย.....	29
2.30 กล้องเว็บแคมแบบไร้สาย.....	29
3.1 ระบบการอ่านเกจวัด.....	32
3.2 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็ม.....	33
3.3 เกจที่ใช้ในการทดลอง.....	33
3.4 Wireless camera	34
3.5 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเก็บภาพ.....	34
3.6 กล้องเว็บแคมไร้สาย HAMY mini Wireless Camera 2.4 Ghz C501	35
3.7 เซนเซอร์ CCD และ CMOS.....	35
3.8 แสดงโครงสร้างภายในเซนเซอร์ CCD	36
3.9 แสดงโครงสร้างภายในเซนเซอร์ CMOS	36
3.10 แสดงโครงสร้างภายในเซนเซอร์ Foveon X3.....	38
3.11 เกจวัดชนิดต่างๆ.....	40
3.12 เครื่องมือวัดความดันประเภท Pressure Transmitter.....	40
3.13 เกจวัดแบบเข็ม.....	41
3.14 กลีเซอรินบริสุทธิ์ 99.87%.....	42
3.15 การทำสบู่โดยใช้กลีเซอริน.....	42
3.16 โครงสร้างและกลไกภายในของPressre Gauge.....	43
3.17 เกจวัดแบบมีกลีเซอรินบรรจุอยู่ภายใน.....	43
3.18 แสดงโปรแกรม LabVIEW ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ.....	44
3.19 แสดงโปรแกรม LabVIEW ส่วน block diagram ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ.....	44
3.20 แผนภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพในการอ่านค่าเพื่อแสดงค่าจริง.....	45
3.21 แสดงขั้นตอนการปรับปรุงภาพ.....	46
3.22 แสดงขั้นตอนการปรับปรุงภาพด้วยวิธี Skeleton.....	46
3.23 แสดงขั้นตอนการปรับปรุงภาพด้วยวิธี Hough transform.....	47

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.24 แสดงหน้าจอสำหรับผลการอ่านค่าจากวัด.....	47
3.25 เกจวัดแบบเข็ม 0-10 kgf/cm ² แบ่งออกเป็น 2 ระนาบ.....	48
3.26 การตั้งค่าแนวระนาบ A	49
3.27 แผนภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพเพื่อเก็บค่าในการเทียบค่าจริงระนาบ A.....	49
3.28 การตั้งค่าแนวระนาบ B.....	50
3.29 แผนภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพเพื่อเก็บค่าในการเทียบค่าจริงระนาบ B.....	51
4.1 กล้องเว็บแคมไร้สาย HAMY mini Wireless Camera 2.4 Ghz C501.....	52
4.2 เครื่องรับสัญญาณกล้องไร้สาย Radio AV Receiver.....	53
4.3 ระบบการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็ม.....	53
4.4 เกจวัดแบบเข็ม 0-10 psi.....	54
4.5 Hart เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่า.....	54
4.6 ภาพการติดตั้งกล้องบริเวณหน้างาน.....	56
4.7 ตัวอย่างเกจวัดแบบเข็ม.....	56
4.8 กระบวนการประมวลผลภาพ.....	57
4.9 แสดงกราฟเวลาที่ใช้ในการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มด้วยวิธีการต่างๆ.....	58
4.10 เวลาที่ใช้ในการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มด้วยวิธีการต่างๆ.....	61
4.11 เกจที่ไม่สามารถวัดค่าได้.....	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมมีการแข่งขันสูง การผลิตจึงต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของโรงงาน ซึ่งแสดงได้จาก ต้นทุนการผลิต คุณภาพ มาตรฐาน ความปลอดภัย จึงต้องอาศัยการควบคุมที่ดี และการตรวจวัดที่มีประสิทธิภาพ การตรวจวัดจัดเป็นอีกหนึ่งกระบวนการที่สำคัญ อุตสาหกรรมบางประเภทมีความเสี่ยงสูงที่อาจเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ง่าย จึงมีความจำเป็นในการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อตรวจวัด และติดตามผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อควบคุมค่าให้ได้ตามค่ามาตรฐาน ทั้งสามารถยับยั้งและป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ โดยในช่วงแรกมีการใช้เกจวัดแบบเข็ม ควบคุมระบบด้วยการตรวจวัดด้วยสายตาและถูกตรวจสอบค่าอย่างต่อเนื่องด้วยสายตาของพนักงาน แต่พบปัญหาบ่อยครั้งจากการอ่านค่า การบันทึกผลของพนักงาน ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัยเช่น การเหนื่อยล้าของตัวพนักงาน ความผิดพลาดจากการอ่าน เป็นต้น



รูปที่ 1.1 ระบบควบคุมโรงงานอุตสาหกรรม

ต่อมาจึงมีพัฒนานำระบบ PLC (Programmable Logic Controller) เข้ามาใช้ในการตรวจวัดค่า เนื่องจากใช้งานง่าย มีความน่าเชื่อถือ การกำหนดค่าง่าย โดยเริ่มใช้งานครั้งแรกเมื่อปี 1969 และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในการวัดตัวแปรต่างๆในกระบวนการ เช่น อุณหภูมิ, ความดัน, การไหล สัญญาณจะถูกวัดโดยใช้เครื่องส่งสัญญาณ อย่างไรก็ตามชุดการทำงานดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายสูงราคาแพง จึงมีการนำเสนอผลงาน เพื่อลดค่าใช้จ่ายสำหรับการติดตั้งระบบ PLC เพื่อเป็นหนึ่งทางเลือกในการใช้งาน [1]



รูปที่ 1.2 Industrial process controls by PLC

ปัจจุบันมีการนำวิธีการประมวลผลภาพมาใช้ในการตรวจวัดในกระบวนการต่างๆ เช่น การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน การหาจุดแตกกร้อยร้าวของพื้นผิว การผลิตชิ้นงาน การบรรจุชิ้นงาน การสอบเทียบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ รวมทั้งการควบคุมค่าจากการอ่านค่าเกจวัด ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักในการวิจัยนี้ ทั้งนี้ยังมีการพัฒนาการอ่านค่าด้วยการประมวลผลภาพอย่างต่อเนื่อง เช่น การอ่านค่าแบบเข็มไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟใดๆแต่มีข้อเสียคือไม่เหมาะสมกับเกจวัดแบบดิจิตอล[2] การพัฒนาการตรวจวัดเกจวัดแอนะล็อกแบบเวลาจริง (Real time) ซึ่งสามารถให้ผลใกล้เคียงกับเครื่องส่งสัญญาณที่มีราคาสูง แต่ไม่เหมาะกระบวนการประเภทที่มีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว [3] และการประดิษฐ์ชุดอ่านค่าจากเกจซึ่งยังมีข้อจำกัดความสามารถอ่านค่าและราคาแพง

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการแก้ไขปัญหาดังกล่าว กรณีตรวจวัดระบบ ซึ่งแสดงผลด้วยเกจแบบเข็มในการอ่านค่า จากเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยการใช้วิธีการโครงกระดูก (Skeleton)[4] เพื่อทำให้เส้นสเกลของเกจคมชัดขึ้น และพิจารณาพื้นที่ที่ไม่ต้องการออกจากรูปภาพ จากนั้นใช้ทฤษฎีเอนโทรปี (Hough transform)[6] สำหรับหาค่ามุมของเข็มที่เปลี่ยนไปของเกจวัด เพื่อคำนวณค่ามุมของเข็มวัดที่เปลี่ยนไป อีกทั้งพัฒนาโปรแกรมให้ใช้งานง่ายแก่การติดตั้ง รวมทั้งลดต้นทุนของอุปกรณ์อีกด้วย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำเสนอแนวทางในการอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็มด้วยการประมวลผลภาพ กรณีตรวจวัดระบบ ซึ่งแสดงผลด้วยเกจแบบเข็มในการอ่านค่า แก้ไขปัญหากรณีไม่สามารถตรวจวัดด้วยระบบอัตโนมัติ รวมทั้งลดต้นทุนของอุปกรณ์

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การออกแบบอุปกรณ์ในการอ่านค่าเกจ จากเทคนิคการประมวลผลภาพ เพื่อให้อ่านค่าจากเกจวัดได้ถูกต้องและมีความแม่นยำสูง ดังนั้นจึงต้องทำการศึกษาส่วนประกอบอุปกรณ์หลักในแต่ละส่วนเพื่อยืนยันว่าเป็นไปตามที่คำนวณและสามารถนำไปใช้งานได้จริงส่วนประกอบที่สำคัญมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะในรูปแบบใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบที่ 1 คือการคัดเลือกกล้องมาใช้งาน กล้องที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เป็นกล้องไร้สาย และสามารถถ่ายภาพได้ในที่มืด เนื่องจากเป็นระบบปิดเพื่อสะดวกแก่การใช้งานและแก้ปัญหาแสงสะท้อนของกล้อง อีกทั้งราคาถูก ซึ่งเพียงพอกับการรับภาพ ส่วนประกอบที่ 2 คือ ชุดทดลองแรงดัน เพื่อใช้ตรวจสอบการอ่านค่า ส่วนประกอบที่ 3 คือ ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรมเพื่อให้อ่านค่าจากเกจได้ถูกต้อง

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ทฤษฎีพื้นฐานสำหรับงานวิจัยฉบับนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก ส่วนที่ 1 คือทฤษฎีการประมวลผลภาพยกตัวอย่าง เช่น ทฤษฎีการปรับภาพเป็นระดับสีเทา (Gray Scale) และกระบวนการปรับเทรชโฮล (threshold) เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพก่อนการประมวลผล วิธีการโครงกระดูก (Skeleton) เพื่อทำให้ขอบภาพคมชัดขึ้น ซึ่งทำให้เส้นสเกิลของเกจคมชัดขึ้น และพิจารณาพื้นที่ที่ไม่ต้องการออกจากรูปภาพ จากนั้นใช้ทฤษฎีแฮททรานส์ฟอร์ม (Hough transform)[6] สำหรับหาค่ามุมของเข็มที่เปลี่ยนไปของเกจวัด เพื่อคำนวณค่ามุมของเข็มวัดที่เปลี่ยนไป ส่วนที่ 2 คือชุดการทดลองแรงดัน เพื่อใช้สำหรับอ้างอิง กับค่าที่วัดได้จากการประมวลผลภาพ ส่วนที่ 3 คือการประยุกต์การใช้โปรแกรม Labview สำหรับการปรับปรุงและประมวลผลภาพ

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน

เนื่องด้วยการอ่านค่าจากเกจวัดในปัจจุบัน พนักงานจะต้องทำการอ่านค่าที่ตรวจวัดได้ และบางกระบวนการผลิตหรือบางอุตสาหกรรมนำการวัดด้วยการติดตั้งด้วยtransmitter ซึ่งมีความถูกต้องสามารถเชื่อถือได้ ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงใช้การอ่านค่า จากสายตามนุษย์ และจากระบบวัดอัตโนมัติในการในการเปรียบเทียบ

1.6 ขอบเขตของการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อนำเสนอวิธีการอ่านค่าจากเกจวัด เพื่อนำเสนอแนวทางในการอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็มด้วยการประมวลผลภาพ กรณีตรวจวัดระบบ ซึ่งแสดงผลด้วยเกจแบบเข็มในการอ่านค่า แก้ไขปัญหากรณีไม่สามารถตรวจวัดด้วยระบบอัตโนมัติและลดความผิดพลาดที่เกิดจากอ่านผิดพลาดจากผู้ทำการอ่านค่า โดยจะทดลองการอ่านค่าในช่วงต่างๆ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำ

1.7 ส่วนประกอบของวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของการวัดค่าในระบบวัดอุตสาหกรรม โดยมีจุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอทางเลือกในการตรวจวัดค่าและยังคงมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะใช้ทฤษฎีการหาแกนกลาง (Skeleton Detection) และทฤษฎีการค้นหาเส้นตรง (Hough Transform) ในการวิจัย แก้ไขปัญหากรณีไม่สามารถตรวจวัดด้วยระบบอัตโนมัติและลดความผิดพลาดที่เกิดจากอ่านผิดพลาดจากผู้ทำการอ่านค่า โดยจะทดลองการอ่านค่าในช่วงต่างๆ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำ

บทที่ 2 อธิบายถึงหลักการประมวลผลภาพ (Image Processing) ทฤษฎีการหาแกนกลาง (Skeleton Detection) และทฤษฎีการค้นหาเส้นตรง (Hough Transform) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการวิจัยในการตรวจวัดค่าจากเกจวัดแบบเข็ม รวมทั้งอุปกรณ์ที่นำมาทำการออกแบบ

บทที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์ การเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสม การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดค่า ขั้นตอนการทำงานของระบบในการตรวจวัดและการแสดงผลการตรวจวัดค่าในโปรแกรม Labview

บทที่ 4 ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ และสถานที่หน่วยงานจริง ระยะเวลาการรับส่งข้อมูลภาพ รวมทั้งผลการเปรียบเทียบราคาในการติดตั้งอุปกรณ์

บทที่ 5 กล่าวถึงบทสรุปผลการวิจัย ปัญหาที่พบ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนา ระบบต่อไป

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประมวลผลภาพ

รูปภาพใดก็ตาม ไม่ว่าจะเกิดจากการถ่ายโดยใช้กล้องธรรมดาหรือแบบดิจิทัล หากมองกันในแบบของคอมพิวเตอร์ นั่นคือ จุดสีหลายๆ จุดที่นำมาเรียงต่อกัน กันจนสามารถบอกได้ว่าเรียงกันเป็นรูปอะไร เนื้อหาของรูปภาพเป็นอย่างไร การมองเพื่อทำความเข้าใจรูปภาพหนึ่งๆ ไม่ว่าจะเป็นภาพถ่าย หรือภาพที่เป็นแบบดิจิทัลในคอมพิวเตอร์ก็ตาม ในมุมมองของมนุษย์กับรูปภาพ หรือ มุมมองของคอมพิวเตอร์กับรูปภาพเป็นคนละมุมมองกันและแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง มนุษย์สามารถเข้าใจถึงเนื้อหาของภาพได้ว่าภาพที่ปรากฏนั้นให้ความพึงพอใจ ความน่าสนใจมากน้อยแค่ไหน และภาพนี้บอกอะไร สามารถสื่อถึงความรู้สึกอะไรบางอย่างได้หรือไม่ และอีกหลาย ๆ ความรู้สึกที่ได้จากการมองภาพ

แต่เมื่อรูปภาพถูกนำมาใช้ในคอมพิวเตอร์ จะสามารถรับรู้และเข้าใจภาพเป็นเพียงแค่เป็นจุดสีหลายๆ จุดที่เรียงต่อกันในความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพที่เหมาะสม ภาพดิจิทัลถึงแม้จะบันทึกอยู่ในรูปของไฟล์ในดิสก์ของคอมพิวเตอร์เองหรือแม้แต่การจะนำเอาภาพสวยๆ มาเป็นวอลเปเปอร์พื้นหลังของ Desktop ใน Windows คอมพิวเตอร์ไม่สามารถรับรู้และเข้าใจถึงเนื้อหาของภาพที่ปรากฏนั้นได้ ยกเว้นมนุษย์ที่เป็นผู้ใช้คอมพิวเตอร์นั้น ๆ จะเป็นผู้เห็นภาพๆ นั้นจึงจะบอกได้ว่านี่คือภาพที่สวยงามหรือไม่สวย

2.1.1 ความหมายของการประมวลผลภาพดิจิทัล

การประมวลผลภาพ หมายถึง การเรียกใช้ขั้นตอนหรือกรรมวิธีใดๆ มากระทำกับภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพ ให้ได้ภาพใหม่ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่นความคมชัดหรือการประหยัดพื้นที่ในการบันทึกข้อมูล หรือใช้สำหรับการประมวลผลในระดับสูง เช่นการจดจำรูปร่างลักษณะได้อย่างแม่นยำ โดยทั่วไปแล้ววัตถุประสงค์ของการประมวลผลภาพคือ

- การประมวลผลภาพ (Image Processing) คือ นำเข้ารูปภาพ ส่งรูปภาพออก วิธีนี้จะใช้กระบวนการประมวลผลภาพ เพื่อทำให้ได้ภาพออกมา เช่น การตกแต่งภาพด้วยโปรแกรม Adobe Photoshop เป็นต้น

- การวิเคราะห์รูปภาพ (Image Analysis) คือ นำเข้ารูปภาพ ส่งค่าที่วัดได้ออก วิธีนี้จะใช้กระบวนการประมวลผลภาพ เพื่อทำให้ได้ค่าการวัดออกมา เช่น การวัดขนาดในงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

- การตีความรูปภาพ (High-Level Description) คือ นำเข้ารูปภาพ ส่งออกคำบรรยายภาพระดับสูง วิธีนี้จะใช้กระบวนการประมวลผลภาพ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นความหมายตัวอย่างการตีความรูปภาพ เช่น การจดจำตัวอักษร (Optical Character Recognition : OCR) เป็นต้น

การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ สามารถทำได้โดยนำภาพที่ได้มาจากกล้องหรือจากหน่วยความจำในเครื่องต่างๆ ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก แล้วนำมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีลักษณะเป็นรหัสเชิงตัวเลข 0,1 ที่สามารถใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการคำนวณและการประมวลผลข้อมูลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ได้ต่อไป

2.1.2 รูปภาพ

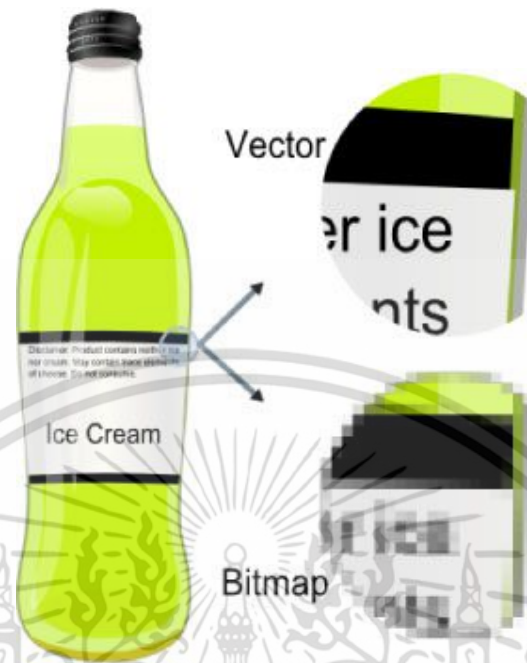
สามารถแบ่งตามวิธีการบันทึกทั่วไปได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ ดังนี้ คือ

1. รูปภาพแบบเวกเตอร์ (Vector Image)

รูปภาพที่ไม่ขึ้นกับความละเอียดของภาพเนื่องจากภาพชนิดนี้ถูกสร้างขึ้นจากสมการของเส้นต่างๆ ภาพประเภทนี้ไม่ว่าจะขยายให้ใหญ่แค่ไหนก็ยังคงรายละเอียดและความคมชัดไว้ได้เหมือนเดิมโดยไม่ผิดเพี้ยน เนื่องจากภาพแบบเวกเตอร์นั้นประกอบด้วยเส้นตรงเส้นโค้งและรูปทรงต่าง ๆ ภาพที่ได้จะสร้างขึ้นจากคำสั่งที่บอกถึงลักษณะของภาพในรูปแบบเรขาคณิตด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นโปรแกรมที่ต้องการเปิดรูปภาพจะต้องนำสมการต่าง ๆ ที่บันทึกเอาไว้มาคำนวณและสร้างรูปทรงของภาพขึ้นมาใหม่ จุดเด่นของภาพแบบนี้คือไม่ว่าจะขยายภาพให้ใหญ่เท่าไรคอมพิวเตอร์ก็สามารถคำนวณค่าต่าง ๆ ใหม่ทุกครั้ง ทำให้ภาพที่เกิดขึ้นมามีความคมชัดภาพเวกเตอร์จึงเหมาะสมกับงานที่มีความแม่นยำและต้องการความละเอียดสูง เช่น การสร้างโลโก้ การสร้างภาพสามมิติ การสร้างแบบร่างทางวิศวกรรม ทั้งเส้นตรง เส้นโค้ง เมื่อทำการย่อขยายรูปภาพลักษณะดังกล่าวคอมพิวเตอร์จะทำการคำนวณรูปภาพใหม่ ทำให้ภาพที่ได้มีความคมชัดเสมอ

2. รูปภาพแบบบิตแมพ (Bitmap image)

สามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าภาพแบบราสเตอร์ (Raster image) เป็นรูปภาพที่เกิดจากจุดเล็กๆ หรือเรียกว่า พิกเซลจำนวนมากที่เรียงต่อกันเป็นภาพภาพหนึ่ง เช่น การแสดงป้ายสีแปลอักษรบนอัมจันทร์ ภาพแบบบิตแมพนี้จะมีจำนวนจุดเล็กๆจำนวนมาก ดังนั้นตาของมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นและแยกแยะรายละเอียดส่วนย่อยเล็กๆนั้นได้ แต่เมื่อลองขยายภาพดูจะเห็นเป็นตาราง ยิ่งขยายใหญ่เท่าไร ตารางสีเหลี่ยม ก็ยังมีขนาดใหญ่ขึ้นจนทำให้มองเห็นจุดของภาพหรือพิกเซลจึงมีผลทำให้ไม่สามารถบอกได้ว่าภาพนั้นเป็นภาพอะไร เนื่องมาจากภาพแบบบิตแมพมีค่าพิกเซลจำนวนคงที่ จึงทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องการขยายขนาดภาพ การเปลี่ยนขนาดภาพทำโดยเพิ่มหรือลดจำนวนพิกเซลจากที่มีอยู่เดิม เมื่อขยายภาพให้ใหญ่ขึ้นความละเอียดของภาพจึงลดลง หากถ้าเพิ่มค่าความละเอียดมากขึ้นก็จะทำให้ไฟล์มีขนาดใหญ่และเปลืองเนื้อที่หน่วยความจำมากขึ้นตามไปด้วย ภาพที่ขยายที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะมองเห็นเป็นตารางสีเหลี่ยมเรียงต่อกันไฟล์ภาพแบบบิตแมพในระบบวินโดวส์ได้แก่ไฟล์ที่มีนามสกุล .bmp, .pcx, .tif, .jpg, .msp, .pcd เป็นต้น ดังตัวอย่างดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างภาพขยายแบบบิตแม็พและภาพขยายแบบเวกเตอร์

2.1.3 ความหมายของพิกเซล (Pixel) และด็อท (Dot)

พิกเซลคือหน่วยเล็กที่สุดของรูปภาพเป็นจุดเล็กๆที่นำมารวมกัน ทำให้เกิดภาพขึ้น ในแต่ละภาพนั้นจะประกอบด้วยพิกเซลหรือจุดมากมาย ซึ่งแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมีความหนาแน่นของจุดหรือพิกเซลเหล่านี้แตกต่างกันไป ความหนาแน่นของจุดนี้เป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ โดยมีหน่วยเป็นพีพีไอ (Pixel Per Inch : ppi) คือจำนวนจุดต่อนิ้ว พิกเซลมีความสำคัญต่อการสร้างภาพของคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก เพราะทุกส่วนของกราฟิก เช่น จุด เส้น แบบลายและสีของภาพนั้นเริ่มจากพิกเซลทั้งสิ้น เมื่อขยายภาพจะเห็นเป็นภาพจุด โดยปกติแล้วภาพที่มีความละเอียดสูงหรือคุณภาพดีควรมีค่าความละเอียด 300 x 300 ppi ขึ้นไป หากค่าพีพีไอสูงขึ้นไป ภาพก็จะมีรายละเอียดคมชัดมากขึ้นเท่านั้น

จุดหรือพิกเซล แต่ละจุดก็จะแสดงคุณสมบัติทางสีให้แก่ภาพ โดยแต่ละจุดจะเป็นตัวสร้างสีประกอบกันเป็นภาพรวม ซึ่งอาจมีขนาดความเข้มและสีแตกต่างกัน ทำให้เกิดเป็นภาพที่มีสีเส้นต่างๆ การแสดงผลของอุปกรณ์แสดงผล (Output Devices) ได้แก่ เครื่องพิมพ์แบบดอตเมตริกหรือแบบเลเซอร์รวมทั้งจอภาพ ซึ่งเป็นการแสดงผลแบบอาศัยการรวมกันของพิกเซลออกมาเป็นรูปภาพ (Raster Devices)

ด็อทคือจุดที่เล็กที่สุดที่ใช้ในกระบวนการพิมพ์ การสร้างพิกเซลขึ้นมาหนึ่งพิกเซลจะต้องใช้ด็อทหลายด็อท เพื่อทำให้เกิดภาพความเข้มและสีต่าง ๆ กัน ซึ่งมีหน่วยเป็น ด็อทต่อนิ้ว (dpi) และด็อทต่อนิ้ว มักใช้ระบุถึงความละเอียดของเครื่องสแกนและจอภาพ

2.1.4 ความละเอียดของภาพ (Resolution)

ความละเอียดของภาพเป็นสิ่งที่บอกถึงคุณภาพของภาพนั้น หน่วยที่นิยมใช้บอกถึงความละเอียดของภาพนั้น คือ พิกเซลต่อนิ้ว (Pixel / Inch) คำนี้ออกให้ทราบว่าภาพนั้นมีจำนวนพิกเซลกี่พิกเซลในหนึ่งนิ้วและยังสามารถคำนวณหาจุดทั้งหมดของข้อมูลภาพได้ด้วย

2.1.5 รูปร่างของภาพ (Image Shape)

