การศึกษาประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ ภายใต้สภาพแวดล้อมควบคุม

โดย

นายอภิชาต โคตรบุญมี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ ภายใต้สภาพแวดล้อมควบคุม

โดย

นายอภิชาต โคตรบุญมี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

A STUDY OF PROCESSING EFFICIENCY OF VISION SYSTEM UNDER CONTROLLED ENVIRONMENT

By

Mr. Apichat Kootbunmee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

Master of Engineering Program in Engineering Management

Department of Industrial Engineering and Management

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2015

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ ภายใต้สภาพแวดล้อมควบคุม” เสนอโดย นายอภิชาต โคตรบุญมี เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ดร.อิศราวิทย์ เชาว์พาณิช)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์)

...../...../.....

55405327 : สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม
คำสำคัญ : ระบบการมองเห็น การประมวลผลด้วยภาพ โอซีอาร์

อภิชาต โคตรบุญมี : การศึกษาประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพภายใต้สภาพแวดล้อมควบคุมอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อ.ดร.สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์. 122 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการหาสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการทำงานของระบบตรวจสอบด้วยภาพ โดยกำหนดปัจจัยที่มีผลในการจัดทำระบบ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพภายใต้สภาพแวดล้อมควบคุมแสงจากภายนอก นำปัจจัยที่เกี่ยวข้อง มากำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ภายใต้ขอบเขตที่กำหนด นำไปจัดทำข้อมูลการติดตั้งระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพนำปัจจัยที่เกี่ยวข้อง จากการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ให้มีประสิทธิภาพในการทำงาน โดยการออกแบบฐานติดตั้งกล้องที่สามารถปรับระยะได้ทั้ง 3 แกน ในการทดลองโดยใช้ปัจจัยในการเลือกตำแหน่งในการติดตั้ง ระดับมุมมอง ความสว่าง เลนส์ขยายภาพ และ วัสดุ 3 ประเภทคือ โลหะ พลาสติก กระดาษ

จากการศึกษาพบว่าการเลือกระบบที่นำไปตรวจสอบวัสดุที่เป็นโลหะ ที่มีขนาดตัวอักษรขนาด 1.5 ถึง 3 มิลลิเมตร ควรเลือกการติดตั้งด้านบนความสว่างอย่างน้อย 200 และทำมุมอย่างน้อย 45 องศา ติดตั้งที่ความสูงของชิ้นงานไม่เกิน 105 ถึง 322 มิลลิเมตร ระยะห่างกล้องกับวัตถุ 182 ถึง 1,222 มิลลิเมตร โดยมีข้อจำกัดการติดตั้งวัสดุตำแหน่งด้านล่างที่มีความสว่างน้อยกว่า 200 และมุมต่ำกว่า 30 จะทำให้พื้นที่ไม่มีความสว่างเพียงพอต่อการตรวจจับตัวอักษรขนาดเล็ก การตรวจสอบวัสดุที่เป็นพลาสติก ควรเลือกการติดตั้งด้านล่างที่มีความสว่างมุมอย่างน้อย 200 และทำมุมอย่างน้อย 45 องศา พื้นที่ในการติดตั้งที่ระยะความสูงไม่เกิน 105 ถึง 322 มิลลิเมตร ระยะห่างกล้องกับวัตถุ 182 ถึง 1,222 มิลลิเมตร โดยมีข้อจำกัดการติดตั้งวัสดุตำแหน่งด้านบนที่มีความสว่างน้อยกว่า 200 หรือมากกว่า 800 และมุมต่ำกว่า 30 จะทำให้พื้นที่ไม่มีความสว่างเพียงพอต่อการตรวจจับตัวอักษรขนาดเล็ก และชิ้นงานจะเกิดการสะท้อนทำให้การตรวจจับภาพไม่มีประสิทธิภาพ การตรวจสอบวัสดุเป็นเป็นกระดาษ ที่มีขนาดตัวอักษรขนาด 1.5 ถึง 3 มิลลิเมตร สามารถติดตั้งได้ทั้งด้านบนและด้านล่าง ที่มีความสว่างอย่างน้อย 200 และทำมุมอย่างน้อย 30 องศา ใช้พื้นที่ติดตั้งที่มีระยะความสูงไม่เกิน 105 ถึง 322 มิลลิเมตร ระยะห่างกล้องกับวัตถุ 182 ถึง 1,222 มิลลิเมตร โดยวัสดุประเภทกระดาษเป็นวัสดุที่สามารถตรวจจับได้ง่าย และมีผลกระทบที่เกิดจากความสว่างน้อยที่สุด

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศิลปากร
ลายมือชื่อนักศึกษา ..... ปีการศึกษา 2558
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ .....

55405327 : MAJOR : ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORD : VISION SYSTEM , IMAGE PROCESSING , OPTICAL CHARACTER RECOGNITION (OCR)
APICHAT KOOTBUNMEE : A STUDY OF PROCESSING EFFICIENCY OF VISION SYSTEM UNDER CONTROLLED ENVIRONMENT THESIS ADVISOR : SUJIN WOOTTICHAIWAT , Ph.D.. 122 pp.