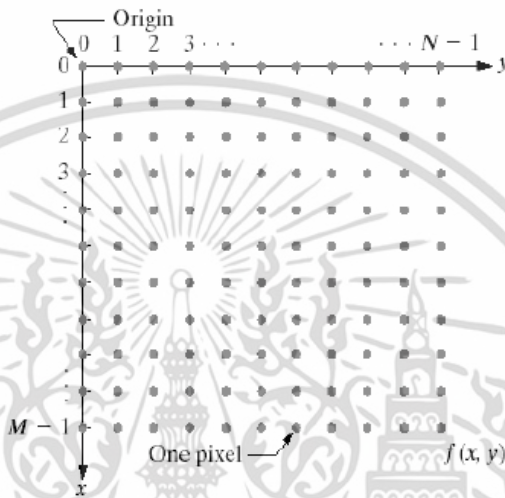
การกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular image model) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากทำให้การอ่านภาพ การบันทึกข้อมูลในหน่วยความจำ และการแสดงภาพออกทางอุปกรณ์ต่างๆ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ การบันทึกข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ สามารถทำได้โดยการใช้หน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปรแถวลำดับ (Array) โดยค่าในแต่ละช่องของตัวแปรแถวลำดับแสดงถึงคุณสมบัติของพิกเซลและตำแหน่งของช่องแถวลำดับเป็นตัวกำหนดตำแหน่งของจุดภาพ ซึ่งตามปกติในการบันทึกข้อมูลภาพเครื่องมือต่างๆจะบันทึกตามมาตรฐานของโทรทัศน์ซึ่งมีอัตราส่วน x ต่อ y เท่ากับ 4:3 สำหรับเครื่องมือบันทึกข้อมูลภาพที่ไม่เป็นไปตามอัตราส่วน 4:3 เมื่อนำภาพนี้ไปแสดงในจอภาพมาตรฐานจะทำให้ภาพที่แสดงนั้นมีขนาดของจุดภาพไม่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส

จำนวนสีสูงสุดที่เป็นไปได้ของและจุดภาพขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ เมื่อมีการกำหนดให้ขนาดของบิตต่อจุดมากขึ้นจะทำให้จำนวนของสีมากขึ้นด้วย สำหรับการแสดงข้อมูลภาพที่มีขนาด 1 บิต และ 8 บิตนั้นจะมีความสัมพันธ์กันเนื่องจากหน่วยประมวลผลจะไม่สามารถจัดการกับข้อมูลที่เป็นบิตเดี่ยวๆได้ดังนั้นในการแสดงข้อมูลออกทางจอภาพตัวโปรเซสเซอร์จะทำการสำเนาข้อมูลทั้ง 8 บิต (1 ไบต์) ส่งให้กับจอภาพซึ่งในกรณีที่พิกเซลมีขนาด 1 บิต เมื่อโปรเซสเซอร์จะทำงานกับบิตแรกที่ต้องการแล้วก็จะสำเนาข้อมูลชุดใหม่ทันทีโดยที่ไม่เกี่ยวกับข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือ ส่วนในกรณีพิกเซลที่มีขนาด 8 บิต โปรเซสเซอร์จะทำการสำเนาข้อมูลชุดใหม่ก็ต่อเมื่อโปรเซสเซอร์ทำงานกับทุกบิตแล้ว

2.1.6 ภาพดิจิทัล

ข้อมูลภาพดิจิทัลสามารถพิจารณาจากระดับเข้มเทา ซึ่งเขียนอยู่ในรูปของฟังก์ชันสองมิติของค่าระดับความเข้มแสง โดยค่าของฟังก์ชัน $f(x,y)$ จะแสดงถึงความเข้มแสงที่จุดพิกัดสเปเชียล (Spatial) x,y ใดๆ โดยทั่วไปนิยมเขียนแทนภาพดิจิทัลสองมิติ $f(x,y)$ ขนาด $M \times N$ มักจะให้อยู่ในรูปของแมทริกซ์ สองมิติ ส่วนรูปที่ 2.2 แสดงตำแหน่งของพิกัดจุดใด ๆ ของภาพดิจิทัลในแต่ละจุดพิกเซลของภาพ คุณภาพของภาพดิจิทัลจะขึ้นอยู่กับจำนวนพิกเซลและจำนวนค่าของระดับความเข้มเทา กล่าวคือ จำนวนพิกเซลในแต่ละแถวและแต่ละหลักของรูปภาพดิจิทัลเป็นจำนวนค่าสุ่มตัวอย่างทั้งหมด หรือเป็นความละเอียดของสัญญาณภาพดิจิทัล ดังนั้นการลดจำนวนพิกเซลลงจะเป็นการลดความละเอียดของรูปภาพดิจิทัล จึงมีผลทำให้รูปภาพผลลัพธ์ที่ได้อาจจะผิดเพี้ยนไปจาก

ภาพต้นฉบับ ในทำนองเดียวกัน จำนวนค่าระดับของสัญญาณดิจิทัลจะถูกกำหนดด้วยจำนวนค่าระดับความเข้มเทาที่ใช้ในการแสดงผลภาพดิจิทัล คุณภาพของภาพดิจิทัลจะขึ้นอยู่กับจำนวนค่าระดับความเข้มเทาที่ใช้ แต่อย่างไรก็ตามการเพิ่มจำนวนพิกเซลหรือจำนวนค่าระดับความเข้มเทา ในบางครั้งอาจจะไม่เพิ่มคุณภาพรูปภาพหรือเพิ่มน้อยมาก โดยทั่วไปจะพิจารณาความคมชัดของภาพ โดยตรวจสอบจำนวนพิกเซลอยู่มากน้อยเท่าใด ซึ่งมักระบุถึงความละเอียดของภาพ (Resolution)



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งของพิกัดจุดใด ๆ ของภาพดิจิทัล

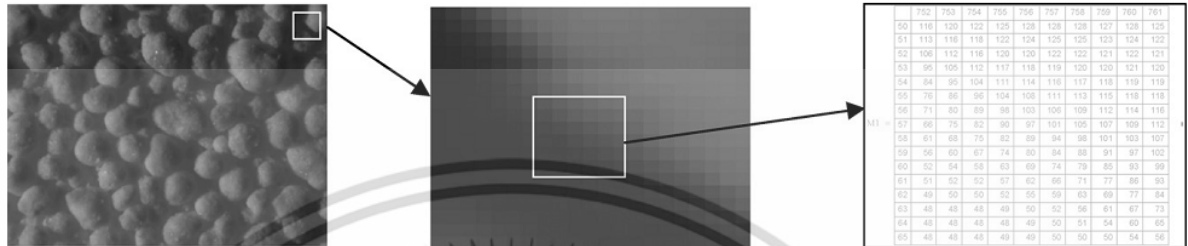
โดยพิจารณาความละเอียดของภาพสามารถพิจารณาจากจำนวนพิกเซลต่อนิ้ว (Pixel / Inch : PPI) หรือพิกเซลต่อตารางนิ้ว (Pixel/Inch²) หากภาพยังมีจำนวนพิกเซลต่อหนึ่งตารางนิ้วมาก ภาพก็ยิ่ง มีความละเอียดเหมือนจริงมากขึ้นโดยภาพที่มีความละเอียดมาก ๆ จะเรียกว่าภาพนี้มี Resolution สูง ส่วนภาพที่มีความละเอียดน้อยก็เรียกว่าภาพนั้นมี Resolution ต่ำ เช่น ภาพขนาดกว้าง 1 นิ้ว ยาว 1 นิ้ว ที่มีความละเอียด 72 PPI จะมีพิกเซลทั้งหมด 5184 พิกเซล (72 x 72 = 5184)

หากกำหนดให้ภาพ $f(x,y)$ มีขนาด M แถวและ N คอลัมน์ และพิกัดของจุดกำเนิด (Origin) ของภาพคือที่ตำแหน่ง $(x,y) = (0,0)$ แล้ว จะสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปแบบเมตริก (Matrix) ได้ ดังสมการที่ 2.1

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าในเมตริกแต่ละค่าจะเรียกว่า “องค์ประกอบภาพ” หรือพิกเซล (Pixel) โดยตำแหน่ง (0,0) จะอยู่ทางด้านซ้ายมือสุดด้านบนของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวาในแต่ละเส้นจุดและจัดลำดับของเส้นจุดจะเรียงจากบนลงล่าง แสดงตัวอย่างภาพดิจิทัลดังรูปที่ 2.3



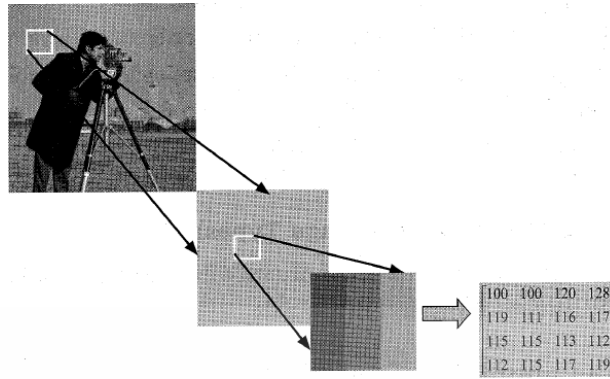
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างภาพดิจิทัล

2.1.7 ประเภทของภาพบิตแม็พ

สามารถแบ่งประเภทของประเภทของภาพบิตแม็พ ตามคุณสมบัติการแสดงผลของสีภาพเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1 ภาพระดับความเข้มเทา (Intensity image or Gray Scale Image)

ลักษณะของภาพชนิดนี้ ในแต่ละพิกเซลจะมีค่าความเข้มของแสงในแต่ละระดับที่แตกต่างกันไปตั้งแต่ระดับเทาดำไปยังระดับสีขาว เราสามารถกำหนดระดับความเข้มของแสงนั้น โดยใช้ค่าระดับความเข้มเทา (Gray Scale) โดยทั่วไปภาพแบบระดับสีเทาจะมีค่าระดับความเข้มเทาเท่ากับ 8 บิต ดังนั้นค่าความเข้มแสงจะถูกแบ่งออกเป็น 256 ระดับ เมื่อค่าระดับความเข้มเทามีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าระดับความเข้มเทาของแสงต่ำ และจะทำให้จุดภาพเป็นสีซีดและจาง ในทางกลับกันหากค่าระดับความเข้มเทามีค่าเท่ากับ 255 หมายถึงจุดภาพนั้นมีค่าความเข้มแสงมากจะทำให้ภาพเป็นสีขาว ซึ่งสีขาวจะถูกแทนด้วยค่าความเข้มเทา 255 (11111111) และสีดำจะถูกแทนด้วยค่าระดับความเข้มเทาเท่ากับ 0 (00000000) ส่วนค่าระหว่าง 0-255 ก็จะมีค่าเฉลี่ยจาก ดำไปหาสีขาวนั่นเอง ดังรูปที่ 2.4 ภาพระดับความเข้มเทา หากพิจารณาจุดภาพมุมบนซ้ายสุดของภาพที่ขยาย จะพบว่าค่าระดับความเข้มเทามีค่าเท่ากับ 100



รูปที่ 2.4 ระดับความเข้มเทา

2. ภาพสี (Color Image)

ภาพชนิดนี้แต่ละจุดภาพหรือพิกเซลของภาพจะบันทึกค่าระดับความเข้มเทาของแต่ละแถบแสงของแม่สีหลัก 3 สีที่ซ้อนกันอยู่คือ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) สีน้ำเงิน (Blue) ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้น ๆ แสดงผลของค่าสีของแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มเทาในแต่ละแถบแสง ผลของค่าสีของแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มในแต่ละแถบแสงสีนั้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.5 หากพิจารณาจุดภาพมุมบนซ้ายของภาพที่ขยาย จะพบว่าค่าระดับความเข้มของแถบแสงสีแดง สีเขียว สีน้ำเงินมีค่าเท่ากับ 99, 65 และ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 2.5 ภาพสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาพไบนารี (Binary Image)

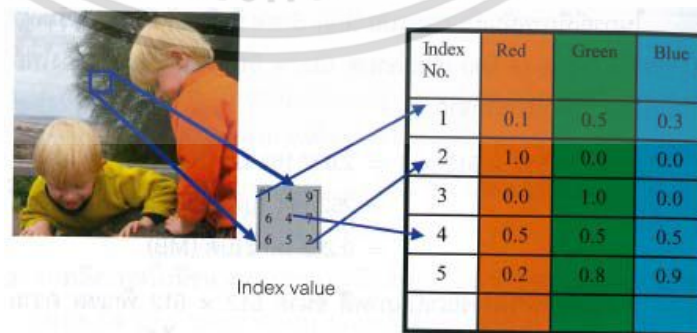
ภาพไบนารีจะแสดงลักษณะของข้อมูลภาพในรูปแบบขาวดำ กล่าวคือในแต่ละภาพจะถูกแสดงด้วยค่าแบบไบนารี (Binary) คือมี 1 บิต ซึ่งประกอบไปด้วยค่า 1 และ 0 โดยที่ 1 จะหมายถึงจุดภาพสีขาว และ 0 หมายถึงจุดภาพสีดำ ภาพประเภทนี้เหมาะสมกับภาพที่เกี่ยวข้องกับตัวอักษร (Text) ภาพลายนิ้วมือ (Finger Print) ดังรูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างแสดงภาพแบบขาวดำ



รูปที่ 2.6 ภาพขาวดำ

4. ภาพแบบดัชนี (Index Image)

ภาพประเภทนี้ในแต่ละพิกเซลของภาพจะบันทึกค่าดัชนี (Index number) ซึ่งเป็นตัวเลขจำนวนเต็มซึ่งจะถูกนำค่าดัชนีดังกล่าวไปเทียบกับตารางสี (Color Table) ซึ่งตารางแสดงค่าแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งค่าดัชนีนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นว่าภาพในแต่ละตำแหน่งพิกเซลใด ๆ มีค่าอัตราส่วนของแม่แสง 3 สีในอัตราส่วนละเท่าไร ดังแสดงในรูปที่ 2.7 หากสมมติว่าจุดภาพที่เราพิจารณามีค่าดัชนีเท่ากับ 2 จากตารางสีทำให้เราทราบว่าจุดภาพที่เราพิจารณาอยู่นั้นเป็นสีแดงสด เนื่องจากจุดภาพไม่มีปริมาณของสีเขียวและสีน้ำเงินผสมอยู่เลย



รูปที่ 2.7 ภาพดัชนี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

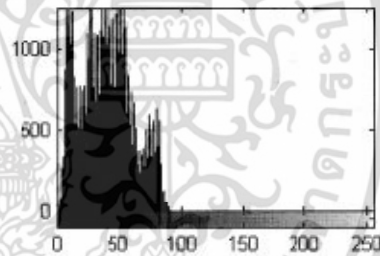
2.1.8 องค์ประกอบภาพ

1. ฮิสโตแกรม (Image Histogram)

ฮิสโตแกรมคือกราฟเส้นที่แสดงจำนวนพิกเซลทั้งหมดของข้อมูลภาพตามค่าระดับความเข้มเทาที่ปรากฏหรือแสดงอยู่บนภาพดิจิทัลใด ๆ โดยค่าการกระจายของข้อมูลภาพจะเรียงจากค่าระดับความเข้มเทาตั้งแต่ระดับความเข้มเทาต่ำสุดไปจนถึงค่าระดับความเข้มเทา ระดับความเข้มเทาสูงสุด เมื่อเราพิจารณาถึงฮิสโตแกรมของภาพเราสามารถที่จะแยกแยะประเภทของภาพจากฮิสโตแกรมที่แสดงการกระจายของข้อมูลได้ ดังรูปที่ 2.8 จากภาพจะเห็นได้ว่าภาพระดับความเข้มเทาที่มีความมืด ดังนั้นฮิสโตแกรมของภาพจะรวมกันเป็นกลุ่มอยู่บริเวณที่มีค่าระดับความเข้มเทาในช่วงที่มีค่าต่ำ ดังรูปที่ 2.9 จากภาพจะเห็นได้ว่าภาพมีความสว่างมาก ดังนั้นฮิสโตแกรมของภาพจะรวมกันอยู่เป็นกลุ่มอยู่บริเวณที่ค่าระดับความเข้มเทาในช่วงบริเวณที่มีค่าสูง ซึ่งภาพทั้งสองมีค่าความสว่างของภาพต่ำและสูงเกินไป จึงทำให้ภาพดูไม่สมบูรณ์หรือความคมชัดไม่ดีเท่าที่ควรตัวอย่างที่ รูปที่ 2.10 จะเห็นได้ว่าฮิสโตแกรมของภาพมีระยะการกระจายของค่าระดับความเข้มเทาต่ำสุดไปจนถึงค่าระดับความเข้มเทาสูงสุดมากกว่า รูปที่ 2.8 และ รูปที่ 2.9 จะเห็นได้ ว่า รูปที่ 2.10ภาพจะสมบูรณ์และมีความชัดเจมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ รูปที่ 2.8 และ รูปที่ 2.9



(ก) ภาพระดับความเข้มเทาที่มืด

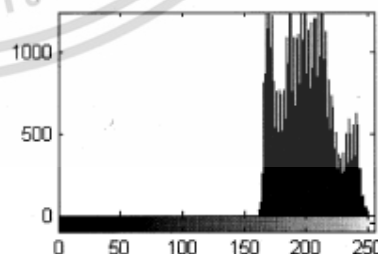


(ข) ฮิสโตแกรมของภาพต้นแบบที่มืด

รูปที่ 2.8 ภาพระดับความเข้มเทาที่มืดและฮิสโตแกรมของภาพ



(ก) ภาพระดับความเข้มเทาที่สว่าง



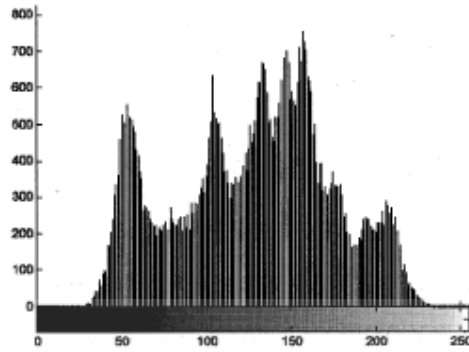
(ข) ฮิสโตแกรมของภาพต้นแบบที่สว่าง

รูปที่ 2.9 ภาพระดับความเข้มเทาที่สว่างและฮิสโตแกรมของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพระดับความเข้มเทาปกติ



(ข) ฮิสโตแกรมของภาพต้นแบบ

รูปที่ 2.10 ภาพระดับความเข้มเทาที่ปกติและฮิสโตแกรมของภาพ

2. ความสว่างของภาพ (Image Brightness)

คือค่าเฉลี่ยของค่าระดับความเข้มเทาในแต่ละพิกเซลของภาพทั้งหมด ซึ่งเราสมมติให้ภาพมีขนาด $M \times N$ และ $f(x,y)$ คือค่าระดับความเข้มเทาของแต่ละพิกเซลใด ๆ ที่พิจารณา จะสามารถคำนวณค่าของความสว่างของภาพได้จากสมการ (2.2) ดังรูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างของภาพระดับความเข้มเทาที่มีค่าสว่างแตกต่างกันจะเห็นได้ว่า ดังรูปที่ 2.11 (ก) มีค่าความสว่างมากกว่า ดังรูปที่ 2.11 (ข)

$$B = \text{Brightness} = \frac{1}{MN} \quad (2.2)$$



(ก) ค่าความสว่างของภาพเท่ากับ 227



(ข) ค่าความสว่างของภาพเท่ากับ 27

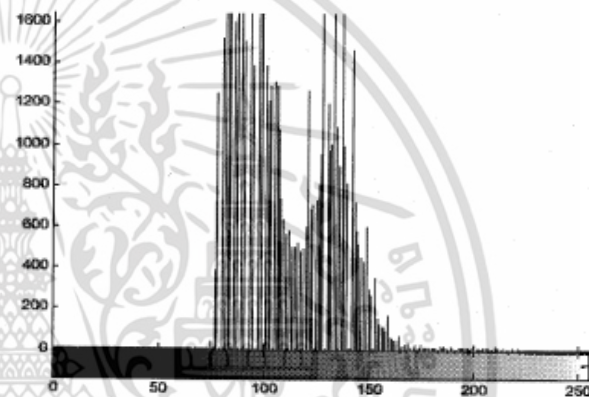
รูปที่ 2.11 เปรียบเทียบภาพที่สว่างของภาพที่สว่างและมีมืด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คอนทราสต์ของภาพ (Image Contrast)

คอนทราสต์ของภาพเป็นรากที่สองของค่าเฉลี่ยของความแปรปรวนระหว่างค่าระดับความเข้มเทาของแต่ละจุดภาพหรือพิกเซลกับค่าความสว่างของภาพซึ่งเราสามารถคำนวณหาค่าคอนทราสต์ของภาพจากสมการที่ (2.3) เมื่อพิจารณาสมการที่ (2.2) จะเห็นได้ว่าค่าคอนทราสต์ของภาพก็คือการคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของภาพดิจิทัล

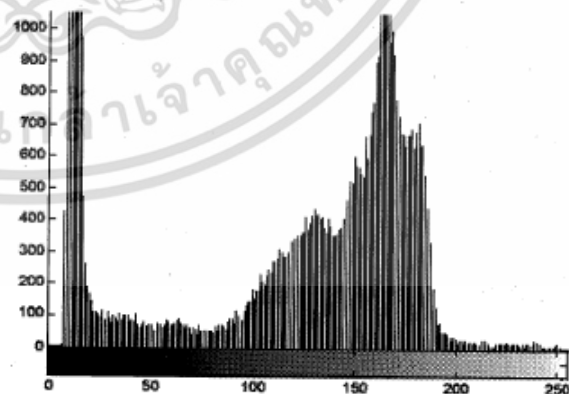
$$c = \text{Contrast} = \text{Sqrt}\left(\frac{1}{MN}\right) \quad (2.3)$$



(ก) ค่าคอนทราสต์ของภาพเท่ากับ 23

(ข) ฮิสโตแกรมที่มีค่าความคมชัดน้อย

รูปที่ 2.12 ภาพคอนทราสต์ของภาพที่มีค่าคอนทราสต์น้อย



(ก) ค่าคอนทราสต์ของภาพเท่ากับ 62

(ข) ฮิสโตแกรมที่มีค่าคอนทราสต์เหมาะสม

รูปที่ 2.13 ภาพคอนทราสต์ของภาพที่มีค่าคอนทราสต์ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.12 และรูปที่ 2.13 แสดงถึงตัวอย่างของภาพระดับความเข้มเทาที่มีค่าคอนทราสต์ (Contrast) ของภาพแตกต่างกัน จะเห็นได้ว่ารูปที่ 2.13 นั้นภาพมีค่าคอนทราสต์ที่เหมาะสม กล่าวคือภาพจะมีความสว่างที่เหมาะสม(ภาพจะไม่มีความมืดหรือสว่างเกินไป ซึ่งเราจะเห็นได้จาก ฮิสโตแกรม) ของข้อมูลภาพจะมีการกระจายครอบคลุมทุกข้อมูลของระดับความเข้มเทา (Gray scale) ส่วนในรูปที่ 2.12 ภาพต้นฉบับมีความชัดน้อย หรืออาจจะกล่าวได้ว่าภาพมีค่าคอนทราสต์ไม่เหมาะสม (มีค่าคอนทราสต์ต่ำ) เนื่องจากมีค่าระยะการกระจายของระดับความเข้มเทาท่ำสุดไปจนถึงระดับความเข้มเทาสูงสุดแคบจากฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพ จะเห็นได้ว่าฮิสโตแกรมของข้อมูลภาพมีการจับกลุ่มรวมกันเฉพาะบริเวณช่วงกลางของค่าระดับความเข้มเทา

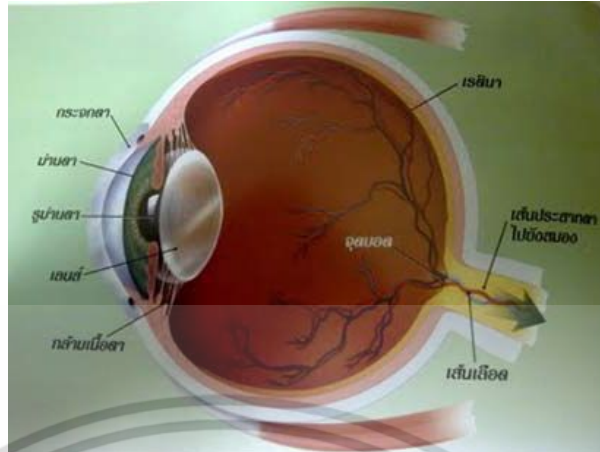
4. กระบวนการทำเทรชโฮลด์ (Threshold)

วิธีการทำเทรชโฮลด์เป็นการลดสิ่งรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้นกับภาพและกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการ ก่อนการนำไปประมวลผลภาพโดยจะทำการตั้งค่าหนึ่งๆ เพื่อใช้ในการปรับค่าของระดับสีในภาพ ซึ่งโดยทั่วไปภาพขาวดำ จะมีค่าระดับสีเทา (Gray-level) ตั้งแต่ 0-255 การกำหนดค่าที่จะใช้เพื่อเปรียบเทียบค่าของเกรย์เลเวลในแต่ละพิกเซล ถ้าน้อยกว่าจะปรับให้เป็น 0 ถ้ามากกว่าจะปรับให้เป็น 255 เทรชโฮลด์มี 2 ลักษณะคือ

- การกำหนดค่าล่วงหน้า (Preassigned Threshold Value) เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดโดยจะเลือกค่าที่ขึ้นมาจากค่าหนึ่งโดยทั่วไปมักเป็นค่ากลางของภาพ
- การเทรชโฮลด์จากค่ากลาง (Mid-Range Threshold Value) ทำการคำนวณอัตโนมัติโดยผู้ใช้อาจไม่ต้องกำหนด โดยทั่วไปจะคำนวณโดยการหาค่ากลางหรือค่าเฉลี่ย

2.1.9 หลักการมองเห็นของมนุษย์

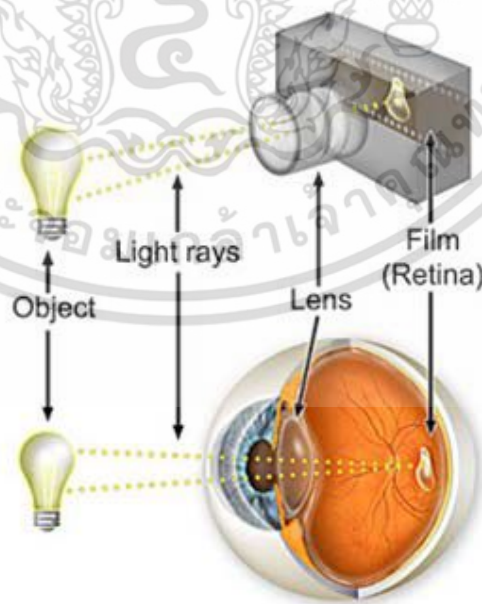
การมองเห็นวัตถุของมนุษย์นั้น จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีแสงตกกระทบสิ่งต่าง ๆ แล้วเกิดการสะท้อนเข้าสู่ตาและผ่านเข้ามาในลูกตาไปทำให้เกิดภาพบนจอ (Retina) ที่อยู่ด้านหลังของลูกตา จากนั้นข้อมูลของวัตถุที่มองเห็นจะส่งไปสู่สมองตามเส้นประสาท (optic nerve) สมองจะแปลข้อมูลเป็นภาพของวัตถุนั้น ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ภาพส่วนประกอบของตา

2.1.10 หลักการมองเห็นของกล้อง

ตาของมนุษย์และกล้องมีส่วนประกอบที่ทำหน้าที่คล้ายกันมาก ตาประกอบด้วย เลนส์ตา เป็นเลนส์รับแสงเรตินา ทำหน้าที่คล้ายฟิล์มถ่ายรูปถ่ายรูปวัตถุจากเรตินาเป็นใยประสาทซึ่งติดต่อกับประสาทตาผ่านไปยังสมอง เวลาที่มีแสงจากวัตถุตกบนเลนส์ตาจะเกิดภาพชัดที่เรตินา ตาจะเห็นวัตถุในลักษณะเดียวกับภาพของวัตถุที่ตกบนฟิล์มถ่ายรูป นอกจากนี้ตายังมีม่านตาเพื่อทำหน้าที่ปรับความเข้มของแสงบนเรตินาให้เหมาะโดยเปลี่ยนขนาดของรูม่านตา ม่านตาจึงทำหน้าที่คล้ายไดอะแฟรมของกล้องถ่ายรูป นอกจากนี้ตายังมีกล้ามเนื้อยึดเลนส์ตาทำหน้าที่บังคับเลนส์ตาให้หนูนมากหรือน้อย เพื่อให้เกิดภาพชัดบนเรตินา ส่วนนี้แตกต่างจากกล้องเพราะกล้องใช้วิธีเลื่อนตำแหน่งเลนส์ เพื่อให้เกิดภาพชัดบนตัวรับภาพ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ภาพส่วนประกอบของตาเทียบกับกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีการหาแกนกลาง (Skeleton Detection)

การหาแกนกลางภาพเป็นการหาแกนกลางของวัตถุ ซึ่งในที่นี้คือทำขอบภาพของวัตถุ ตัวอย่างให้บางลงจนเหลือแต่แกนกลางที่มีความหนาเพียงแค่ 1 พิกเซล เพื่อเป็นการลดขนาดของ ข้อมูลของวัตถุตัวอย่างเหลือแต่ส่วนสำคัญเท่านั้น

ภาพที่ต้องการหาขนาดของแกนกลางนั้นจะต้องเป็นภาพสองระดับ (Binary Image) เท่านั้น คือมีค่าเป็น “0” และ “1” โดยส่วนที่เป็นพื้นที่ขอบภาพของวัตถุตัวอย่างมีค่าเป็น “1” และ “0” คือส่วนที่เป็นพื้นที่และฉากหลัง

การหาแกนกลางประกอบด้วย 2 ขั้นตอนดังที่เขียนไว้ด้านล่าง ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะทำการลบจุดภาพแต่ละจุดที่ขอบวัตถุตัวอย่างออก โดยใช้หน้าต่างขนาด 3×3 ดังแสดงในรูปที่ 2.16 วางทับลงไปจุดภาพ การหาแกนกลางภาพเริ่มต้นด้วยการตรวจหาพิกเซลที่มีค่าเป็น “1” ก่อน ซึ่งเมื่อตรวจพบแล้วจึงดำเนินการตามขั้นตอนที่ 1 และ 2 [2][3][11]

p9	p2	p3
p8	p1	p4
p7	p6	p5

รูปที่ 2.16 หน้าต่างขนาด 3×3

ขั้นตอนในการหาแกนกลางประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการลบจุดภาพบริเวณขอบวัตถุทางด้านขวามือและด้านล่าง โดยวางหน้าต่าง 3×3 ทาบไปบนจุดภาพที่มีค่าเป็น “1” และกำหนดให้เป็น p1 จากนั้นตรวจสอบเงื่อนไขต่อไปนี้

- $2 = N(p1) < 6$
- $S(p1) = 1$
- $p2.p4.p6 = 0$
- $p4.p6.p8 = 0$

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการลบจุดภาพบริเวณขอบวัตถุทางด้านซ้ายมือและด้านบนโดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- $2 = N(p1) < 6$
- $S(p1) = 1$
- $p2.p4.p8 = 0$
- $p2.p6.p8 = 0$

เงื่อนไข a) เป็นการคำนวณผลรวมของจุดภาพมีค่าเป็น “1” ที่อยู่ล้อมรอบจุด p_1 ผลรวมของจุดภาพต้องมีจำนวนตั้งแต่ 2-6 จุดภาพ เช่น $N(p_1)=p_2+p_3+\dots+p_8+p_9$

เงื่อนไข b) เป็นจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงจาก “0” เป็น “1” รอบจุด p_1 ตัวอย่างเช่น

0	0	0
1	0	1
1	0	1

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างตารางการเปลี่ยนค่าจาก “0” เป็น “1”

จากรูปที่ 2.17 จะพบว่าจำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงจาก “0” เป็น “1” รอบจุด p_1 เกิดขึ้นจำนวน 2 ครั้ง ดังนั้น $S(p_1)$ จึงมีค่าเท่ากับ 2 อย่างไรก็ตามทั้งขั้นตอนที่ 1 และ 2 มีเงื่อนไข a) และ b) เหมือนกัน จะแตกต่างกันก็แต่เพียงเงื่อนไข c) และ d) ของขั้นตอนที่ 1 และเงื่อนไข c*) และ d*) ในขั้นตอนที่ 2

เงื่อนไข c) เป็นการกระทำการ AND กันทางโลจิกของจุด p_2, p_4 และ p_6 แล้วได้ผลลัพธ์เท่ากับ “0”

เงื่อนไข d) เป็นการกระทำการ AND กันทางโลจิกของจุด p_4, p_6 และ p_8 แล้วได้ผลลัพธ์เท่ากับ “0”

เงื่อนไข c*) เป็นการกระทำการ AND กันทางโลจิกของจุด p_2, p_4 และ p_8 แล้วได้ผลลัพธ์เท่ากับ “0”

เงื่อนไข d*) เป็นการกระทำการ AND กันทางโลจิกของจุด p_2, p_6 และ p_8 แล้วได้ผลลัพธ์เท่ากับ “0”

วิธีการหาแกนกลางของภาพ เป็นการลบจุดภาพออกไปโดยจะวางหน้าต่างขนาด 3×3 ทาบไปบนจุดภาพที่มีค่าเป็น “1” และกำหนดให้เป็น p_1 จากนั้นตรวจสอบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 1 หรือไม่ ถ้า p_1 มีเงื่อนไขตรงกับเงื่อนไข 4 ข้อข้างต้นพิกัดของจุด p_1 จะถูกบันทึกไว้จากนั้นหน้าต่าง 3×3 จะเลื่อนไปทางขวามือ 1 พิกเซล และดำเนินการเหมือนกับที่กล่าวไปแล้วข้างต้นจนหมดทั้งภาพ เมื่อดำเนินการครบทุกจุดในภาพแล้ว พิกัดที่ถูกบันทึกไว้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนจาก “1” เป็น “0” หรือเป็นการลบจุดภาพนั้น โดยการลบพิกเซลนั้นจะลบจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่าง จากนั้นเมื่อเสร็จในขั้นตอนที่ 1 แล้ว จึงพิจารณาตรวจสอบเงื่อนไขในขั้นตอนที่ 2 ต่อ เมื่อตรงตามเงื่อนไขก็จะดำเนินการเหมือนกันขั้นตอนที่ 1 วนอย่างนี้ไปเรื่อยๆจนเหลือแต่พิกเซลสุดท้ายที่เป็นแกนกลางของภาพ

2.3 ทฤษฎีการค้นหาเส้นตรง (Hough Transform)

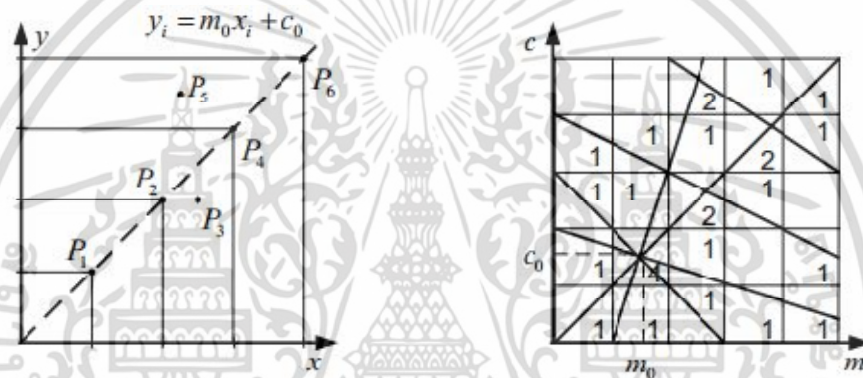
วิธีการของ Hough Transform คือการค้นหาเส้นตรงและวงกลมจากจุดต่าง ๆ โดยแต่ละจุดจะโหวตว่าจุดนั้น ๆ อยู่บนเส้นใดบ้าง เมื่อทุกจุดโหวตแล้ว สมการที่ถูกโหวตมากที่สุดจะเป็นเส้นที่ผ่านจุดดังกล่าว เมื่อพิจารณาเส้นตรง

$$y = mx + c \quad (2.4)$$

เส้นตรงที่ผ่านจุด (x,y) มีค่าพารามิเตอร์คองที่ (m,c) ซึ่งค่า

$$c_0 = y - m_0x \quad (2.5)$$

ดังนั้นจุดหนึ่งๆจะโหวตให้กับสมการเส้นตรงที่มี Parameter ต่าง ๆ กันได้หลายสมการ เมื่อจุดทุกจุดได้โหวตแล้ว สมการเส้นตรงที่ถูกโหวตมากที่สุดจะเป็นเส้นที่ผ่านจุดที่กำหนดมากที่สุดให้มากที่สุด



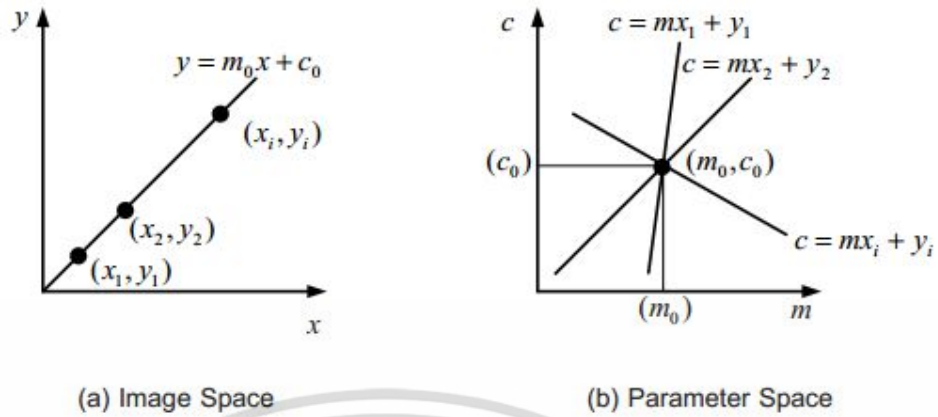
(a) จุดของเส้นตรงใน Image Space

(b) จำนวนเส้นตรงใน Parameter Space

รูปที่ 2.18 แสดงการนับจำนวนเส้นตรงของการแปลง Hough Transform

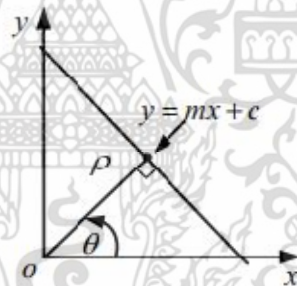
2.3.1 การแปลงรูปแบบจาก Image Space ไปสู่ Parameter Space

จากสมการของเส้นตรง $y_i = mx_i + c$ เมื่อจุด (x_i, y_i) ดังแสดงในภาพที่ 2.19 (a) ค่าความชันและจุดแกน y ของสมการเป็นค่าคงที่ (m_0, c_0) หรืออาจเรียกว่าส่วนของ Parameter Space ดังนั้นการเปลี่ยนจาก Image Space ไปสู่ Parameter Space สมการของการเปลี่ยนแปลงคือที่จุด (m_0, c_0) จะเท่ากับ $c_i = y - m_i x$ ดังแสดงในภาพที่ 2.19 (b)



รูปที่ 2.19 แสดงการแปลงรูปแบบระหว่าง Image Space กับ Parameter Space

ภาพที่ 2.19 (a) มีจำนวนของจุดทั้งสามจุดที่เส้นตรงที่มีค่าความชันและจุดตัดแกน y ที่ตำแหน่ง (m_0, c_0) ดังนั้นเมื่อพิจารณาในรูปแบบของ Parameter Space ที่จุด (m_0, c_0) ก็จะมีเส้นตรงที่เกิดขึ้นจากสมการเส้นตรงได้ทั้งหมดสามสมการที่ลากผ่านจุดดังกล่าว ดังนั้นการเมื่อกำหนดจุด (x, y) บนระนาบของ Image Space และทำการเปลี่ยนเป็นระนาบ Parameter Space หรือเรียกว่า Hough Space ดังแสดงในภาพที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของเวกเตอร์ ρ กับจุดของเส้นตรง

ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนรูปแบบคือที่จุด (ρ, θ) บน Parameter Spaces จะเป็นจุดที่อยู่บนสมการเส้นตรงที่ลากผ่านจุด (x, y) เมื่อพิจารณาค่าของเวกเตอร์ ρ ที่ตั้งฉากกับจุดดังกล่าวและทำมุมกับแกน x เท่ากับมุม θ ดังนั้นการแปลงรูปแบบจาก Image Space ไปสู่ Parameter Space สามารถหาค่าของเวกเตอร์ ρ ได้จากสูตร

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (2.6)$$

เมื่อกำหนดให้ ρ คือระยะที่วัดจากจุดกำเนิดไปตั้งฉากกับเส้นตรง

θ คือค่าของมุมระหว่างเวกเตอร์ ρ กับแกน x

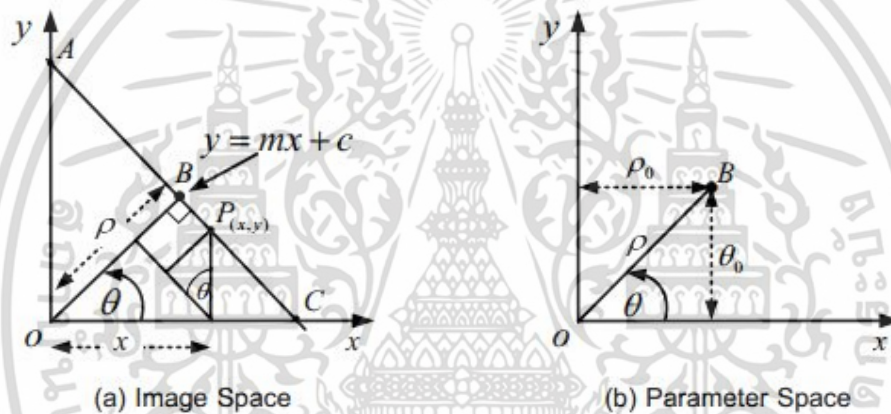
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การค้นหาเส้นตรงใช้ Hough Transform ในภาพสองมิติ

หลักการของ Hough Transform เพื่อการค้นหาองค์ประกอบของภาพสองมิติที่มีส่วนเส้นตรงปรากฏในภาพนั้น เป็นการหาเส้นตรงของภาพจากฟังก์ชันของสมการที่ 2.7

$$f(x, y, \rho_0, \theta_0) = x \cos \theta_0 + y \sin \theta_0 \quad (2.7)$$

และกำหนดให้จุดของภาพสองมิติมีค่าเท่ากับ (ρ_0, θ_0) เมื่อ ρ_0 ระยะที่วัดจากจุดกำเนิดไปตั้งฉากกับเส้นตรงและจุด θ_0 เป็นค่าของมุมระหว่างเวกเตอร์ ρ กับแกน x



รูปที่ 2.21 แสดงการค้นหาเส้นตรงของภาพสองมิติโดยใช้ Hough Transform

วิธีการ Hough Transform คือการหาค่า จากสมการที่ 2.5 โดยมีกำหนดจุด (x_0, y_0) ของ Image Space ดังนั้นค่าของ ρ จะเท่ากับสมการ 2.7

$$\rho = \sqrt{x_0^2 + y_0^2} \left(\frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}} \cos \theta + \frac{y_0}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}} \sin \theta \right) \quad (2.8)$$

กำหนดให้ $r_0 \cong \sqrt{x_0^2 + y_0^2}$ และ $\alpha_0 \cong \tan^{-1} \left(\frac{y_0}{x_0} \right)$ และเมื่อแทนค่าของสมการ 2.7 จะได้ค่าของ ρ ตามสมการ 2.8

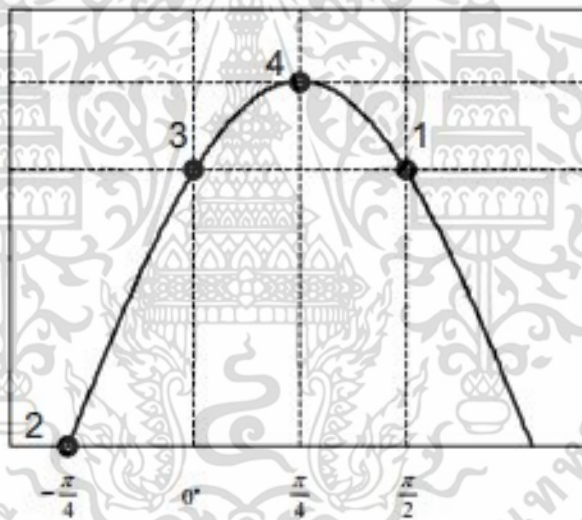
$$\rho = r_0 (\cos \alpha \cos \theta + \sin \alpha \sin \theta) = r_0 (\cos(\alpha - \theta)) \quad (2.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงรูปแบบของ Hough Transform พบว่า $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$ ของจุด (x_0, y_0) ใน Image Space เป็นการแปลงรูปแบบไปสู่เส้นโค้งรูปซายด์ (Sinusoidal Curve) ใน Parameter Space ทิศทางทวนเข็มนาฬิกาและจุด (x_0, y_0) ของรูปเส้นโค้งรูปซายด์นี้ แสดงให้เห็นแทนเส้นตรงที่ลากผ่านจุด (x_0, y_0) ใน Image Space เมื่อทดลองแทนค่า θ และ ρ ตามตารางที่ 2.1 ดังนั้นผลที่ได้เป็นการทำ Hough Transform ระหว่างค่าของเส้นตรงใน Image Space ไปสู่ค่าของจุดใน HoughSpace ของดังแสดงในภาพที่ 2.22

ตารางที่ 2.1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าของ ρ และ θ เมื่อแทนค่าในสมการ 2.9

	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4
θ	$\pi / 2 = 1.57$	$-\pi / 4 = -0.785$	0	$\pi / 4 = 0.785$
ρ	1	0	1	1.414

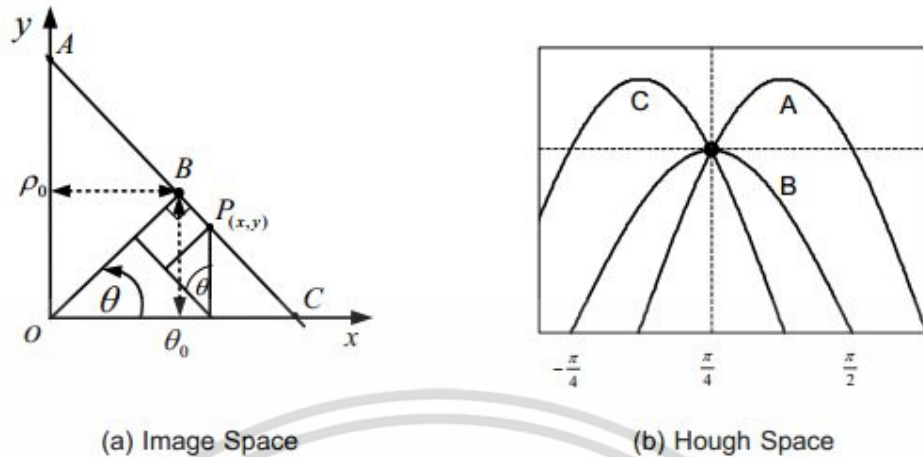


รูปที่ 2.22 แสดงตัวอย่างการทำ Hough Transform

เมื่อทั้ง 4 จุดมีที่เกิดขึ้นใน Hough Space ค่าของจุด 2 3 4 และ 1 ในภาพที่ 2.23(b) จะมีค่าตรงกันในแต่ละเส้นของในภาพที่ 2.23(a) Image Space ลักษณะของภาพแบบการแปลงบทกลับ การแปลงรูปจาก Spatial Domain ไปสู่การแทนค่าของเส้นตรงและอธิบายได้ด้วยสมการ 2.10

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta - \rho = 0 \quad (2.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แสดงการแปลงค่าของ Hough Space เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจุดในเส้นตรง

จากภาพที่ 2.23 ตัวอย่างของ 3 จุดของตำแหน่ง $A(0,2)$, $B(2,0)$ และ $C(2,0)$ ของทุกจุดบนเส้นตรงจุดดังกล่าวนี้เป็นจุดที่เส้นตรงใน Hough Space ในความเป็นจริงแล้วจุดเป็นค่าหนึ่งของสมการเส้นตรงเส้นที่ 2 และ 3 มีค่าสอดคล้องกับเส้นโค้งที่รวมอยู่ในจุดของค่าเวกเตอร์ ρ เท่ากับ 1.414 และค่าของมุม θ เท่ากับ 0.79 เมื่อนำค่าของ (ρ, θ) แทนค่าในสมการที่ 2.11 ได้ดังนี้

$$1.414 = x \cos(0.709) + y \sin(2.11) \quad (2.11)$$

โดยที่ $x+y = 2$

เมื่อเราทำ Hough Transform แล้วจุดที่ $P(x, y)$ ที่ปรากฏอยู่ในภาพจะมีเส้นตรงจำนวนมากมายี่ลากผ่านได้ตั้งนั้นวิธีการของ Hough Transform คือการนับค่าว่าจุด $P(x, y)$ ดังกล่าวมีจำนวนเส้นของเส้นตรงลากผ่านจุดนี้จำนวนเท่าไร และถ้าพิจารณาใน Hough Space ก็จะมีจุดที่เป็นจุดที่มีค่าของเส้นโค้งรูปซายด์ตัดผ่าน แสดงว่าจุดนั้นคือจุดเด่นของเส้นตรงที่ผ่านจุด $P(x, y)$ มีค่ามากที่สุด จุดดังกล่าวมีค่าระยะห่างจากจุดกำเนิดมากที่สุดก็ต่อเมื่อเวกเตอร์ ρ ตั้งฉากกับเส้นตรงที่ผ่านจุด $P(x, y)$ ดังกล่าวนั่นเอง

2.4 แล็บวิว (LabVIEW)

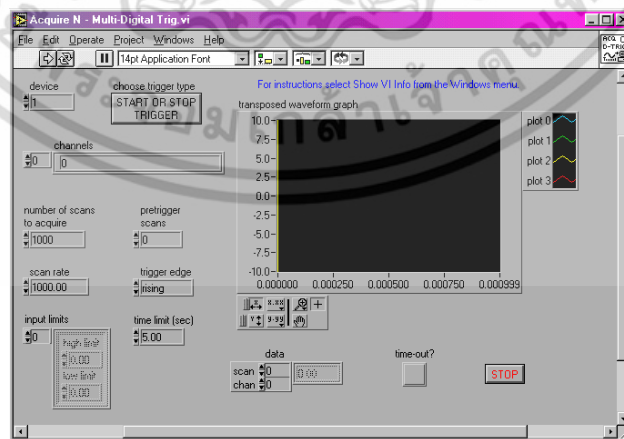
เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือวัดสำหรับงานทางวิศวกรรม ซึ่งหมายความว่า เป็นโปรแกรมที่สร้าง เครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ดังนั้นจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้ก็คือการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัด อย่างมีประสิทธิภาพ และในตัวของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ใช้ช่วยในการ

วัดมากมายและแน่นอนที่สุด โปรแกรมนี้จะมีประโยชน์อย่างสูงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมต่างๆ

สิ่งที่แล็บวิวแตกต่างจากโปรแกรมอื่นอย่างเห็นได้ชัดที่สุดก็คือแล็บวิวนี้เป็นโปรแกรมประเภท GUI(Graphic User Interface) โดยสมบูรณ์ นั่นคือเราไม่จำเป็นต้องเขียน โค้ด หรือคำสั่งใดๆ ทั้งสิ้น และที่สำคัญลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้เราจะเรียกว่าเป็นภาษารูปภาพหรือภาษากราฟฟิก(Graphical Language) เป็นการเขียนโดยใช้หลักการของการไหลของข้อมูล (Data Flow) ซึ่งเมื่อเริ่มส่งข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมเราจะต้องกำหนดทิศทางไหลของข้อมูลว่าจะไปที่ส่วนใด ผ่านการประเมินผลและคำนวณในส่วนใดบ้าง และจะให้แสดงผลอย่างไร ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดแบบภาษาพื้นฐาน เช่น “C” “Basic” หรือ “Fortran” ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด ซึ่งแล็บวิวนี้มีความสะดวกและสามารถลดเวลาในการเขียนโปรแกรมลงไปได้มาก โดยเฉพาะในงานเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อใช้ในการวัดและการควบคุม โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดยแล็บวิวจะเรียกว่าวีไอ(Virtual Instrument) เพราะลักษณะที่ปรากฏทางจอภาพเมื่อผู้ใช้ใช้งานจะเหมือนกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางวิศวกรรม ในขณะที่เดียวกันหลังฉากของอุปกรณ์เสมือนจริงเหล่านั้นจะเป็นการทำงานของฟังก์ชันและโปรแกรมหลักเหมือนกับภาษาทั่วไป สำหรับ วีไอ หนึ่งๆ จะประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญสามส่วนคือ “แผงควบคุมด้านหน้า(Front Panel)” “บล็อกไดอะแกรม(Block Diagram)” และ “ไอคอนและคอนเนคเตอร์”

2.4.1 แผงควบคุมด้านหน้า

จะเป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม (หรือที่นิยมเรียก user interface) โดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัทม์ของของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานด้านการวัดต่างๆ โดยทั่วไปจะประกอบด้วย สวิตช์ปิดเปิด, ปุ่มบิด, ปุ่มกด จอแสดงผลหรือแม้แต่ค่าที่ผู้ใช้สามารถกำหนด ลักษณะของ Front Panel แสดงดังรูปที่ 2.24

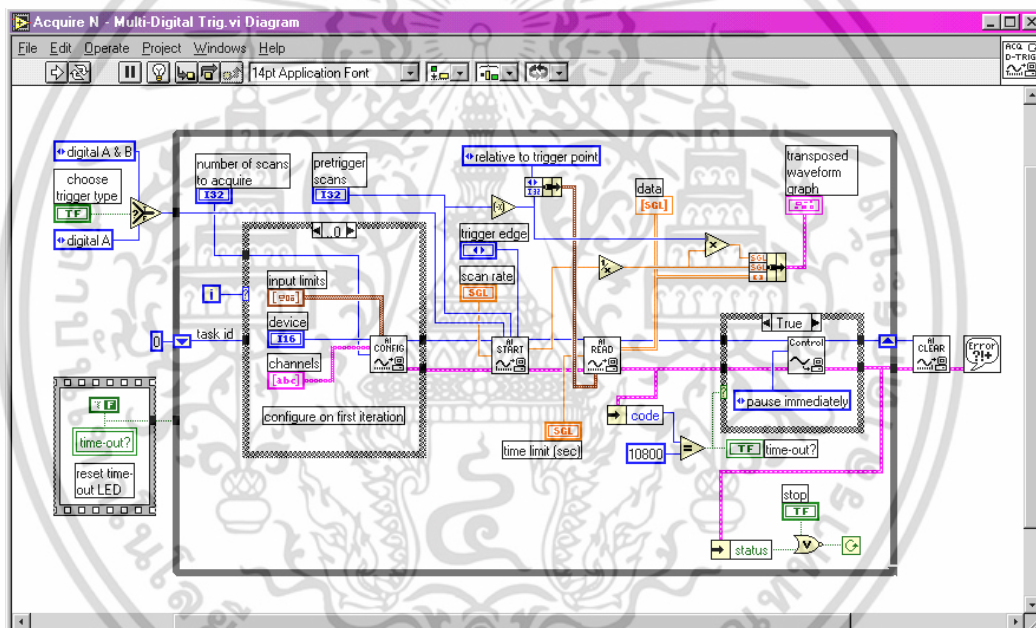


รูปที่ 2.24 แผงควบคุมด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 บล็อกไดอะแกรม

สามารถเปรียบเทียบได้จากรหัสที่มา(Source Code) หรือโปรแกรมของแล็บVIEW ซึ่งปรากฏว่าอยู่ในรูปของภาษา “จี” ซึ่งแผนภาพบล็อกนี้ ถือว่าเป็นโปรแกรมปฏิบัติการคือสามารถที่จะทำงานได้ทันที และข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือแล็บVIEWจะมีการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลา ทำให้โปรแกรมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดในโปรแกรมเท่านั้น โดยผู้ใช้สามารถที่จะดูรายละเอียดของความผิดพลาดแสดงให้เห็นได้ตลอดเวลา ทำให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้นมาก ส่วนประกอบภายในของบล็อกไดอะแกรมนี้จะประกอบด้วย ฟังก์ชัน ค่าคงที่ โปรแกรมควบคุมการทำงานหรือโครงสร้าง จากนั้นในแต่ละส่วนเหล่านี้ ซึ่งจะปรากฏในรูปของบล็อกเราจะได้รับการต่อสาย(Wire) สำหรับบล็อกที่เหมาะสมเข้าด้วยกัน เพื่อกำหนดลักษณะการไหลของข้อมูลระหว่างบล็อกเหล่านั้น ทำให้ข้อมูลได้รับการประมวลผลตามที่ต้องการ และแสดงผลออกมาให้ผู้ใช้ต่อไป



รูปที่ 2.25 บล็อกไดอะแกรม

2.4.3 ไอคอนและคอนเนคเตอร์

เปรียบเสมือนโปรแกรมย่อย(Subroutine) ในโปรแกรมปกติทั่วไปโดยไอคอนจะหมายถึงบล็อกไดอะแกรมตัวหนึ่งที่มีการส่งข้อมูลเข้าและออกผ่านทางคอนเนคเตอร์ซึ่งในแล็บVIEWจะเรียกว่าโปรแกรมย่อยนี้ว่า สับไวโอ(SubVI) ข้อดีของการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา “จี” นี้ก็คือเราสามารถสร้างวีไอทีละส่วนขึ้นมาให้ทำงานด้วยตัวเองได้อย่างอิสระ จากนั้นในภายหลังหากเราต้องการเราก็สามารถเขียนโปรแกรมอื่นขึ้นมาเพื่อเรียกใช้งาน วีไอ ทีที่เราเคยสร้างขึ้นก่อนหน้านี้ที่ละตัว ซึ่งทำให้วีไอทีที่เราเขียนขึ้นก่อนกลายเป็นสับไวโอ ในการเขียนในลักษณะนี้เราเรียกว่าเขียนเป็นโมดูล สำหรับ

ลักษณะทั่วไปของไอคอนและคอนเนคเตอร์จะแสดงในรูปต่อไปนี้ เราจะเห็นว่าเมื่อเราแสดงในรูปของคอนเนคเตอร์เราจะพบว่า มีช่องต่อข้อมูลหรือที่เรียกว่า เทอร์มินอลปรากฏให้เห็น



รูปที่ 2.26 ไอคอนและคอนเนคเตอร์

2.5 ประเภทของกล้อง



รูปที่ 2.27 กล้องประเภทต่างๆ

กล้องที่ใช้ในปัจจุบัน มีหลากหลายชนิด ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่เลือกใช้ โดยการวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะเลือกใช้กล้องที่มีติดตั้งได้ง่าย ไม่ซับซ้อน เคลื่อนย้ายสะดวก และราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 กล้องเว็บแคม

เว็บแคม (Webcam) หรือ Web Camera แต่ในบางครั้งเรียกว่า Video Camera หรือ Video Conference เป็นอุปกรณ์ที่สามารถจับภาพเคลื่อนไหวของเราไปปรากฏในหน้าจอคอมพิวเตอร์ และสามารถส่งภาพเคลื่อนไหวนี้ผ่านระบบเครือข่ายเพื่อให้คนอื่นอีกสักหนึ่งสามารถเห็นตัวเราเคลื่อนไหวได้เหมือนอยู่ต่อหน้า ถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีประโยชน์อีกตัวหนึ่ง และเริ่มมีความจำเป็นมากขึ้นเรื่อย ๆ ยี่ห้อกล้องเว็บแคมที่มีชื่อเสียงและใช้กันทั่วไป

2.5.1 ชนิดของกล้องเว็บแคม (Webcam)

สำหรับเซ็นเซอร์ที่กล้องเว็บแคมใช้นั้นจะมีหลักๆอยู่ 2 ชนิด คือ CCD และ CMOS แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในตอนนี้นี้คือ CMOS เนื่องจากเหตุผลหลายๆประการและตัวเซ็นเซอร์ แบบ CMOS เองก็สามารถแบ่งออกได้ถึง 2 ชนิดด้วยกันคือ

CLF Color CMOS Censor ที่มีความละเอียดของพิกเซลแค่ 110,000 พิกเซล (367 x 291)

VGA Color CMOS Censor ให้ความละเอียดที่สูงกว่าที่ 350,000พิกเซล (655 x 493)

ดังนั้น เวลาเลือกซื้อกล้องเว็บแคมสามารถดูได้ทั้งความละเอียดที่ระบุไว้ หรือชนิดของ CMOS สำหรับเซ็นเซอร์แบบ CCD จะเป็นเซ็นเซอร์ที่นิยมใช้ในกล้องดิจิทัล เพราะให้ความละเอียดที่สูงกว่า และก็มี noise ไม่มากเหมือนกับเซ็นเซอร์แบบ CMOS นอกจากนี้กล้องเว็บแคม (Webcam) สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ แบบมีสาย และแบบไร้สาย โดยแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันดังนี้

1. กล้องเว็บแคม (WebCam) แบบมีสาย จะมีความยุ่งยากในเรื่องการใช้สายต่อพ่วงเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่จะมีราคาถูกกว่าแบบไร้สายมาก ทำให้คนส่วนใหญ่นิยมซื้อกล้องเว็บแคม (Webcam) แบบมีสายมาใช้งาน

ข้อเสีย ของกล้องเว็บแคม (Webcam) แบบมีสาย คือ ทำให้ไม่สามารถวางตัวกล้องได้ไกลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้กล้องไม่สามารถจับภาพเคลื่อนไหวในระยะไกล ๆ ได้เหมือนแบบไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 กล้องเว็บแคมแบบมีสาย

2. กล้องเว็บแคม (Webcam) แบบไร้สาย จะมีราคาค่อนข้างแพงมากเมื่อเทียบกับแบบมีสาย เนื่องจากตัวกล้อง ต้องใช้เทคโนโลยีแบบไร้สายที่เรียกว่า Wireless WiFi หรือ IEEE 802.11 ที่ค่อนข้างมีต้นทุนสูง จึงส่งผลให้ตัวกล้องมีราคาแพงจึงไม่ค่อยได้รับความนิยมนัก

จุดเด่น ของกล้องเว็บแคม (Webcam) แบบไร้สาย คือ สามารถนำไปติดตั้งที่จุดใดก็ได้ โดยไม่ต้องคำนึงระยะห่างระหว่างตัวกล้องกับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2.30 กล้องเว็บแคมแบบไร้สาย

2.5.2 ส่วนประกอบของกล้องเว็บแคม (Webcam)

กล้องเว็บแคม (Webcam) ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

1. เลนส์กล้อง จะทำหน้าที่ในการจับภาพเคลื่อนไหวต่าง ๆ ที่เคลื่อนไหวผ่านไปมาอยู่หน้ากล้องหรืออยู่ในตำแหน่งที่เลนส์กล้องสามารถมองเห็นภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวปรับระยะโฟกัส จะทำหน้าที่ในการปรับโฟกัสของภาพเพื่อให้ภาพมีความชัดเจนนมากขึ้น
3. ฐานรองกล้อง มีไว้สำหรับเป็นที่ตั้งของตัวกล้องซึ่งช่วยให้เราสามารถวางกล้องบนหน้าจอบคอมพิวเตอร์ได้สะดวก

2.5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้กล้องเว็บแคม (Webcam)

1. ทำให้การติดต่อสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ตมีรสชาติมากขึ้น เนื่องจากสามารถพูดคุยแบบเห็นหน้าและการเคลื่อนไหวต่าง ๆ ของคู่สนทนาเหมือนกับอยู่ใกล้ชิดกัน
2. ประหยัดเวลาไม่ต้องเดินทางไปประชุมกับลูกค้าตามที่ต่าง ๆ เนื่องจากสามารถนำเอา กล้องเว็บแคม (Webcam) มาดัดแปลงเป็นกล้อง Video Conference เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารแบบเห็นหน้ากับลูกค้าได้
3. ช่วยให้ปลอดภัยจากการเดินทางไปประชุมหรือไปสัมมนาตามสถานที่ต่าง ๆ ที่อยู่ห่างไกลได้เป็นอย่างดี
4. นำไปประยุกต์ใช้เป็นชุดอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยคล้ายกับกล้องวงจรปิด สามารถใช้โปรแกรมที่ติดมากับกล้องเว็บแคม (Webcam) ทำหน้าที่คอยตรวจจับภาพเคลื่อนไหว แล้วทำการบันทึกจากตำแหน่งหรือจุดที่กำหนดไว้

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติกล้องประเภทต่างๆ

คุณสมบัติ					
ประเภทของงาน	การถ่ายภาพทั่วไป	การถ่ายภาพในอุตสาหกรรม	การบันทึกภาพหรือการเคลื่อนไหว	การบันทึกภาพหรือการติดต่อสื่อสาร	การบันทึกภาพหรือการเคลื่อนไหว
ความละเอียดของภาพ	> 2 ล้านพิกเซล	>0.3 ล้านพิกเซล	>1.3 ล้านพิกเซล	>0.3 ล้านพิกเซล	0.4 ล้านพิกเซล
sensor	CCD	CCD	CCD/CMOS	CMOS	CMOS
การเชื่อมต่อข้อมูล	Firewire	Firewire /Camera link	WIFI	USB	ไร้สาย (สัญญาณวิทยุ)
ราคา	ถูก-แพง	แพง	ปานกลาง	ถูก-ปานกลาง	ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติกล้องประเภทต่างๆทั้งหมด 5 ประเภท กล้องที่มีความเหมาะสม และเลือกใช้กับการวิจัยนี้คือกล้องประเภทแบบไร้สาย โดยใช้สัญญาณวิทยุในการรับข้อมูลภาพ ซึ่งพิจารณาจากความเหมาะสมในการใช้งานเช่น ราคากล้อง ความละเอียดของกล้องที่สามารถอ่านค่าได้เหมาะสม รวมทั้งเป็นไร้สายที่มีลักษณะที่ง่ายแก่การใช้งาน



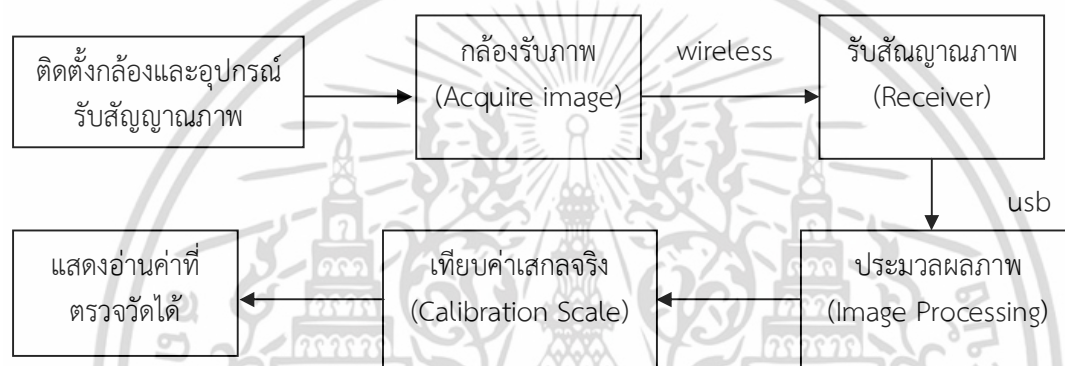
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและขั้นตอนการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการศึกษาวิจัยและขั้นตอนการออกแบบการทดลอง เพื่อทำการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็ม โดยการประมวลผลภาพแสดงออกมาเป็นตัวเลขด้วยโปรแกรม LABVIEW

3.1 การออกแบบระบบสำหรับการอ่านค่าเกจวัด



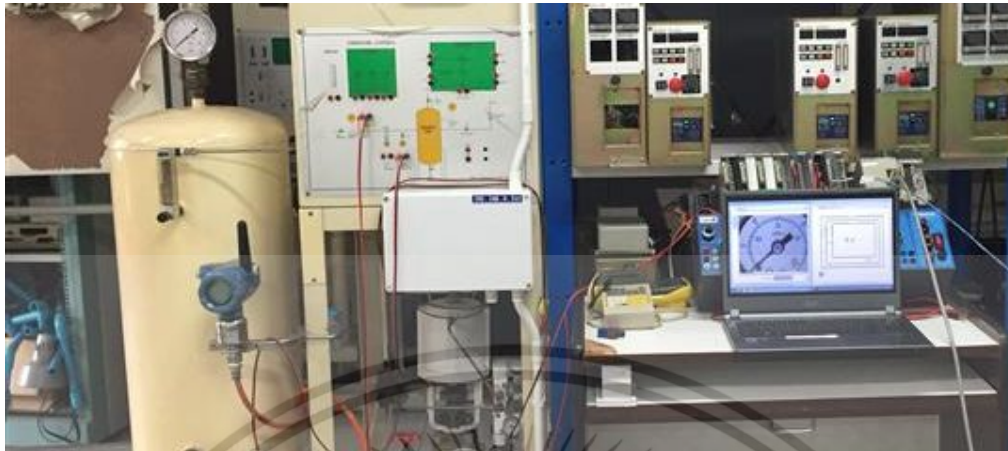
รูปที่ 3.1 ระบบการอ่านเกจวัด

ระบบที่การออกแบบเพื่อใช้ในการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็ม เมื่อทำการติดตั้งกล้องแบบไร้สายที่เกจวัด การติดตั้งนั้นจะต้องติดตั้งกล้องบริเวณกลางเกจวัดและมีระยะห่างจากเกจวัด 10 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่สามารถเก็บภาพได้ทั่วทั้งเกจ ทั้งนี้เกจวัดที่เลือกใช้ในการวิจัยมีขนาดประมาณ \varnothing 100 มม. จากนั้นเชื่อมต่อกับอุปกรณ์รับสัญญาณภาพด้วยสัญญาณวิทยุ เพื่อส่งภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์ด้วยสายusbและนำภาพที่ได้เข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผลภาพ โดยเมื่อมีการติดตั้งกล้องทุกครั้ง ขั้นตอนแรกจะต้องทำการเทียบสเกลจริงก่อนเริ่มทำการอ่านค่าจากเกจวัด

3.2 การติดตั้งระบบการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็ม

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการออกแบบระบบการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็ม การอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะใช้ลักษณะการรับภาพจากตัวเกจวัดเพื่อทำการประมวลผลภาพ ดังนั้นอุปกรณ์ที่สำคัญสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ อุปกรณ์การตรวจจับภาพใช้กล้องเว็บแคมไร้สาย ชุดทดลองการควบคุมแรงดัน และคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการประมวลผลภาพ โดยระบบการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มแสดงดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับระบบการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็ม

3.3 ส่วนประกอบของระบบ

การเลือกชนิดของเกจที่ใช้ทดลองเพื่ออ่านค่า โดยเลือกเกจที่อยู่ในช่วงความดัน 0-5 kgf/cm² ที่ความละเอียด 0.2 kgf/cm² ของบริษัท จากนั้นทำการปรับที่ค่าต่างๆ เช่น 0.8, 1.2, 1.6 ฯลฯ , กล้อง wireless camera และคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลภาพ งานวิจัยนี้จะใช้เกจที่มีขนาดประมาณ \varnothing 100 มม.



รูปที่ 3.3 เกจที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิจัยนี้เลือกใช้กล้องเว็บแคมไร้สาย HAMY mini Wireless Camera 2.4 Ghz C501 ซึ่งมีขนาดเล็ก และสามารถดูได้ในที่มืด ด้วยไฟ infrared led 8 ดวง



รูปที่ 3.4 Wireless camera

3.4 การติดตั้งกล้องและเกจวัด

กล้องจะถูกติดตั้งบริเวณหน้าเลนส์และติดตั้งบริเวณกลางเกจวัด โดยมีระยะห่างจากเกจวัดสู่กล้อง 10 เซนติเมตร การติดตั้งจะต้องมีความมั่นคงและแน่นหนา เนื่องจากการติดตั้งมีผลสำหรับการประมวลผลภาพ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อเก็บภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การเลือกประเภทของแหล่งกำเนิดแสง

การที่จะมองเห็นภาพชัดเจนหรือไม่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแสงเป็นส่วนสำคัญแสงเดินทางจากแหล่งกำเนิดแสง (Light Source) ไปยังวัตถุ (Object) เมื่อแสงกระทบกับวัตถุจะมีการสะท้อนกลับมาที่ตาของเรา หรือในที่นี้คือตัวกล้องแมชชีนวิชันนั่นเอง ความคมชัดของภาพที่เห็นขึ้นอยู่กับว่าวัตถุนั้นๆ ดูดซับหรือสะท้อนแสงกลับได้เท่าไรซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพรูปร่าง และสีของวัตถุ เพราะฉะนั้นการเลือกแหล่งกำเนิดแสงในงานของวิชันเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เพราะฉะนั้นการที่เราเลือกใช้แสงให้ถูกต้องและควบคุมแหล่งกำเนิดแสงให้คงที่ หากใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ผลการตรวจสอบผิดพลาดได้

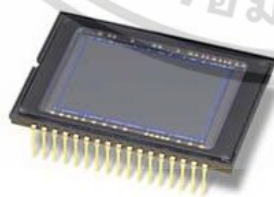
3.6 การเลือกประเภทของกล้อง

ในการวิจัยนี้เลือกใช้กล้องเว็บแคมไร้สาย HAMY mini Wireless Camera 2.4 Ghz C501 ซึ่งมีขนาดเล็ก และสามารถดูได้ในที่มืด ด้วยไฟ infrared led 8 ดวง

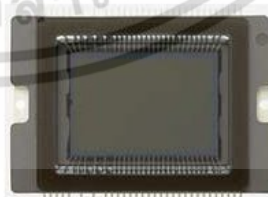


รูปที่ 3.6 กล้องไร้สาย HAMY mini Wireless Camera 2.4 Ghz C501

3.6.1 เซนเซอร์ที่ใช้ในการรับภาพ



รูป CCD



รูป CMOS

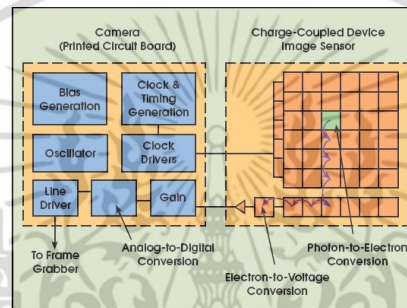
รูปที่ 3.7 เซนเซอร์ CCD และ CMOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกล้องดิจิทัลทุกตัว แนนอนหัวใจสำคัญที่สุดอันหนึ่งที่จะทำให้กล้องตัวนั้นถ่ายทอดรูปออกมาได้สวยก็คงหนีไม่พ้น Sensor รับภาพ ซึ่งมีหน้าที่รับแสงที่เข้ามาแล้วเปลี่ยนค่าแสงนั้นๆเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งในปัจจุบันก็ยังมี Sensor รับภาพอยู่ 2 แบบใหญ่ๆ ซึ่งก็คือ CCD (ซีซีดี) และ CMOS (ซีโมส) เป็นหัวใจสำคัญ

1. เซนเซอร์แบบ CCD - ซีซีดี

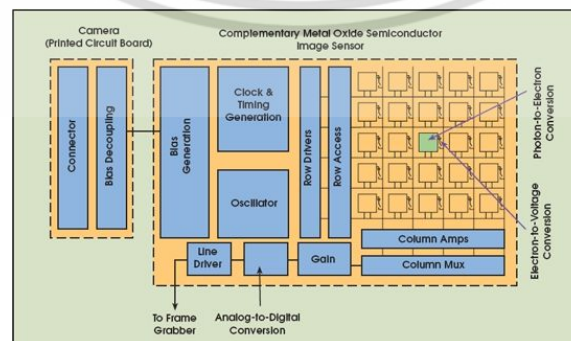
CCD ย่อมาจาก Charge Coupled Device เป็น Sensor ที่ทำงานโดยส่วนที่เป็น Sensor แต่ละพิกเซลจะทำหน้าที่รับแสงและเปลี่ยนค่าแสงเป็นสัญญาณอนาล็อก ส่งเข้าสู่วงจรเปลี่ยนค่าอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลอีกครั้ง



รูปที่ 3.8 แสดงโครงสร้างภายในเซนเซอร์ CCD

2. เซนเซอร์แบบ CMOS – ซีโมส

CMOS ย่อมาจาก Complementary Metal Oxide Semiconductor เป็น Sensor ที่มีลักษณะการทำงานโดยแต่ละพิกเซลจะมีวงจรย่อยๆเปลี่ยนค่าแสงที่เข้ามาเป็นสัญญาณดิจิทัลในทันที ไม่ต้องส่งออกไปแปลงเหมือน CCD กล่าวคือ CMOS จะมีวงจรแปลงสัญญาณแสงในแต่ละพิกเซลเลย ส่วน CCD ตัวรับแสงจะรับแสงอย่างเดียว และจะส่งค่าที่ได้ออกมาให้วงจรที่มีหน้าที่แปลงสัญญาณอีกครั้ง ความเร็วในการการตอบสนอง ในแง่นี้ CMOS จะเหนือกว่า เนื่องจากตัว CMOS จะแปลงสัญญาณเสร็จในตัวเอง ไม่ต้องส่งข้อมูลไปยังวงจรอื่นอีก



รูปที่ 3.9 แสดงโครงสร้างภายในเซนเซอร์ CMOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.Charge - Couple Devices (CCD)

ภายในมี Photo site ขนาดเล็กซึ่งไวต่อแสงทำหน้าที่เป็นตัวรับแสง เมื่อแสงตกลงมาจะเกิดอิเล็กตรอนที่ผิวหน้า อิเล็กตรอนจะถูกดึงไปที่ Read Out Register แล้วส่งไปยัง Amplifier เพื่อขยายสัญญาณ จากนั้นจะถูกส่งไปยัง A/D Converter เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นข้อมูลดิจิทัล การอ่านสัญญาณไฟฟ้าของ CCD จะอ่านทีละแถว โดยเริ่มจากแถวที่ใกล้กับ Read Out Register ก่อน เมื่ออ่านค่าเสร็จจะมีการลบข้อมูลของแถวนั้นแล้วอ่านของแถวลำดับต่อไป โดยอิเล็กตรอนจะกระโดดข้ามมาทีละแถวเพื่อเข้าสู่ Read Out Register ปัจจุบันกล้องดิจิทัลส่วนใหญ่ในท้องตลาดจะใช้เซ็นเซอร์รับภาพชนิดนี้

3.1 Complementary Metal Oxide Semiconductor หรือ CMOS

ดัดแปลงมาจาก WAFER หรือ FAB ที่ใช้ในการผลิตหน่วยความจำและ CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น Pentium Core 2 Duo ซึ่งมีชิพเล็ก ๆ อยู่ในถึง 10 ล้านตัว กระบวนการผลิต CMOS Image Sensor ใช้กระบวนการเดียวกับการผลิต CMOS ของคอมพิวเตอร์ จึงสามารถผลิตในปริมาณมาก ต้นทุนต่ำกว่า CCD อย่างมาก CMOS แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

3.2 Passive Pixel Sensors

เมื่อ Photo site ได้รับแสงและเกิดกระแสไฟฟ้า สัญญาณไฟฟ้าจะถูกส่งออกไปนอก CMOS ทำการขยายสัญญาณและแปลงเป็นค่าดิจิทัล มีขนาดเล็ก แต่ใหญ่เพียงพอที่จะประกบกับสารไวแสงและวงจรอื่น ๆ ปัญหาคือ ภาพมีสัญญาณรบกวนสูง ต้องอาศัยการประมวลผลภายนอกเพื่อลดสัญญาณรบกวน

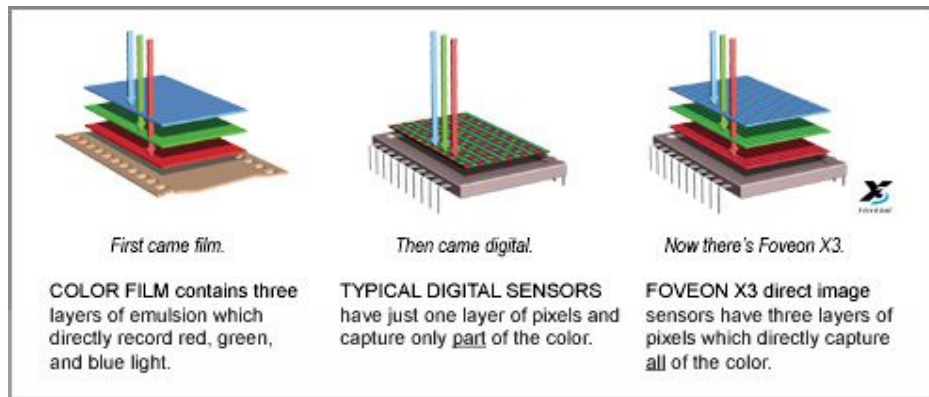
- Active Pixel Sensor

จะมียังจรภายใน CMOS เพื่อกำหนดระดับสัญญาณรบกวนและลบสัญญาณรบกวน คุณภาพเทียบเท่า CCD และสามารถทำให้มีขนาดใหญ่ รายละเอียดสูงได้

CMOS สามารถสร้างวงจรไฟฟ้าต่าง ๆ เอาไว้ในได้ ทำให้ไม่ต้องแยกหน่วยประมวลผลออกไปต่างหากแบบ CCD ซึ่งต้องใช้ชิพแยกต่างหาก 3 ถึง 8 ชิป ส่งผลให้กล้องที่ใช้ CMOS มีต้นทุนถูกกว่า มีขนาดเล็ก ประหยัดพลังงานมากกว่า นอกจากนี้ CMOS ยังสามารถสลับการถ่ายภาพระหว่างภาพนิ่งและวิดีโอได้อย่างรวดเร็วอีกด้วย แต่ จุดอ่อน ของ CMOS คือ มีค่าความไวแสงต่ำ เพราะขนาดของ Photo detector ใน Photo site มีขนาดเล็ก เนื่องจากต้องแบ่งพื้นที่ให้กับวงจรไฟฟ้า CMOS จึงไม่เหมาะกับการถ่ายภาพในภาพแสงน้อย ๆ มีการแก้ไขโดยการใส่เลนส์ขนาดเล็กไว้หน้า Photo site เพื่อรวมแสงให้มาตกที่ Photo detector มากขึ้นในอดีต CMOS ไม่สามารถถ่ายภาพได้ถึง 20 ภาพ/วินาทีเหมือนกล้องวิดีโอทั่วไป

3.3 FEVEON X3

เซ็นเซอร์ที่พัฒนาโดย บริษัท FEVEON โดยหลักการทำงานของเซ็นเซอร์แล้วจะเป็นแบบ CMOS Direct Image Sensor โดยในเซ็นเซอร์รับภาพจะสามารถจับค่าสี RGB ได้ทั้ง 3 สี ใน 1 photo site เรียกว่าสีโครสมันใน 1 Pixel ทาง บริษัท FOVEON ได้ทำการเปิดตัว IMAGE SENSOR ตัวแรกที่มีขนาดเล็กให้สภาพของสีที่สมจริง 4.5 ล้านพิกเซล Direct Image Sensor ทำให้ Foveon X3 หวนกลับมาอีกครั้ง ซึ่งสามารถที่จะให้สีได้ใกล้เคียงกับกล้องฟิล์มที่ 3 เลเยอร์



รูปที่ 3.10 แสดงโครงสร้างภายในเซนเซอร์ Foveon X3

คุณสมบัติของ Image Sensor

1) ความลึกสีหรือ Color Depth หมายถึง จำนวนเฉดสีที่ Image Sensor สามารถถ่ายทอดออกมาได้ ยิ่งความลึกของสีมาก จำนวนเฉดสีของภาพก็จะมากขึ้น หมายถึง เราจะได้ภาพที่มีคุณภาพดีขึ้นด้วย ความลึกสีจะบอกเป็นจำนวน Bit/สี หรือ Bit/3สี เช่น CCD ให้ภาพความลึกสี 12bit/สี ก็เท่ากับ 36 bit จำนวนเฉดสีที่ Image Sensor สามารถถ่ายทอดได้สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร

$$\text{จำนวนเฉดสี/สี} = 2 \text{ ยกกำลัง Bit สี}$$

$$\text{จำนวนเฉดสีทั้งหมด} = \text{จำนวนเฉดสี/สี} \text{ ยกกำลัง } 3$$

เช่น Image Sensor ให้ภาพ 8 bit/สี จะมีเฉดสี $28 = 256$ สี จำนวนเฉดสีทั้งหมดเท่ากับ $256^3 = 16.77$ ล้านเฉดสี Image Sensor ของกล้องดิจิทัลในปัจจุบันจะให้ความลึกสีที่ 8 bit/สี ถ้าเป็นกล้องที่คุณภาพดีจะอยู่ที่ 10 หรือ 12 bit/สี และถ้าเป็นกล้องระดับมืออาชีพจะอยู่ที่ 12-14 bit/สี ส่วนสแกนเนอร์คุณภาพสูงจะอยู่ที่ 16 bit/สี $12 \text{ bit/สี} = 36 \text{ bit} = 68,719, 476,736$ หรือ $68,719$ ล้านเฉดสี $16 \text{ bit/สี} = 48 \text{ bit} = 281,474, 976,710,656$ หรือ 2.8 ล้านล้านเฉดสี จะเห็นว่าจำนวน Bit สียิ่งมากจะยิ่งได้ภาพที่มีเฉดสีดีขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งกล้องระดับมืออาชีพจะเน้นเรื่องจำนวน Bit สีอย่างมาก ยิ่ง Bit สีมาก การไล่ระดับโทนสีในส่วนสว่างและส่วนมืดซึ่งเป็นปัญหาของกล้องดิจิทัลก็จะลดลงเรื่อย ๆ (ภาพจำนวน Bit สี)

2) Image Size หรือขนาดภาพ หมายถึงจำนวน Pixel ที่จะปรากฏบนภาพ ยิ่งจำนวน Pixel มากจะได้ภาพที่สามารถนำไปขยายใหญ่ได้มากขึ้นโดยไม่เกิดการแตก คล้ายกับฟิล์มเกรนหยาบกับเกรนละเอียด ขนาดภาพของ Image Sensor จะบอกเป็นจำนวน Effective Pixel เช่น กล้องมี Effective Pixel ขนาด 6.17 ล้านพิกเซล การดูว่าจำนวน Pixel เท่าไรจะเพียงพอต่อการใช้งาน จะดูจากขนาดภาพที่ต้องการใช้งานเป็นหลัก เช่น ต้องการภาพไปใช้ส่ง E-Mail ซึ่งภาพจะมีขนาดประมาณ 4.87 แสนพิกเซล ใช้กล้องขนาด 1 ล้านพิกเซลก็เพียงพอ แต่ถ้าไปใช้งานขยายภาพขนาด 8.25×11.5 นิ้ว ควรมีความละเอียดประมาณ 8.5 ล้านพิกเซลจะได้ภาพคุณภาพสูงสุด เป็นต้น การใช้ Image Sensor ที่มีความละเอียดสูงเกินกว่าขนาดภาพที่

ต้องการไม่เกิดประโยชน์ในการใช้งานใด ๆ นอกจากจะต้องจ่ายค่ากล้องที่มีราคาแพงขึ้น ใช้แบตเตอรี่มากขึ้น เปลืองการ์ดเก็บข้อมูลมากขึ้นจำนวน Pixel ของตามนุษย์ประมาณ 120 ล้านพิกเซล พิล์ม 35 มม.เกรนละเอียดมาก ๆ เช่น Fuji chrome Provia 100F ขนาด 135 มม.จะมีจำนวน Pixel อยู่ประมาณ 24 ล้านพิกเซล

3) Aspect Ratio หรือ สัดส่วนภาพ หรือสัดส่วนของภาพด้านกว้าง:ด้านยาว สัดส่วนตรงนี้มี ความสำคัญกับการนำภาพไปใช้งาน เช่น ต้องการใช้อัดขยายภาพขนาด 4x6 นิ้ว เท่ากับภาพมีสัดส่วน 1:1.5 แต่ใช้กล้องดิจิทัลที่มีสัดส่วนกว้างยาว 1200x1600 พิกเซล หรือ 1:1.33 สัดส่วนกว้างยาวของภาพที่ต้องการ และ Image Sensor ไม่เท่ากัน เมื่อนำภาพไปขยายจะได้ภาพไม่เต็มกระดาษ หรือเกิดการตัดส่วนภาพบนกระดาษไป กล้องดิจิทัลระดับมือสมัครเล่นจะมีสัดส่วนภาพอยู่ประมาณ 1:1.33 เพื่อให้เข้ากับจอมอนิเตอร์ หรือ TV ส่วนกล้องดิจิทัลระดับมืออาชีพจะมีสัดส่วนประมาณ 1:1.5 ซึ่งเท่ากับฟิล์มขนาด 35 มม.

4) ความไวแสง หรือ Sensitivity ความไวแสงของ Image Sensor เป็นความไวแสงที่เทียบจากความไวแสงของฟิล์มในมาตรฐานของ ISO (International Standard Organization) ยิ่งความไวแสงสูงจะทำให้สามารถใช้ความเร็วชัตเตอร์สูงหรือช่องรับแสงแคบได้มากกว่า กล้องดิจิทัลส่วนใหญ่จะเริ่มความไวแสงที่ความไวแสงประมาณ ISO 100 แต่สามารถเลือกความไวแสงได้หลายค่าในกล้องตัวเดียว เช่น 100 , 200, 400, 800, 1600 ซึ่งไม่เหมือนฟิล์มที่จะไม่สามารถเปลี่ยนความไวแสงฟิล์มได้(ยกเว้นนำไปล้างเพิ่มหรือลดเวลาล้าง) และสามารถถ่ายภาพแต่ละภาพโดยใช้ความไวแสงที่แตกต่างกันได้ (ส่วนฟิล์มต้องตั้งความไวแสงค่าเดียวตลอดเวลา) ทำให้สะดวกในการใช้งานในสภาพแสงต่าง ๆ กัน การปรับตั้งความไวแสงสูงขึ้นในกล้องดิจิทัล จะเกิดสัญญาณรบกวน ทำให้ภาพมีคุณภาพลดลงไปบ้าง เช่นเดียวกับการเพิ่มเวลาล้างของฟิล์มถ่ายภาพ

5) ขนาดของ Image Sensor หากเราใช้ตัว Image Sensor ขนาดใหญ่มีแนวโน้มจะให้คุณภาพที่ดีกว่า Image Sensor ขนาดเล็ก (จำนวน pixel เท่ากัน) เพราะจะมีขนาดของ Photo site ใหญ่กว่า ทำให้ไวต่อแสง มี Bit สีมากกว่า มีความคมชัดและรายละเอียดดีกว่า แต่ราคาจะแพงมากขึ้นตามขนาดของ Image Sensor ที่ใหญ่ขึ้น ตัวกล้องจะใหญ่ขึ้นตามด้วย จึงใช้เฉพาะกล้องระดับมืออาชีพเท่านั้นชนิดของ Image Sensor

3.7 ชนิดของเกจวัด

ในงานอุตสาหกรรมทั่วไปจะมีการติดตั้งเกจวัดในกระบวนการต่างๆ เช่น การวัดระดับ การวัดปริมาณ การไหล การวัดน้ำหนัก และ การวัดความดัน ฯลฯ ในกระบวนการผลิตอาจจะใช้วิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายวิธีพร้อมกัน เพื่อทราบค่าของระดับ ปริมาณการไหล น้ำหนักและความดัน ฯลฯ เกจวัดจึงมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิต เพื่อที่จะให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมามีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเกจวัดที่ใช้ในระบบการควบคุมกระบวนการผลิตจะต้องมีการติดตั้งเกจวัดที่เหมาะสมกับลักษณะของกระบวนการหรือระบบนั้นๆ



รูปที่ 3.11 เกจวัดชนิดต่างๆ

3.7.1 เครื่องมือวัดความดัน

สามารถแบ่งชนิดของเครื่องมือวัดความดันออกเป็น 2 ประเภท

1) Pressure Transmitter คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดความดันและสามารถแปลงค่าความดันเป็นค่าสัญญาณไฟฟ้า 4-20 mA หรือ 0-5 Vdc (หากกำหนดให้สัญญาณเอาพุทเป็นสัญญาณอื่น เรียกว่า Pressure Transducer) ซึ่งสัญญาณเอาพุทที่ได้นั้นสามารถนำมาเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ Controller ต่างๆ เพื่อควบคุมระบบ



รูปที่ 3.12 เครื่องมือวัดความดันประเภท Pressure Transmitter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) Pressure Gauge หรือเกจวัดความดัน สามารถวัดความดันได้ทั้งความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และความดันสุญญากาศ โดยอ่านค่าความดันที่หน้าปัดจะเป็นแบบอนาล็อกหรือแบบเข็ม



รูปที่ 3.13 เกจวัดแบบเข็ม

ในบางจุดการตรวจวัด หากมีการสั่นสะเทือนมากๆ ,สั่นสะเทือนตลอดเวลา หรือ จุดตรวจวัดความดันที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมบริเวณหน้างานที่ต้องการวัดอย่างรุนแรง เช่น จากร้อนจัดกลายเป็นเย็นจัด ควรใช้เกจวัดแบบมีกลีเซอริน (Glycerine) บรรจุอยู่

2.1) เกจวัดแบบมีกลีเซอริน (Glycerine)

กลีเซอริน เป็นของเหลวใสที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น มีความหนืด โดยปกติมาจากน้ำมันของพืช ซึ่งโดยทั่วไปคือ น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม กลีเซอรินสามารถละลายได้ดีในแอลกอฮอล์และน้ำ แต่ไม่ละลายในไขมัน เพราะกลีเซอรินมีคุณสมบัติทางเคมีที่หลากหลายจึงสามารถนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารเคมีอื่นๆได้ ดังนั้นคุณสมบัติที่สามารถละลายในแอลกอฮอล์และน้ำได้นี้เอง จึงนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ซึ่งกลีเซอรินบริสุทธิ์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น ใช้เป็นส่วนผสมหรือเป็นตัวช่วยในกระบวนการผลิตเครื่องสำอางค์ ผลิตภัณฑ์ในห้องน้ำและสุขอนามัยส่วนบุคคล อาหาร ยาสีฟัน ยาสระผม และนิยมใช้ในอุตสาหกรรมสบู่มาก เพราะกลีเซอรินเป็นส่วนช่วยหล่อลื่นเหมือนมอยซ์เจอร์ไรเซอร์เพื่อปกป้องผิวไม่ให้แห้งและดูดซับความชื้นเมื่อสัมผัสกับอากาศซึ่งจะทำให้รู้สึกว่ามีผิวมีความชุ่มชื้น อ่อนโยนต่อผิว ขจัดความสกปรกที่ฝังแน่น ไม่ทำให้อุดตันรูขุมขน รวมทั้งปลอดภัยต่อผิวหนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



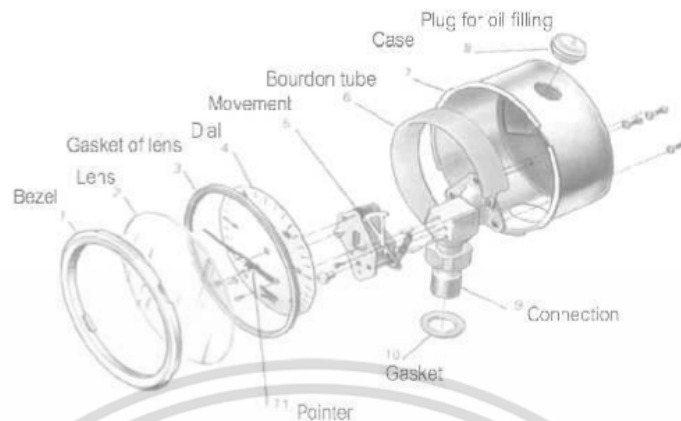
รูปที่ 3.14 กลีเซอรินบริสุทธิ์ 99.87%



รูปที่ 3.15 การทำสบู่โดยใช้กลีเซอริน

นอกจากนี้ยังนำไปประยุกต์ใช้กับงานประเภทการตรวจวัด โดยใช้ความหนืดกลีเซอรินบรรจุในเกจวัดแบบเข็ม เพื่อช่วยลดแรงสั่นและผลของความดันที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้กลไกภายในของเกจวัดแรงดันเคลื่อนไหวช้าลง ช่วยลดแรงเสียดทาน อีกทั้งทำให้การสีกหร่อน้อยลง ส่วนคุณสมบัติของกลีเซอรินที่ช่วยในการหล่อลื่นจะมีผลทำให้ระบบกลไกของเกจวัด ทำงานได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการเลือกใช้เกจวัดที่เหมาะสมจะช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้งานและช่วยยืดอายุการใช้งานของเกจวัดให้ยาวนานขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 โครงสร้างและกลไกภายในของPressure Gauge

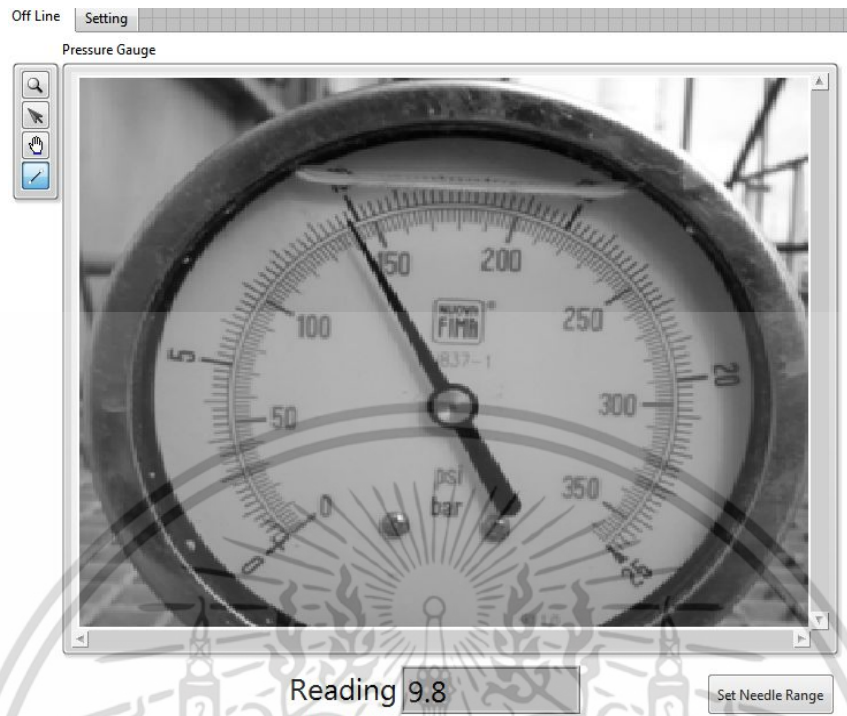


รูปที่ 3.17 เกจวัดแบบมีกลีเซอรินบรรจุอยู่ภายใน

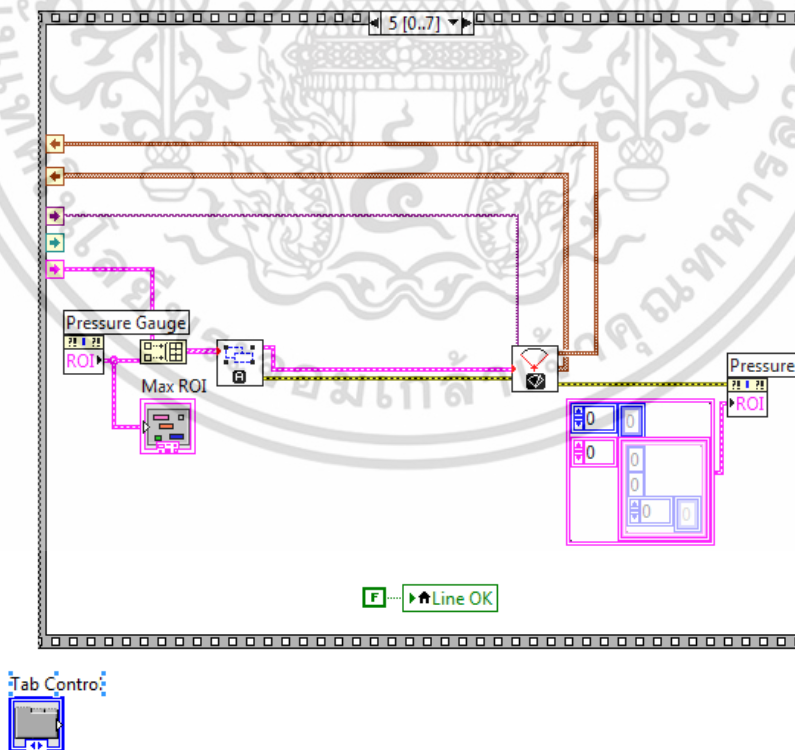
3.8 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพที่ได้จากกล้องเพื่อทำการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มนั้นจะใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล โดยใช้โปรแกรมที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Lab VIEW เวอร์ชัน 2013 ของ National Instrument ในการการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็ม เนื่องจากโปรแกรม Lab VIEW มีฟังก์ชันที่เกี่ยวกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์และประมวลผลภาพให้เลือกมากมายจึงช่วยลดเวลาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมลงมาก จากรูปที่ 3.11 แสดงโปรแกรม Lab VIEW ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ จากการรับภาพจากกล้องเว็บแคมไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 แสดงโปรแกรม Lab VIEW ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ



รูปที่ 3.19 แสดงโปรแกรม Lab VIEW ส่วน block diagram ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ

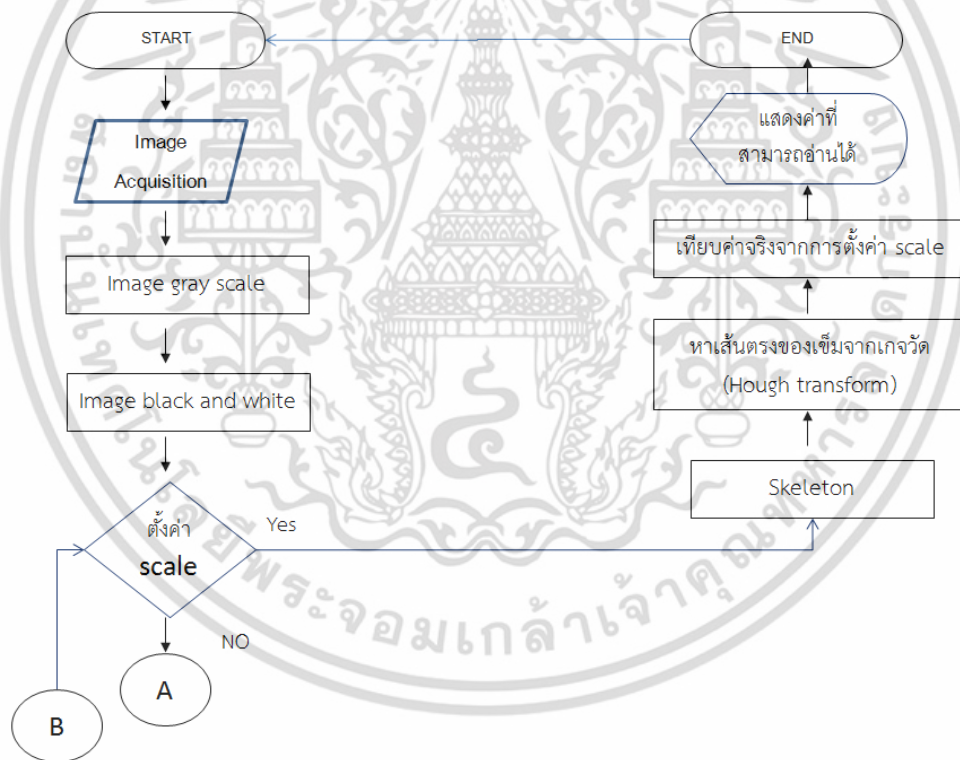
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ

ในหัวข้อนี้อธิบายถึงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้ในการอ่านค่าจากเกจวัด ซึ่งการทำงานจะแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนได้ดังนี้คือ การสอบเทียบ การเก็บข้อมูลภาพของวัตถุที่ตรวจวัด การประมวลผลภาพ การวิเคราะห์ภาพเพื่อคำนวณหาค่าที่ได้จากการอ่าน ขั้นตอนและลำดับการทำงานของโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อใช้ในการตรวจวัดแสดงดังรูปที่ 3.18

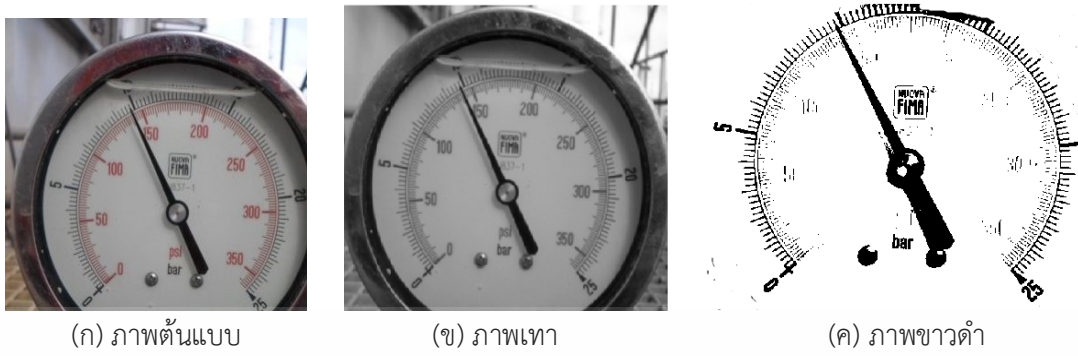
3.9.1 ขั้นตอนการประมวลผลภาพของระบบการอ่านค่าจากเกจวัด

จากรูปที่ 3.15 แสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ ที่ได้จากขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งถูกดำเนินการโดยใช้โปรแกรม Lab VIEW 2013 และรับภาพมาจากกล้อง เว็บแคมไร้สาย ทำการปรับปรุงภาพก่อนการคำนวณหาค่าที่อ่านได้ โดยแต่ละกระบวนการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



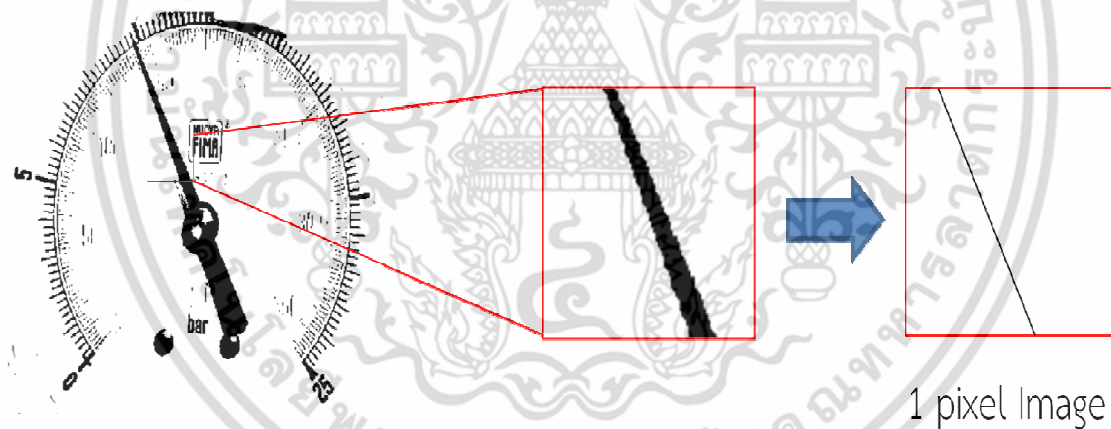
รูปที่ 3.20 แผนภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพในการอ่านค่าเพื่อแสดงค่าจริง

หลังจากรับภาพมาจากกล้องเว็บแคมไร้สาย ทำการปรับปรุงภาพโดยทำการแปลงภาพเป็นภาพเทา จากนั้นทำการลดขนาดภาพด้วยการแปลงภาพเป็นขาวดำ ดังรูปที่ 3.20 หากทำการติดตั้งกล้องครั้งแรกต้องทำการเทียบสเกลจริงสำหรับการอ่านค่าในหน่วยที่ต้องการ โดยจะอธิบายการเทียบสเกลจริงในหัวข้อถัดไป



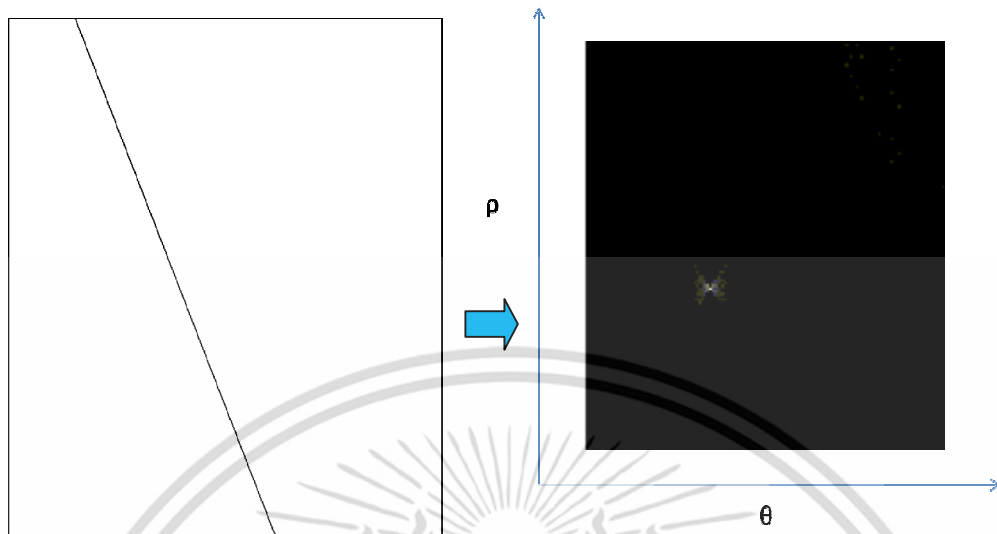
รูปที่ 3.21 แสดงขั้นตอนการปรับปรุงภาพ

เมื่อนำภาพที่ได้มาปรับปรุงแล้ว จากนั้นนำภาพเข้าที่ได้ไปหาบริเวณที่มีเข็มของเกจวัด จากนั้นนำรูปภาพจากบริเวณดังกล่าวไปลดพิกเซล เพื่อให้ง่าย และมีค่าความแม่นยำสูงสำหรับการหาค่ามุม ซึ่งเป็นขั้นตอนในลำดับถัดไป โดยการลดพิกเซลของภาพให้เหลือ 1 พิกเซลจะใช้วิธีโครงกระดูก (Skeleton Dectection) ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.22 แสดงขั้นตอนการปรับปรุงภาพด้วยวิธี Skeleton

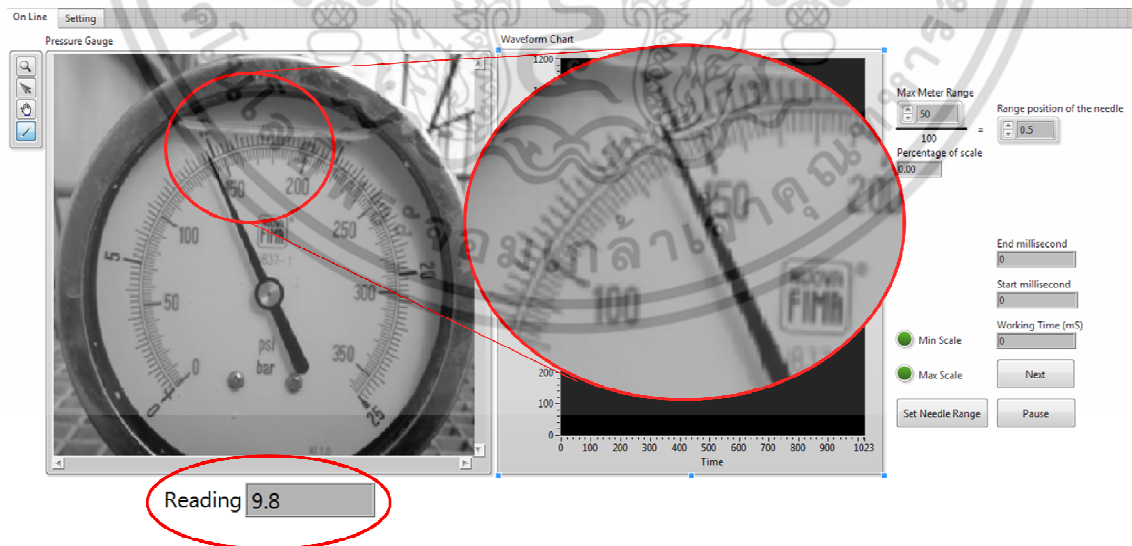
การนำภาพที่ได้จากการลดพิกเซลมาใช้นั้น เป็นการนำมาประยุกต์ใช้ในการหาเส้นตรงหรือเข็มของเกจวัด กล่าวคือเราจะได้เส้นตรง 1 เส้นที่เหลือเพียง 1 พิกเซล มาทำการหาค่ามุมของเส้นตรงนั้น โดยการคำนวณองศาจากทฤษฎีการหาเส้นตรง (Hough Transfrom) โดยองศาที่สามารถอ่านค่าได้นั้นจะมีค่าถูกต้องและแม่นยำสูง โดยการหาค่ามุมด้วยทฤษฎีการหาเส้นตรง (Hough Transfrom) แสดงดังรูปที่ 3.22



(ก) ภาพหลังลดพิกเซล (ข) กราฟแสดงผลการหาค่าองศาด้วยวิธี Hough Transform

รูปที่ 3.23 แสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพด้วยวิธี Hough Transform

นำค่าขององศาที่ได้ไปเทียบค่าเสกสจริงจากหัวข้อ 3.9.2 เมื่อทำการเทียบค่าเพื่อเป็นเสกสจริงแล้ว ระบบจะทำการแสดงผลทางหน้าจอ โดยแสดงผลทั้งภาพขณะเวลานั้นและค่าที่ได้จากการอ่านจากตัวระบบเอง เพื่อเป็นการเทียบค่าจริงและค่าที่อ่านได้ อีกทั้งเพิ่มความถูกต้องการอ่านอีกด้วย



รูปที่ 3.24 แสดงหน้าจอสำหรับผลการอ่านค่าจากวัด

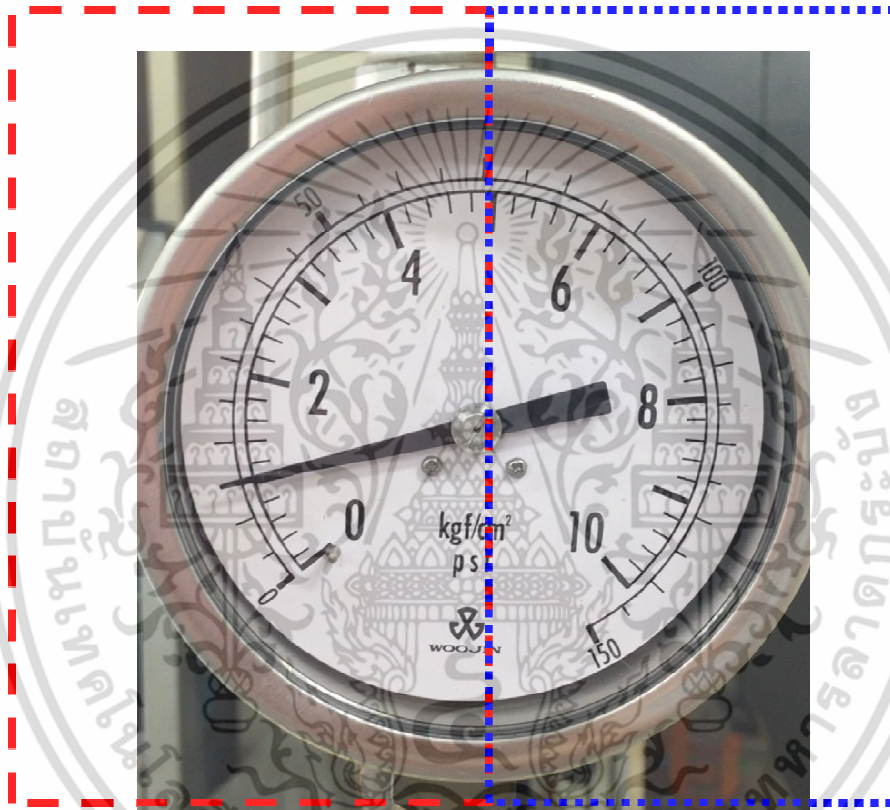
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.2 ขั้นตอนการเทียบสเกลจริง

การเทียบสเกลจริงนั้นผู้วิจัยจะทำการแบ่งออกเป็น 2 ระนาบ เนื่องจากข้อจำกัดในการหาค่ามุมของทฤษฎีการหาเส้นตรง (Hough Transform) นั้นจะสามารถหาค่ามุมในระนาบ 180 องศาเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องมีการแบ่งภาพออกเป็น 2 ส่วน เพื่อแยกระนาบในการหาสเกลจริง โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

ระนาบ A

ระนาบ B



รูปที่ 3.25 เกจวัดแบบเข็ม 0-10 kgf/cm² แบ่งออกเป็น 2 ระนาบ

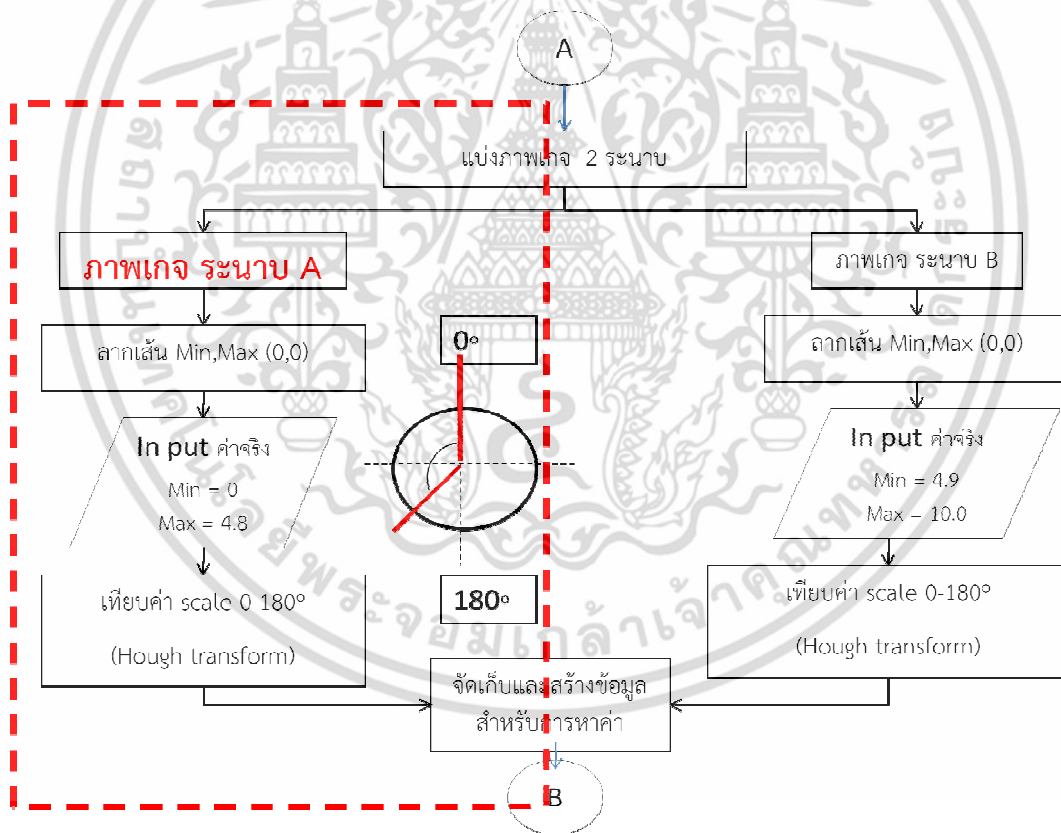
1) การเทียบสเกลสำหรับภาพระนาบ A

ในส่วนของระนาบ A จะเป็นการหาค่าเริ่มต้นของสเกลหรือค่าที่น้อยที่สุดที่เกจวัดนั้นๆ สามารถอ่านค่าได้ โดยทั่วไปมักเริ่มที่ 0 กรณีที่ระบบวัดนั้นๆ ไม่ชัดเจนได้มีค่าเริ่มต้นที่ 0 ผู้ตรวจวัดสามารถตั้งค่าเป็นเริ่มต้นที่ต้องการได้ ขั้นแรกทำการลากตั้งค่าเริ่มต้น ที่องศาใดๆ โดยที่สเกลจริงมีค่าที่ 0 kgf/cm² ดังเส้นสีแดงรูปที่ 3.25 และทำการบันทึกข้อมูลค่าที่ต้องการตั้งค่าเป็นค่าที่น้อยที่สุดที่สามารถอ่านได้ และทำการลากอีกครั้งที่ค่าที่มากที่สุด ในแนวระนาบ A ที่องศาใดๆ โดยที่สเกลจริงมีค่าที่ 4.8 kgf/cm² ดังเส้นสีส้มรูปที่ 3.25 ทำการบันทึกข้อมูลค่าที่ต้องการตั้งค่าเป็นค่าที่มากที่สุดที่สามารถอ่านได้ของระนาบ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 การตั้งค่าแนวระนาบ A



รูปที่ 3.27 แผนภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพเพื่อเก็บค่าในการเทียบค่าจริงระนาบ A

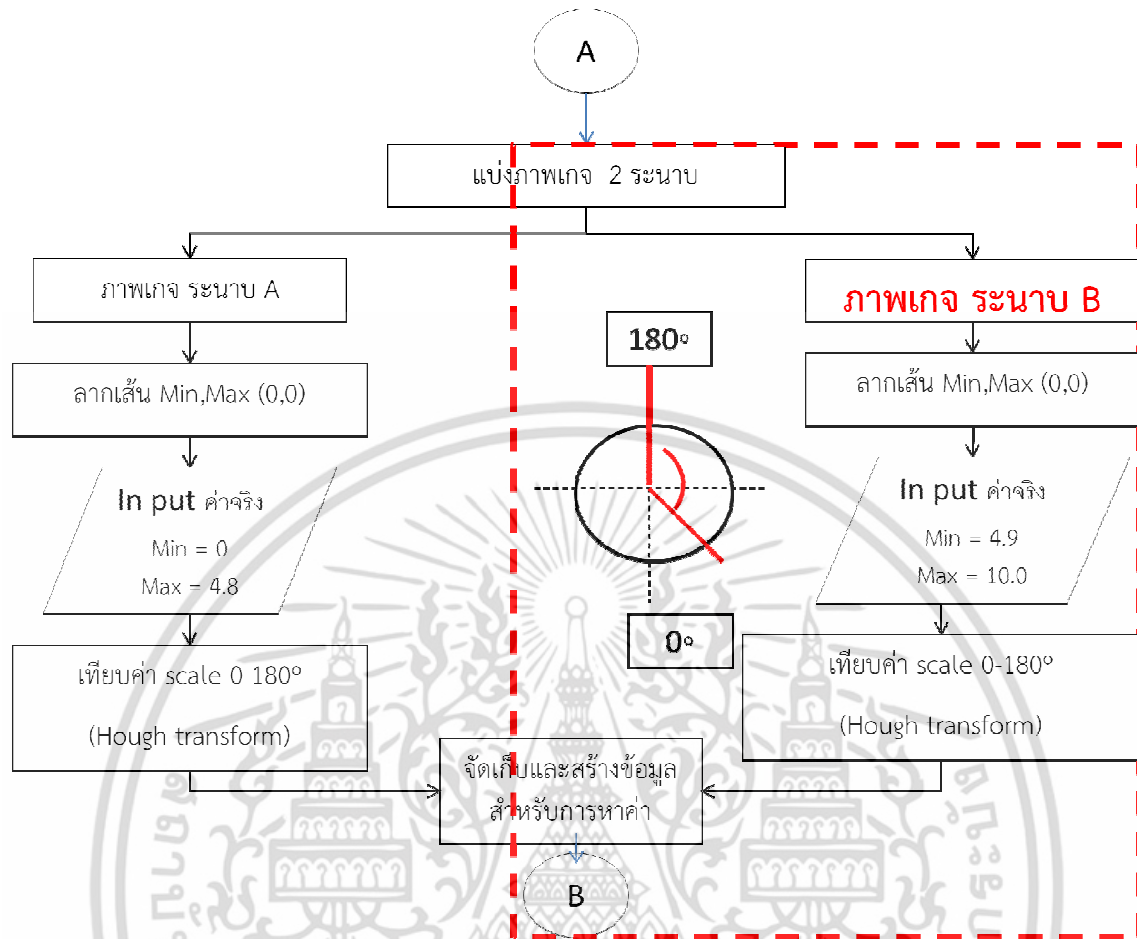
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การเทียบสเกลสำหรับภาพระนาบ B

ในส่วนของระนาบ B จะเป็นการหาตั้งค่าที่สลับกับระนาบ B เนื่องจากค่าองศาที่ได้ค่าแรกจะเป็นค่าที่มากที่สุด และค่าขององศาที่มากที่สุดจะเป็นค่าที่น้อยที่สุดที่สามารถอ่านค่าได้ ขั้นแรกทำการลากเพื่อตั้งเป็นค่าที่มากที่สุดที่สามารถวัดได้ ที่องศาใดๆโดยที่สเกลจริงมีค่าที่ 10 kgf/cm^2 ดังเส้นสีแดงรูปที่ 3.27 และทำการบันทึกข้อมูลค่าที่ต้องการตั้งค่าเป็นค่าที่มากที่สุดที่สามารถอ่านได้ จากนั้นทำการลากเพื่อตั้งเป็นค่าที่น้อยที่สุดที่สามารถวัดได้ ที่องศาใดๆโดยที่สเกลจริงมีค่าที่ 4.9 kgf/cm^2 ดังเส้นสีส้มรูปที่ 3.27 และทำการบันทึกข้อมูลค่าที่ต้องการตั้งค่าเป็นค่าที่น้อยที่สุดที่สามารถอ่านได้



รูปที่ 3.28 การตั้งค่าแนวระนาบ B



รูปที่ 3.29 แผนภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพเพื่อเก็บค่าในการเทียบค่าจริงระนาบ B

จากนั้นระบบจะทำการเก็บค่าไว้เป็นข้อมูลทั้งสองระนาบ เพื่อใช้สำหรับเป็นค่าในการเทียบจากองศาของเข็มของเกจวัดในขณะนั้นๆ เทียบเป็นค่าของสเกลจริงเพื่อแสดงผลออกทางหน้าต่างที่กล่าวข้างต้น

บทที่ 4

การทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองการอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็มตามเวลาจริง โดยทำการทดลองการอ่านค่าที่แรงดันต่างๆ คือ ควบคุมแรงดันตามทีออกแบบการทดลอง เช่น 0.8 kgf/cm^2 , 1.2 kgf/cm^2 , 1.6 kgf/cm^2 , 2.2 kgf/cm^2 , 2.4 kgf/cm^2 เพื่อศึกษาผลที่ได้จากการอ่านค่า และทำการทดลองอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็มในสถานะต่าง ๆ โดยใช้กล้องไร้สายที่ได้นำเสนอมาทำการทดสอบ

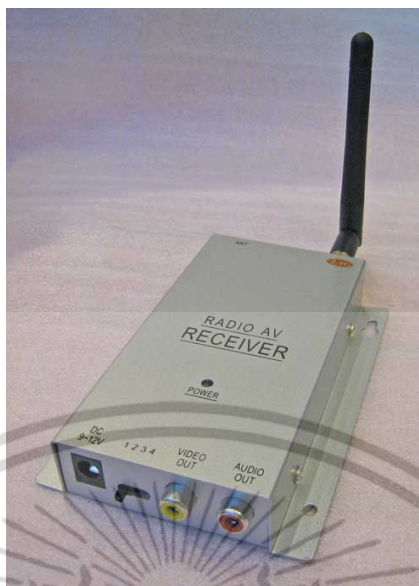
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองใช้โปรแกรมที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม LabVIEW เวอร์ชัน 2013 ของ National Instrument ในการการการอ่านเกจแบบเข็มตามเวลาจริง (Real Time) ในหน่วยของการวัดมาตรฐานสากล และใช้กล้องไร้สาย (wireless camera) หรือ ซีมอส (CMOS Camera) ของ HAMY mini Wireless Camera 2.4 Ghz C501 ซึ่งมีความละเอียด 628×586 พิกเซล มีความเร็วในการจับภาพที่ 60 เฟรมต่อวินาที สามารถควบคุมการจับภาพได้จากสัญญาณภายนอก และใช้การเชื่อมต่อแบบไร้สายและใช้receiver ในการรับสัญญาณภาพ ในการติดตั้งกล้องจะต้องคำนึงถึงการบดบังด้วย ดังนั้นจึงควรติดตั้งโดยที่กล้องทำเกจวัดที่ต้องการอ่านค่า ที่มุมตรงกับเกจวัด

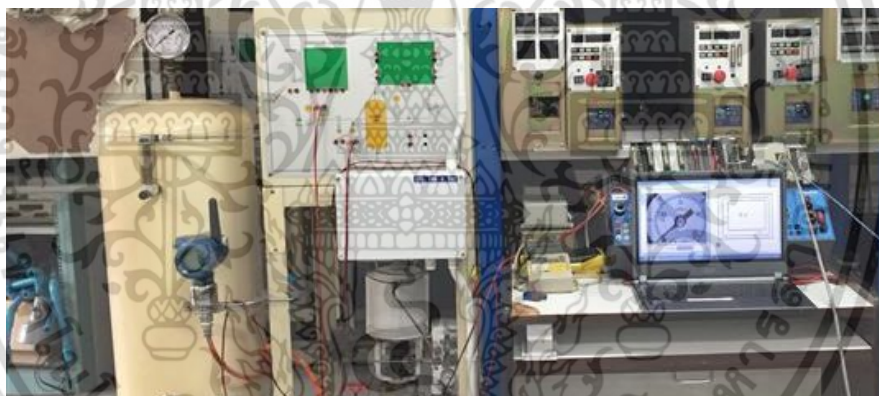


รูปที่ 4.1 กล้องไร้สาย HAMY mini Wireless Camera 2.4 Ghz C501

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 เครื่องรับสัญญาณคลื่นไร้สาย Radio AV Receiver



รูปที่ 4.3 ระบบการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็ม

4.2 เกจที่ใช้ในการทดสอบเพื่ออ่านค่า

ในงานวิจัยนี้ใช้เกจ 2 ลักษณะคือ เกจวัดแบบดิจิตอล และเกจวัดแบบเข็ม เพื่อใช้สำหรับการทดลองในลำดับถัดไป โดยการทดลองจะแบ่งออก 2 ลักษณะคือ การทดลองในห้องปฏิบัติการ และการทดลองที่สถานที่การทำงานจริง เพื่อเป็นการยืนยันระบบในการตรวจวัดที่นำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ การทดลองที่ตรวจวัดค่าที่สถานที่จริงนั้น ผู้วิจัยได้เลือกใช้เกจวัดแบบเข็ม 4 แบบ ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เกจวัดแบบเข็ม 0-10 kgf/cm²



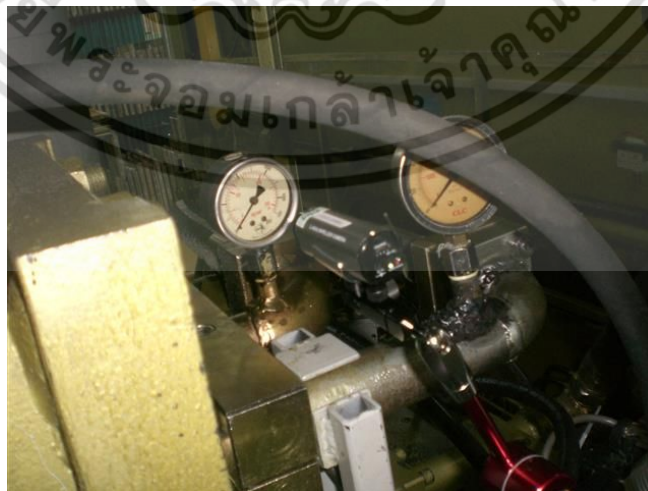
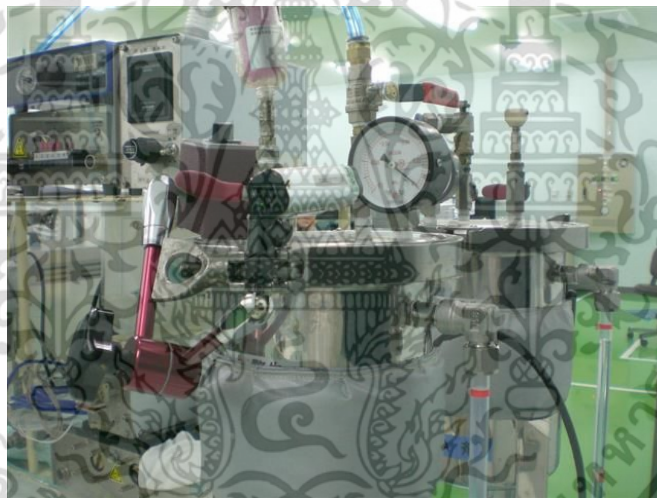
รูปที่ 4.5 เกจวัดแบบดิจิตอลเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองและวิจารณ์

จากเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดในการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็ม คือ ตั้งค่าแรงดิ่งในการอ่านที่ 0 kgf/cm², 0.2 kgf/cm², 0.4 kgf/cm², 0.6 kgf/cm², 0.8 kgf/cm², 1.0 kgf/cm², 1.2 kgf/cm², 1.4 kgf/cm², 1.6 kgf/cm², 1.8 kgf/cm², 2.0 kgf/cm², 2.2 kgf/cm², 2.4 kgf/cm², 2.6 kgf/cm², 2.8 kgf/cm², 3.0 kgf/cm², 3.2 kgf/cm², 3.4 kgf/cm², 3.6 kgf/cm², 3.8 kgf/cm², 4.0 kgf/cm², 4.2 kgf/cm², 4.4 kgf/cm², 4.6 kgf/cm², 4.8 kgf/cm², 5.0 kgf/cm² โดยทำการทดลองการอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็ม ทั้งหมด 3 แบบ คือ ทดสอบการอ่านด้วยสายตามนุษย์ พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงสุด 25.00% 5.26% 5.00% 4.55% และ 3.13% ตามลำดับ ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต่ำสุดของการอ่านด้วยระบบอัตโนมัติ 5.00% 4.00% 3.33% 3.12% และ 2.50% ตามลำดับ ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยการอ่านเกจอัตโนมัติ 1.25% 0.91% 0.50% 0.42% และ 0.23% ตามลำดับ

การทดสอบการอ่านค่าเกจ ผู้วิจัยทดสอบที่หน้างานจริง ติดตั้งกล้องที่หน้าเกจ โดยห่างจาก เกจเป็นระยะ 5-10 เซนติเมตร ทุกเกจที่ตรวจสอบ โดยระบุมุมของเกจในการรับภาพคือมุมตรง



(ก) แสดงการติดตั้งเกจบริเวณหน้างาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) แสดงการติดตั้งระบบการอ่านค่าจากเกจวัด

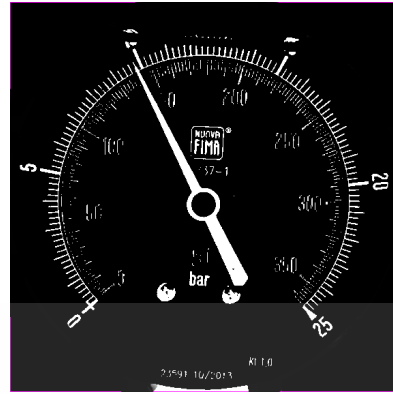
รูปที่ 4.6 ภาพการติดตั้งกล้องบริเวณหน้างาน



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างเกจวัดแบบเข็ม

จากรูปที่ 4.7 แสดงภาพของเกจวัดที่ถ่ายภาพที่จุดการติดตั้งต่างๆ โดยเวลาในการทดลองจะเป็นช่วงเวลาเดียวกัน จากนั้น นำภาพที่ได้เข้าสู่การประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Lab view โดยภาพที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) Raw image

(b) Back and white image

รูปที่ 4.8 กระบวนการประมวลผลภาพ

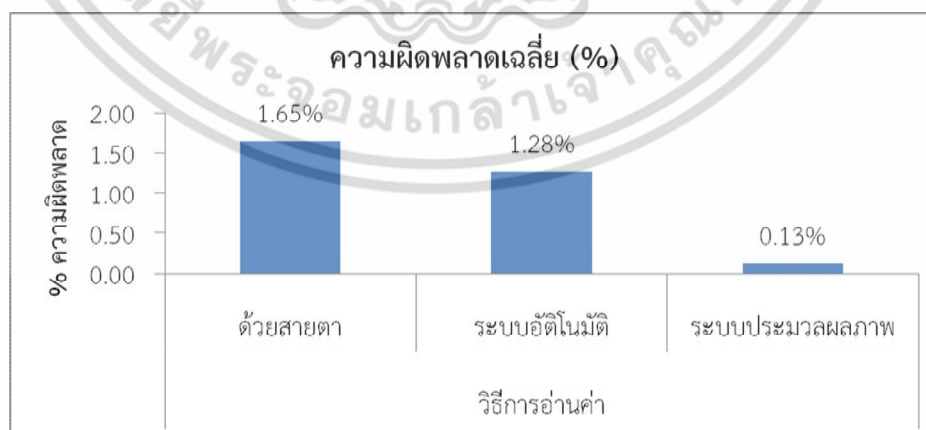
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มด้วยวิธีการต่างๆ

แรงดัน (kgf/cm^2)	วิธีการอ่านค่า		
	ด้วยสายตา	ระบบอัตโนมัติ	ระบบประมวลผลภาพ
	ความผิดพลาด (%)	ความผิดพลาด (%)	ความผิดพลาด (%)
0	0.00	0.00	0.00
0.4	0.00	5.00	0.00
0.6	0.00	0.00	0.00
0.8	25.00	2.50	0.00
1	0.00	1.12	0.00
1.2	0.00	3.33	0.00
1.4	0.00	0.00	0.00
1.6	0.00	0.00	0.00
1.8	0.00	0.00	0.00
2	5.00	4.00	0.50
2.2	0.00	2.21	0.91
2.4	0.00	0.00	0.00
2.6	0.00	0.00	0.00
2.8	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มด้วยวิธีการต่างๆ

แรงดัน (kgf/cm ²)	วิธีการอ่านค่า		
	ด้วยสายตา	ระบบอัตโนมัติ	ระบบประมวลผลภาพ
	ความผิดพลาด (%)	ความผิดพลาด (%)	ความผิดพลาด (%)
3	0.00	3.33	0.00
3.2	3.13	3.12	1.25
3.4	0.00	0.00	0.00
3.6	0.00	0.00	0.00
3.8	5.26	2.63	0.00
4	0.00	0.50	0.00
4.2	0.00	0.00	0.00
4.4	4.55	0.45	0.23
4.6	0.00	0.00	0.00
4.8	0.00	0.00	0.42
5	0.00	0.00	0.00
Mean Error	1.65	1.28	0.13
Std Dev Error	5.05	1.74	0.31
Minimum Error	0.00	0.00	0.00
Maximum Error	25.00	5.00	1.25



รูปที่ 4.9 แสดงกราฟค่าความผิดพลาดของการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มด้วยวิธีการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การตรวจสอบระบบการอ่านเกจวัดแบบเข็มอัตโนมัติโดยการตรวจสอบซ้ำ
(เพิ่มความดันขึ้นครั้งละ 10%)

Pressure gauge	ประมวลผลภาพ					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ค่าผิดพลาดเฉลี่ย	ค่าผิดพลาดเฉลี่ย (%)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000%
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.000%
2.00	1.99	1.99	1.99	1.98	1.99	0.625%
3.00	2.98	3.00	2.98	3.00	2.99	0.333%
4.00	3.98	3.98	3.98	3.98	3.98	0.500%
5.00	4.98	4.97	4.99	5.01	4.99	0.250%
6.00	5.98	6	6	5.99	5.99	0.125%

ตารางที่ 4.3 การตรวจสอบระบบการอ่านเกจวัดแบบเข็มอัตโนมัติโดยการตรวจสอบซ้ำ
(ลดความดันลงครั้งละ 10%)

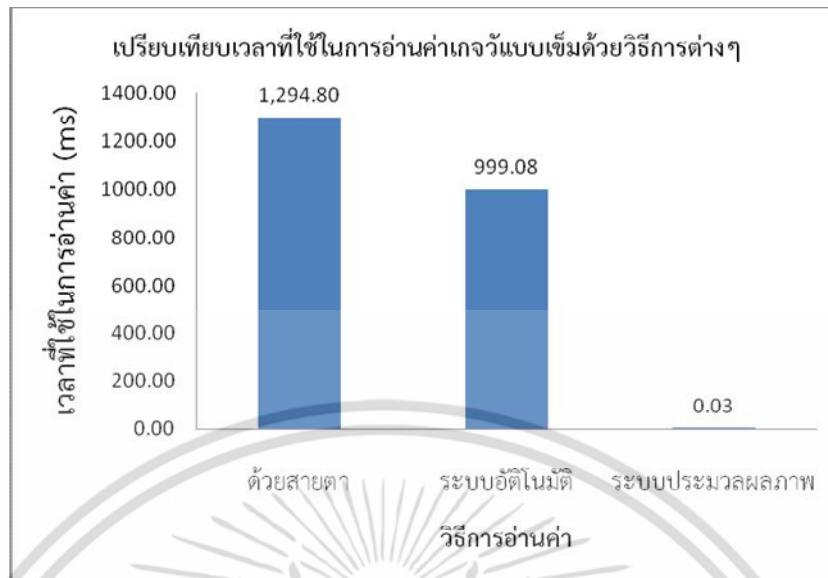
Pressure gauge	ประมวลผลภาพ					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ค่าผิดพลาดเฉลี่ย	ค่าผิดพลาดเฉลี่ย (%)
6.00	5.98	6	5.99	5.99	5.99	0.167%
5.00	4.98	4.97	4.99	5.01	4.99	0.250%
4.00	3.98	4	3.98	3.98	3.99	0.375%
3.00	3.00	3.00	2.98	3.00	3.00	0.167%
2.00	2.01	1.99	2	1.98	2.00	0.250%
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.000%
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 เวลาที่ใช้ในการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มด้วยวิธีการต่างๆ

เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอ่านค่า			
แรงดัน (psi)	เวลาที่ใช้ในการอ่านค่า		
	ด้วย สายตา (ms)	ระบบอัตโนมัติ (ms)	ระบบประมวลผล ภาพ (ms)
0	1000.00	1000	0.03
0.4	1100.00	987	0.03
0.6	1120.00	1100	0.03
0.8	1000.00	990	0.03
1	990.00	1123	0.03
1.2	1100.00	959	0.03
1.4	980.00	1000	0.03
1.6	1200.00	1000	0.03
1.8	1500.00	1000	0.03
2	990.00	1000	0.03
2.2	1000.00	1120	0.03
2.4	1500.00	1000	0.03
2.6	1500.00	1020	0.03
2.8	1500.00	1000	0.03
3	1500.00	1000	0.03
3.2	1500.00	1000	0.03
3.4	1500.00	990	0.03
3.6	2000.00	1000	0.03
3.8	1500.00	978	0.03
4	1500.00	1000	0.03
4.2	1500.00	910	0.03
4.4	990.00	900	0.03
4.6	1500.00	1000	0.03
4.8	1500.00	1000	0.03
5	900.00	900	0.03
Mean Error	1,294.80	999.08	0.03
Std Dev Error	282.28	54.21	0.00
Minimum Error	900.00	900.00	0.03
Maximum Error	2,000.00	1,123.00	0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 เวลาที่ใช้ในการอ่านค่าเกจวัดแบบเข็มด้วยวิธีการต่างๆ

ตารางที่ 4.5 การส่งสัญญาณภาพในระยะทางต่างๆ (Receiver -> Computer)

ระยะทาง	ผลการส่งสัญญาณภาพ	
0 m. - 30 m.	รับสัญญาณภาพได้	
30 m. - 50 m.	รับสัญญาณภาพได้	
50 m. - 70 m.	รับสัญญาณภาพได้	
70 m. - 90 m.	รับสัญญาณภาพได้	
> 90 m.	รับสัญญาณภาพ ไม่ได้	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การตรวจสอบโดยใช้กับสถานที่ปฏิบัติงานจริงจากการอ่านค่าจากเกจ

ชนิดของเกจวัด	จำนวน เกจที่วัด	ผลการตรวจวัด	
		Correct	Incorrect
ชนิดที่ 1	10	7	3
ชนิดที่ 2	10	10	-
ชนิดที่ 3	10	10	-
ชนิดที่ 4	10	9	1
รวมเกจทั้งหมด	40	36	4

จากการนำไปทดลองตรวจวัดหน้างานพบว่ามี การอ่านค่าจากเกจผิดพลาด 4 เกจ อันเนื่องมาจากสภาพของเกคนั้นไม่เหมาะสมแก่การอ่านค่า จากรูปที่ 4.10 (ก) พบว่าตัวเลขและตัวอักษรค่อนข้างเบลอ และเห็นได้ยากเนื่องจากมีสิ่งสกปรกปะปนอยู่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านค่า จากรูปที่ 4.10 (ข) พบว่าของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในเกจไม่เต็มเหลือเพียงครึ่ง ทำให้เห็นเป็นรอยเส้น และเป็นเส้นเดียวกันกับเข็มวัดทำให้ไม่สามารถอ่านค่าได้ ซึ่งทำให้ค่าที่แสดงผลออกมาผิดพลาด



(ก) เสกสไม่ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) ของเหลวภายในไม่สมบูรณ์

รูปที่ 4.11 เกจที่ไม่สามารถวัดค่าได้

ตารางที่ 4.7 ราคาในการติดตั้ง

รายละเอียดในการติดตั้ง ตรวจวัด	Transducers	Wireless Gauge Reader	Analog Dial Gauge Automatic Reader Based on Computer Vision
Process Downtime	33,240.00	-	
Transducer/Sensor	9,972.00	39,888.00	3,000.00
Installation, Labor, material, Design	49,860.00	1,662.00	2,000.00
Bring legacy system up to present day fire codes	33,240.00	-	
I/O Panel Termination	6,648.00	-	
ติดตั้งระบบต่อจุด (บาท)	132,960.00	41,550.00	5,000.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองระบบการตรวจวัดค่าของเกจวัดแบบเข็มพบว่ามีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 99 และมีราคาถูก ซึ่งเมื่อเทียบค่าใช้จ่ายในการติดตั้งกับระบบอัตโนมัติและระบบwireless สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งลดลง >80% ต่อ 1 จุดในการติดตั้ง แต่ยังคงพบข้อจำกัดในการใช้งาน เช่น ระยะเวลาในการส่งสัญญาณในระยะไกล ซึ่งทำให้เกิดค่าความผิดพลาด ยังพบปัญหาจากตัวอุปกรณ์(เกจ) เช่น ตัวเลขของเกจวัดเบลอ ,ของเหลวภายในเกจลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่ง ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการอ่านค่า บทความนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ที่ใช้เกจแสดงแบบแอนะล็อกระบบการตรวจวัดนี้สามารถลดค่าใช้จ่าย ต้นทุนการผลิต ลดความเสี่ยงที่อาจเกิดอันตราย กรณีเกจวัดอยู่บริเวณพื้นที่ที่การเข้าถึงยาก ลดค่าความผิดพลาดจากการเกจวัดจากตัวพนักงาน แก้ปัญหากรณีจุดตรวจสอบไม่สามารถเชื่อมต่อทางไฟฟ้าได้ อีกทั้งอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถใช้ได้ง่าย ติดตั้งสะดวกและใช้งานได้หลากหลาย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการการอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็มตามเวลาจริง โดยทำการทดลองการอ่านค่าที่แรงดันต่างๆ คือ ควบคุมแรงดันตามทีออกแบบการทดลอง เช่น 0.8 kgf/cm^2 , 1.2 kgf/cm^2 , 1.6 kgf/cm^2 , 2.2 kgf/cm^2 , 2.4 kgf/cm^2 เพื่อศึกษาผลที่ได้จากการอ่านค่า และทำการทดลองอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็มในสถานะต่าง ๆ โดยใช้กล้องเว็บแคมไร้สายที่ได้นำเสนอมาทำการทดสอบ

ระบบต้นแบบประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพจากกล้องที่รับภาพของกล้องไร้สายด้วยโปรแกรม LabVIEW ของ National Instrument โดยค่าแรงดันที่ต้องการทดลองจะปรับไปยังค่าต่างๆที่ต้องการ โดยอุปกรณ์ในการจับยึดกล้องจะมีลักษณะปิดและควบคุมมุมในการวัดที่มุมเดียว คือ มุมตรง เพื่อป้องกันปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาด เช่น แสงสะท้อน และทำการปรับปรุงภาพด้วย Threshold Setup Lookup Table เพื่อให้ได้โครงร่างของเกจที่สมบูรณ์ ก่อนนำภาพมาหาพื้นที่ของเข็มและทำการปรับปรุงภาพอีกครั้ง เพื่อให้ภาพของเข็มของเกจวัดเหลือจำนวนพิกเซลภาพเล็กที่สุด เพื่อความแม่นยำในการอ่านค่า การคำนวณอาศัยการคำนวณมุมให้เป็นหน่วยของความดัน (kgf/cm^2) ในการทดลองได้ทำการทดสอบความถูกต้องของระบบการวัดด้วย การนำค่าที่ได้มาเทียบกับการวัดด้วย transmitter และการวัดด้วยสายตามนุษย์ ค่าผิดพลาดจากการทดลองอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ วิธีการที่นำเสนอนี้ จัดเป็นวิธีการวัดแบบไม่ทำลายวัตถุและสามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ที่ใช้เกจแสดงแบบอนาล็อก ระบบการตรวจวัดนี้สามารถลดค่าใช้จ่าย ต้นทุนการผลิต ลดความเสี่ยงที่อาจเกิดอันตรายกรณีเกจวัดอยู่บริเวณพื้นที่ที่การเข้าถึงยาก ลดค่าความผิดพลาดจากการเกจวัดจากตัวพนักงาน แก้ปัญหากรณีจุดตรวจสอบไม่สามารถเชื่อมต่อทางไฟฟ้า อีกทั้งสามารถใช้ได้ง่าย ติดตั้งสะดวกและใช้งานได้อย่างหลากหลาย

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อ

จากการวิจัยพบปัญหาในการควบคุมแสง จากสิ่งแวดล้อม ทำให้ส่งผลต่อการอ่านค่าเกจวัด ดังนั้นจึงทำการออกแบบอุปกรณ์ให้เป็นระบบปิด เพื่อป้องกันปัจจัยจากสิ่งแวดล้อมมารบกวน ทั้งนี้ อุปกรณ์ดังกล่าว ช่วยเพิ่มความถูกต้องและความแม่นยำกับระบบวัดมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] JyotiMalik, G. Sainarayanan, and RatnaDahiya. 2010. “Min Max Threshold Range(MMTR) based approach in palmpoint authentication by sobel code method”.Pages149-158.Volume2.Original Research Article Procedia Computer Science.
- [2] Lorna Herda. Pascal Fua. Ralf Plänklers. Ronan Boulic and Daniel Thalmann. June 2001. “Using skeleton-based tracking to increase the reliabilityof optical motioncapture”.Volume 20. Issue 3.Pages 313-341. Human Movement Science.
- [3] วิษณุ พัฒนาธาดากุล.สุเทพ อาษา.รศ.ดร.ทวีพล ชื้อสัตย์ และ รศ.สุพรรณ กุลพานิชย์.2556.“การสร้างรหัส G-Code ของเส้นทางการหยุดปะเกินเหลวสำหรับเครื่องยนต์ด้วยคอมพิวเตอร์วิชั่น”.การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย.ครั้งที่ 27.วันที่ 16-18 ตุลาคม.ชลบุรี:คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
- [4] Anika Pflug. Daniel Hartung and Christoph Bussch.February2012. “Feature extraction from vein images using spatial information and chain codes”. Volume 17. Report.Issues1-2.Pages 26-35. original Research ArticleInformation Security Technical.
- [5] อมกต นามบุตรดี 2553. “อุปกรณ์ถอดรหัสบาร์โค้ดแบบสองมิติสำหรับผลิตภัณฑ์พลาสติกใส”.กรุงเทพฯ:คณะวิศวกรรมศาสตร์.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [6] TzuYen Wong.Peter Kovesi and AmitavaDatta. 2009. “Projective Transformations for Image Transition Animations”.The University of Western Australia,School of Computer Science & Software Engineering.Australia.
- [7] C.Harris and M.J. Stephens. 1988. “A combined corner and edge detector”.pages 147–152.In Alvey Vision Conference.
- [8] ศราวุธ อินทุเศรษฐ. 2553. “การวัดขนาดวัตถุสามมิติโดยการใช้แสงเลเซอร์แบ่งส่วนวัตถุ”. กรุงเทพฯ:คณะวิศวกรรมศาสตร์.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [9] นพรัตน์ สุขเกษม. 2554.”การวัดปริมาตรผักและผลไม้ด้วยวิธีลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง”. กรุงเทพฯ:คณะวิศวกรรมศาสตร์.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [10] Suesut T. and Inthuset.S. 2009. “Fish Size Measurement by Computer Vision using Light Sectioning”.International Conference on Innovations in Agricultural Food and Renewable Energy Productions for Mankind.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [11] R.Hartley and A. Zisserman. 2003. “**Multiple View Geomerty in Computer Vision Press**”.Second edition.Cambridge University
- [12] Lorna Herda.Pascal Fua.Ralf Plänkers.Ronan Boulic and Daniel Thalman, June 2001. “**Using skeleton-based tracking to increase the reliabilityof optical motioncapture HumanMovement**”.Volume 20. Issue 3.Pages 313-341.Science.
- [13] Zhigang Yang.Yi An.Yanbin Sun and Jingchun Zhang.2012. “**Research on Intelligent Glue-coating Robot Based on Visual Servo**”.Volume 24.Pages 2165-2171.
- [14] I.Ardpairin and T. Suesut.2012.“**Inspection depth of grooves on tire using 3D computer vision system**”. Proceedings of 50thKasetsart University Annual Conference.Architecture and Engineering.





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ขอเชิญส่งผลงานวิจัยเข้าร่วม

การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 53

วันที่ 3 - 6 กุมภาพันธ์ 2558



จัดโดย

- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ
- สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา
- กระทรวงศึกษาธิการ
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ใน 13 สาขาวิชา

- หมวดเกษตรศาสตร์
 - สาขาพืช
 - สาขาปศุสัตว์
 - สาขาประมง
 - สาขาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์
- หมวดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
 - สาขาวิทยาศาสตร์
 - สาขาเทคโนโลยีการเกษตรและวิศวกรรมศาสตร์
 - สาขาบริหารธุรกิจ
 - สาขาเกษตรและสหกรณ์
 - สาขาอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม
- หมวดศึกษาศาสตร์ สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์
 - สาขาศึกษาศาสตร์
 - สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

ขอรายละเอียดเพิ่มเติมที่ <http://annualconference.ku.ac.th> หรือฝ่ายเลขานุการคณะกรรมการจัดงานจัดพิมพ์ประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 53

ฝ่ายบริการการศึกษา สำนักทะเบียนและประมวลผล

ชั้น 7 อาคารระพีสตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900 โทร. โทรสาร 02942-8200 ต่อ 8217 E-mail : annualconference@ku.ac.th



มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2485-2558

ส่งบทความและเรื่องเติมได้ที่ <http://annualconference.ku.ac.th> นัดเตรียมบทความและเรื่องเติมซึ่งรับผ่านระบบลงทะเบียนออนไลน์เท่านั้น
ภายในวันพุธที่ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2557 *คณะกรรมการฯ ขอสงวนสิทธิ์ในการพิจารณาผลงานวิจัยที่ถูกต้องตามแบบฟอร์มที่กำหนดเท่านั้น

การอ่านเกจวัดแบบเข็มอัตโนมัติโดยการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์วิทัศน์

Analog Dial Gauge Automatic Reader Based on Computer Vision

กรรณิการ์ แก้วกันเนตร^{1*} และ ทวีพล ชื้อสัตย์¹

Kannika Kheawkannet^{1*} and Taweepol Suesut¹

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอเกี่ยวกับวิธีการอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็ม (Analog dial gauge) เพื่อใช้ในการอ่านค่าจากเกจวัดประเภทต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น เกจวัดแรงดัน เกจวัดอุณหภูมิ ทั้งนี้โรงงานทั่วไปมักติดตั้งเกจวัดแบบเข็มบริเวณจุดที่มีความสำคัญ เพื่อตามผลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดในการอ่าน โดยใช้เกจวัดแบบเข็มที่ติดตั้งบริเวณหน้างานจริงเป็นตัวอย่างเกจในการศึกษา ในการทดลองจะใช้กล้องไร้สายตรวจวัดการแสดงผลของเกจ โดยค้นหาขอบภาพของเกจวัดแล้วใช้วิธีการโครงกระดูก (Skeleton) เพื่อทำให้เส้นเสกของเกจคมชัดขึ้น และพิจารณาพื้นที่ที่ไม่ต้องการออกจากรูปภาพ จากนั้นใช้ทฤษฎีเข้าที่ทรานส์ฟอร์ม (Hough transform) สำหรับหาค่ามุมของเข็มที่เปลี่ยนไปของเกจวัด จากการทดลองพบว่าสามารถวัดค่าได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีค่าความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 99 เมื่อเปรียบเทียบกับการทำงานด้วยพนักงาน ระบบตรวจวัดที่นำเสนอนี้สามารถนำไปพัฒนาออกแบบเป็นวิธีวัดอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถใช้ได้กับการตรวจวัดระบบทุกประเภทที่มีการแสดงผลด้วยด้วยเกจแบบเข็ม นอกจากนี้ระบบดังกล่าวนำเสนอกระบวนการทำงานที่ไม่ซับซ้อน ติดตั้งง่าย การเคลื่อนย้ายสะดวก และ ต้นทุนต่ำ

ABSTRACT

This research presents about 'Analog Dial Gauge Auto-Reading Method'. In our experiment, we used the Analog Dial Gauge set currently at the workplace as a test piece and used a wireless camera as a tool for reading the value shown on Analog Dial Gauge. The wireless camera will search and focus the Analog Dial Gauge's picture border, then using Skeleton Method to make the picture border be more clearly and eliminate an unnecessary area out of the picture. After that, the Hough Transform will be used to detect the changing of Analog Dial Gauge needle angle. From the above experiment, the Reading Accuracy Result is more than 99%. We can develop the Auto-Reading Method for using with any measurement system show the output value by Analog Dial Gauge.

Key Words: image processing, measurement industry, PLC, Skeleton, Hough transform

*Corresponding author; e-mail address: jay_kannika@hotmail.com

¹ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ

¹Department of Instrumentation Engineering , Faculty of Engineering , King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Bangkok , 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมมีการแข่งขันสูงมาก การผลิตต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพและประสิทธิผลของโรงงาน ซึ่งแสดงได้จาก ต้นทุนผลิต คุณภาพ มาตรฐาน ความปลอดภัย จึงต้องอาศัยการควบคุมที่ดี และการตรวจวัดที่มีประสิทธิภาพ การตรวจวัดจัดเป็นอีกหนึ่งกระบวนการที่สำคัญ เนื่องจากอุตสาหกรรมบางประเภทมีความเสี่ยงสูงที่อาจเกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ง่าย จึงมีความจำเป็นในการติดตั้งตัวอุปกรณ์เพื่อตรวจวัด และติดตามผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อควบคุมค่าให้ได้ตามค่ามาตรฐาน ทั้งสามารถยับยั้งและป้องกันการเกิดอุบัติเหตุ โดยในช่วงแรกมีการใช้เกจวัดแบบเข็ม และถูกตรวจสอบค่าอย่างต่อเนื่องด้วยสายตาของพนักงาน แต่พบปัญหาบ่อยครั้งจากการอ่านค่า การบันทึกผลของพนักงาน ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัยเช่น การเหนื่อยล้าของตัวพนักงาน ความผิดพลาดจากการอ่าน เป็นต้น



Figure 1 Industrial process controls by human

ต่อมาจึงมีพัฒนานำระบบ PLC (Programmable Logic Controller) เข้ามาใช้ในการตรวจวัดค่า เนื่องจากใช้งานง่าย มีความน่าเชื่อถือ การกำหนดค่าง่าย โดยเริ่มใช้งานครั้งแรกเมื่อปี 1969 และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ในการวัดตัวแปรต่างๆในกระบวนการ เช่น อุณหภูมิ, ความดัน, การไหล สัญญาณจะถูกวัดโดยใช้เครื่องส่งสัญญาณ อย่างไรก็ตามการปฏิบัติงานดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายสูง ราคาแพง จึงมีการนำเสนอผลงาน เพื่อลดค่าใช้จ่ายสำหรับ PLC เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้งาน (K.Suzuki, H. Ikeda, K. Ishimaru, J. Suzuki, F. Adachi and W. Xinlei. 2007)



Figure 2 Industrial process controls by PLC

ปัจจุบันมีการนำวิธีการประมวลผลภาพมาใช้ในการตรวจวัดในกระบวนการต่างๆ เช่น การตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน การหาจุดแตกหรือรอยร้าวของพื้นผิว การผลิตชิ้นงาน การบรรจุชิ้นงาน การสอบเทียบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ รวมทั้งการควบคุมค่าจากการอ่านค่าเกจวัด ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักในการวิจัยนี้ ทั้งนี้ยังมีการพัฒนาการอ่านค่าด้วยการประมวลผลภาพอย่างต่อเนื่อง เช่น การอ่านค่าแบบเข็มไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟใด ๆ แต่มีข้อเสียคือไม่เหมาะสมกับเกจวัดแบบดิจิตอล (F. Corrêa Alegria and A. Cruz Serra . 2000) การพัฒนาการตรวจวัดเกจวัดออนไลน์แบบเวลาจริง (Real time) ซึ่งสามารถให้ผลใกล้เคียงกับเครื่องส่งสัญญาณที่มีราคาสูง แต่ไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการประเภทที่มีค่าเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Omur Aydogmus and Muhammed F. Talu. 2012) และการประดิษฐ์ชุดอ่านค่าจากเกจซึ่งยังมีข้อจำกัดความสามารถอ่านค่าและราคาแพง

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการแก้ไขปัญหาดังกล่าว กรณีตรวจวัดระบบ ซึ่งแสดงผลด้วยเกจแบบเข็มที่ไม่มีข้อจำกัดมุมของเกจในการอ่านค่า จากเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยการใช้วิธีการโครงกระดูก (Skeleton)(Zhigang Yang, Yi An, Yanbin Sun, Jingchun Zhang. 2012; Lorna Herda, Pascal Fua, Ralf Plänklers, Ronan Boulic, Daniel Thalmann. 2001) เพื่อให้ได้เส้นสเกลของเกจคมชัดขึ้น และพิจารณาพื้นที่ที่ไม่ต้องการออกจากรูปภาพ จากนั้นใช้ทฤษฎีแฮ้าท์ทรานส์ฟอร์ม (Hough transform)(Duda R.O.and Hart P.E. 1972)สำหรับหาค่ามุมของเข็มที่เปลี่ยนไปของเกจวัด เพื่อคำนวณค่ามุมของเข็มวัดที่เปลี่ยนไป อีกทั้งพัฒนาโปรแกรมให้ใช้งานง่ายและแก้ไขปัญหากรณีเกจวัดมีแสงสะท้อนจากการรับภาพ รวมทั้งลดต้นทุนของอุปกรณ์อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การออกแบบระบบอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็ม

การทดลองการอ่านค่าจากเกจวัดนั้น จะติดตั้งกล้องไร้สายไว้ด้านหน้าเกจที่ต้องการวัด จากนั้นติดตั้งตัวรับสัญญาณ (Receiver) และส่งข้อมูลเข้าโน้ตบุคเพื่อประมวลผลภาพ โดยจะทำการทดลองที่มีเงื่อนไขคือ มีระยะห่างระหว่างกล้องและตัวรับสัญญาณ โดยมีระยะประมาณ 20-30 เมตรที่บริเวณหน้างานจริง

อุปกรณ์และการประมวลผล

ใช้เกจวัดแบบเข็มเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทหอกลั่นน้ำมัน ซึ่งจะใช้เกจ 4 แบบ ได้แก่ NUOVA รุ่น MS2 DS40-50-63 , NUOVA รุ่น MS3 DS40-50-63 ,WIKA 214.11 ทั้งหมด 200 เกจ (50 เกจ/ชนิด) ส่วนกล้องที่ใช้ในการรับภาพ WIRELESS CAMERA รุ่น C-203A และส่งสัญญาณภาพผ่าน USB สู้นโน้ตบุค เพื่อประมวลผลภาพ



Figure 3 Diagram

โดยโปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพคือ Lab view 2013 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

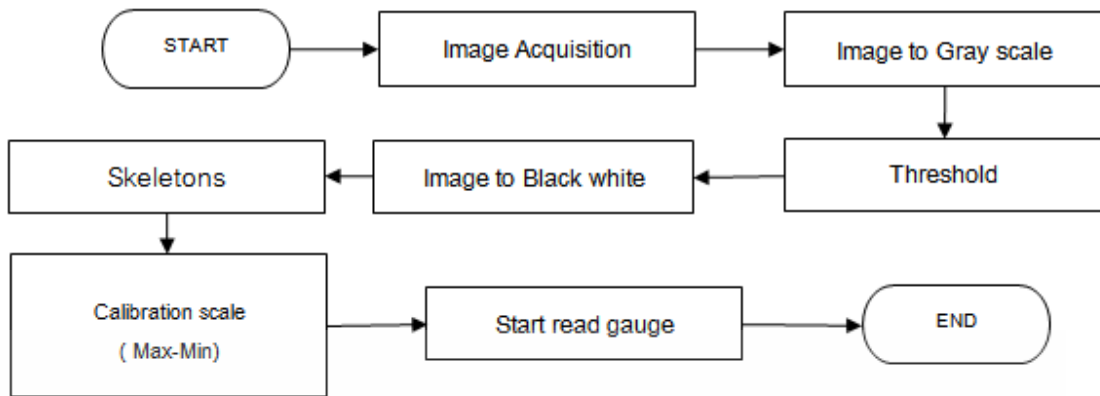


Figure 4 Flowchart

ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากการรับภาพจากกล้อง จากนั้นนำภาพไปแปลงเป็นภาพเทา เพื่อลดข้อมูลภาพ และง่ายต่อการประมวลผล จากนั้นหาขอบภาพ การหาแกนกลางภาพเป็นการหาแกนกลางของวัตถุ ซึ่งในที่นี้เส้นขอบให้บางลงจนเหลือแต่แกนกลางที่มีความหนาเพียง 1 พิกเซล เพื่อเป็นการลดขนาดของข้อมูลของเส้นขอบให้เหลือแต่ส่วนที่สำคัญเท่านั้น ภาพที่ต้องการหาแกนกลางนั้นจะต้องเป็นภาพสองระดับ (Binary Image) นั่นคือมีค่าเป็น "0" และ "1" โดยที่ในส่วนที่เป็นพื้นที่ของเส้นมีค่าเป็น "1" และ "0" คือส่วนที่เป็นพื้นฉากหลัง วิธีการหาแกนกลางนั้นประกอบด้วยสองขั้นตอนซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะลบพิกเซลแต่ละพิกเซลของเส้นขอบโดยใช้หน้าต่าง 3x3 ดังแสดงใน Figure 5 วางทาบลงไปจุดภาพ โดยการตรวจหาพิกเซลที่มีค่าเป็น "1" เมื่อตรวจพบแล้วจึงเริ่มขั้นตอนที่ 1 และ 2

p9	p2	p3
p8	p1	p4
p7	p6	p5

Figure 5 Pixel 3 x 3 (P1=Edge of picture)

ขั้นตอนในการหาแกนกลางประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการลบจุดภาพบริเวณขอบวัตถุทางด้านขวามือและด้านล่าง โดยวางหน้าต่าง 3x3 ทาบไปบนจุดภาพที่มีค่าเป็น "1" และกำหนดให้เป็น p1 จากนั้นตรวจสอบเงื่อนไขต่อไปนี้

- a) $2 \leq N(p1) \leq 6$ b) $S(p1) = 1$ c) $p2.p4.p6 = 0$ d) $p4.p6.p8 = 0$

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการลบจุดภาพบริเวณขอบวัตถุทางด้านซ้ายมือและด้านบนโดยมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- a) $2 \leq N(p1) \leq 6$ b) $S(p1) = 1$ c) $p2.p4.p8 = 0$ d) $p2.p6.p8 = 0$

เมื่อได้แกนภาพตามที่ต้องการแล้ว นำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ โดยใช้ Hough Transform ในการประมวลผลภาพ โดยเริ่มจากการหาค่าสเกลของเกจวัดก่อนว่ามีค่ามากและค่าน้อยสุดเท่าไร ซึ่งจะใช้ภาพบริเวณเส้นสเกลเท่านั้น จากนั้นจึงเริ่มคำนวณหาค่าจากเข็มวัดว่ามีค่าเท่าไร การใช้ทฤษฎีของ Hough Transform คือการค้นหาเส้นตรงที่ถูกต้องมากที่สุด จะเป็นเส้นที่ผ่านจุดมากที่สุด เมื่อพิจารณาในรูปแบบของ ของ Image Space และเปลี่ยนเป็น ระนาบ Parameter Space ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนรูปแบบคือที่จุด (ρ, θ) บน Parameter Spaces จะเป็นจุดที่อยู่บนสมการเส้นตรงที่ลากผ่านจุด (x, y) เมื่อพิจารณาค่าของเวกเตอร์ ρ ที่ตั้งฉากกับจุดดังกล่าว และทำมุมกับ

แกน x เท่ากับมุม θ ดังนั้นการแปลงรูปแบบจาก Image Space ไปสู่ Parameter Space สามารถหาค่าของเวกเตอร์ ρ ได้จากสูตร

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

เมื่อกำหนดให้ ρ คือระยะที่วัดจากจุดกำเนิดไปตั้งฉากกับเส้นตรง, θ คือค่าของมุมระหว่างเวกเตอร์ ρ กับแกน x

การทดสอบการอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็มด้วยการประมวลผลภาพ

การทดสอบการอ่านค่าเกจ ผู้วิจัยทดสอบที่หน้างานจริง ติดตั้งกล้องที่หน้าเกจ โดยห่างจากเกจเป็นระยะ 10 เซนติเมตร ทุกเกจที่ตรวจสอบ ซึ่งไม่ระบุมุมของเกจในการรับภาพ

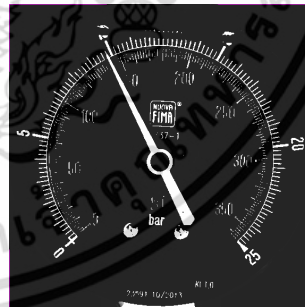


Figure 8 Gauge for test

จาก Figure 8 แสดงภาพของเกจวัดที่ถ่ายภาพที่จุดการติดตั้งต่างๆ โดยเวลาในการทดลองจะเป็นช่วงเวลาเดียวกัน จากนั้น นำภาพที่ได้เข้าสู่การประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Lab view โดยภาพที่ได้แสดงดังด้านล่าง



(a) Raw image



(b) Back and white image

Figure 9 Gauge at processing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Figure 10 Front panel and show result by using Lab view

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการประมวลผลภาพ จะแสดงผลเป็นตัวเลขทาง Front Panel ซึ่งผู้วิจัยจะตรวจสอบผลว่าค่าที่แสดงตรงกับค่าที่เกจวัดหรือไม่ จาก Figure 10 แสดงผลการทดลองว่า ค่าที่เกจเท่ากับ 9.8 บาร์ และค่าที่ได้จากการประมวลผลภาพได้ 9.8 บาร์ ซึ่งเป็นค่าที่เท่ากัน

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลทดสอบของการอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็มด้วยการประมวลผลภาพ

แสดงผลการทดลองจากการอ่านค่าจากเกจวัดแบบเข็มทั้ง 200 เกจ จาก เกจ 4 ชนิดแสดงผลดังตารางด้านล่าง ซึ่งแสดงผลการตรวจวัดเกจ

Table 1 Result read analog gauge

Type of gauge	Quantity for test	Result	
		Correct	Incorrect
Type 1	50	47	3
Type 2	50	50	-
Type 3	50	50	-
Type 4	50	49	1
Total	200	196	4

จากตารางพบว่ามี การอ่านค่าจากเกจผิดพลาด 4 เกจ อันเนื่องมาจากสภาพของเกจนั้นไม่เหมาะสมแก่การอ่านค่า จาก Figure 11 (a) พบว่าตัวเลขและตัวอักษรค่อนข้างเบลอ และเห็นได้ยาก จาก Figure 11 (b) พบว่าของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในเกจไม่เต็มเหลือเพียงครึ่ง ทำให้เห็นเป็นรอยเส้น และทำให้ค่าที่แสดงผลออกมาผิดพลาดจากการตรวจสอบสภาพหน้างานจริงพบว่าเกจบางชนิดติดตั้งแบบฝัง ติดตั้งแบบเหนือจากพื้นดังในรูป Figure 12 ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งแบบดังกล่าวไม่เหมาะสำหรับการวิจัยนี้ ในอนาคตอาจมีการปรับปรุงอุปกรณ์การตรวจสอบให้ตรวจสอบได้หลากหลายมากขึ้น



(a) Scale blur



(b) Liquid in gauge not full

Figure 11 Gauge not complete for test

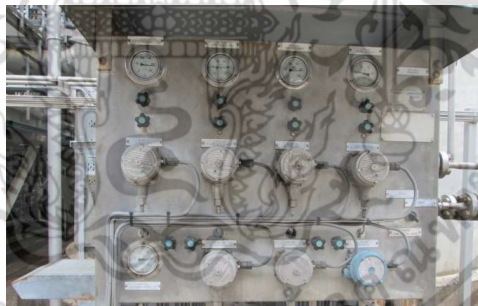


Figure 12 Gauge on the job that difficult to installation camera

สรุป

จากการทดลองระบบการตรวจวัดค่าของเกจวัดแบบเข็มพบว่ามีความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 99 โดยไม่พบปัญหา กรณีที่มีแสงสะท้อนขณะอ่านค่าจากเกจวัด แต่ยังคงพบข้อจำกัดจากการรับภาพ ซึ่งทำให้เกิดค่าความผิดพลาด เช่น ความสว่างขณะบันทึกภาพ ความละเอียดของกล้อง และยังมีปัญหาจากตัวอุปกรณ์(เกจ) เช่น ตัวเลขของเกจวัดเบลอ ,ของเหลวภายในเกจลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่ง ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการอ่านค่า นอกจากนี้ลักษณะการติดตั้งของเกจแบบฝังไม่เหมาะกับวิธีการตรวจวัดดังกล่าว เนื่องจากการข้อจำกัดการติดตั้งกล้องเพื่อรับภาพ โดยปัญหาดังกล่าวสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาต่อไปได้ บทความนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อใช้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ที่ใช้เงาแสดงแบบอนาล็อค ระบบการตรวจวัดนี้สามารถลดค่าใช้จ่าย ต้นทุนการผลิต ลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นตรายกรณีเงาวัตถุอยู่บริเวณพื้นที่ที่การเข้าถึงยาก ลดค่าความผิดพลาดจากการเงาวัตถุจากตัวพนักงาน อีกทั้งสามารถใช้ได้ง่าย ติดตั้งสะดวกและใช้งานได้อย่างหลากหลาย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัทไทยออยล์ จำกัด(มหาชน) ส่วนงานโรงงาน ที่ช่วยเหลือเพื่อสถานที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- K. Suzuki, H. Ikeda, K. Ishimaru, J. Suzuki, F. Adachi and W. Xinlei. 2007 ,” New image retrieval system utilizing image directory on gigabit network for distributing industrial product information , **IEEE Transaction on Industry Applications** 43(2007) 1099–1107.
- F. Corrêa Alegria and A. Cruz Serra . 2000, “Automatic Calibration of Analog and Digital Measuring Instruments Using Computer Vision,” **IEEE Transaction on Instrumentation and measurement**, VOL. 49, NO. 1, FEBRUARY 2000 , pp. 94–99
- Omur Aydogmus and Muhammed F. Talu. 2012, “A vision-based measurement installation for programmable logic controllers ,” in **Measurement** 45 at **SciVerse ScienceDirect**, pp. 1098–1104
- Zhigang Yang, Yi An, Yanbin Sun, Jingchun Zhang. 2012 , “Research on Intelligent Glue-coating Robot Based on Visual Servo Physics Procedia”, at **SciVerse Science Direct** Volume 24, Part C, Pages 2165-2171
- Lorna Herda, Pascal Fua, Ralf Plänklers, Ronan Boulic, Daniel Thalmann. 2001 ,”Using skeleton-based tracking to increase the reliability of optical motioncapture Human Movement Science”, at **SciVerse Science Direct** Volume 20, Pages 313-341
- Duda R.O.and Hart P.E. 1972 “Use Hough transformation to detect lines and curves in picture” **commun. Ass. Comput. In Stanford Research Institute at Menlo,California** , pp. 465-468

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล กรรณิการ์ แก้วกันเนตร
 วัน เดือน ปี เกิด 21 กุมภาพันธ์ 2558
 ที่อยู่ 66/65 หมู่4 ซ.นารถสุนทร14 ต.บางเมืองใหม่ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ
 10270

ประวัติการศึกษา
 พ.ศ. 2546 - 2550 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องวิทยาศาสตร์และ
 อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์ทำงาน
 พ.ศ. 2550 - 2557 THAI DECAL Co.,Ltd
 ตำแหน่งผู้ช่วยหัวหน้าส่วน
 แผนกควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้