The research aims to search for the appropriate surrounding in visual inspection system operation by specifying influencing factors in order to study the effectiveness of visual inspection system under the external light control surrounding. The researcher studies related factors in order to specify variables under the certain surrounding and implements the outcome data to create a camera mount, which is able to adjust 3 distance axis, and studies on installment location, visual angle, brightness, zoom lens for 3 types of materials; metal, plastic and paper.

The results show that 1) the inspection system on metal material with 1.5 to 3 millimeters fonts size, the appropriate installment is upper location with at least 200 brightness, at 45 angle, not over 105-322 millimeters height and the distance from camera to object is 182-1,222 millimeters with the limitation of least than 200 brightness and at lower than 30 angle resulting in adequate brightness inspection for small fonts. 2) The inspection system on plastic material, the appropriate installment lower location with at least 200 brightness, at 45 angle, not over 105-322 millimeters height and the distance from camera to object is 182-1,222 millimeters with the limitation of least than 200 or 800 brightness and at lower than 30 angle resulting in adequate brightness inspection for small fonts and light reflection causing in ineffective inspection system operation. 3) The inspection system on paper material with 1.5 to 3 millimeters fonts size, the appropriate installment are both upper and lower location with at least 200 brightness, at 30 angle, not over 105-322 millimeters height and the distance from camera to object is 182-1,222. Paper is easily inspected materiel and least affects to the brightness.

Department of Industrial Engineering and Management Graduate School, Silpakorn University Academic
Student's signature …… Year 2015
Thesis Advisor's signature ……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูงจากอาจารย์ ดร.สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนท่านประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการมหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้คำปรึกษา ให้ข้อชี้แนะ และให้ความช่วยเหลือจนงานวิจัยนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการให้ความช่วยเหลือแนะนำของ คุณอนุชิต นาคกล่อม ผู้บริหารบริษัท เซ็นเซอร์นิกส์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางจนวิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้เขียนจึงขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณอรวรรณ ฤชาเชวง ผู้บริหารบริษัทฯ ที่ผู้วิจัยทำงานอยู่ ที่ได้ ให้ความสนับสนุนด้านต่างๆ ทั้งด้านกำลังใจ ด้านข้อคิดเห็นเสนอแนะ และด้านการสนับสนุนเครื่องมือห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ จนมีส่วนทำให้ผู้วิจัยสามารถทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาโดยตลอด รวมทั้งขอขอบคุณผู้เขียนหนังสือ และบทความต่าง ๆ ที่ให้ความรู้แก่ผู้เขียนจนสามารถให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบคุณการสนับสนุนด้านกำลังใจและการช่วยเหลือจากสมาชิกครอบครัวโคตรบุญมี และ ภูคำใบ ทุกคนที่มีให้แก่ผู้เขียนเสมอมา จนทำให้การจัดทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้กำเนิด ซึ่งท่านได้วางรากฐานชีวิต พื้นฐานทางความคิดให้ผู้เขียนมีความเชื่อมั่นในสิ่งที่ถูกต้อง และอันเป็นแนวทางไปสู่ความสำเร็จในภายภาคหน้า

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ฎ
สารบัญภาพ.....ฐ
บทที่
1 บทนำ.....
ที่มาและความสำคัญ.....1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....4
ขอบเขตของการวิจัย.....4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5
วิธีการดำเนินงานวิจัย.....6
2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง.....
ศึกษาสภาพการดำเนินงานของระบบประมวลภาพที่มีอยู่ในปัจจุบัน
และศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น.....7
การประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System).....7
การจัดสภาพแวดล้อม (scene constraint).....9
การดึงข้อมูลภาพ (image acquisition).....10
การประมวลผลภาพ.....16
การแยกบริเวณ (segmentation).....19
การหาขอบภาพ (edge detection).....21
การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (feature extraction).....22
การจำแนกวัตถุและการแปรความหมาย (classification and interpretation).....22
การใช้ประโยชน์ของการประมวลผลทางภาพ.....22
ปัจจัยที่เลือกศึกษาที่มีผลในการติดตั้งระบบวิชั่น.....23
การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในการติดตั้งระบบวิชั่น.....25
ความหมายของ OCR (Optical Character Recognition).....25
การออกแบบวิเคราะห์ผลการทดลอง.....25

บทที่ หน้า

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก(Logistic Regression Analysis).....26
งานวิจัยที่ความเกี่ยวข้อง.....25
3 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....
กล่าวบทนำ.....33
แนวคิดในการออกแบบ และการทดลอง.....33
ส่วนที่ 1 การออกแบบอุปกรณ์การทดลอง.....33
ส่วนที่ 2 การศึกษาและการทดลอง.....42
ส่วนที่ 3 การจัดทำข้อมูลทางเทคนิคสำหรับการติดตั้งระบบภายใต้ขอบเขตการศึกษา
.....47
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....
ผลการออกแบบอุปกรณ์การทดลอง.....62
ผลการศึกษาจากการทดลอง.....63
ผลการจัดทำข้อมูลทางเทคนิคการติดตั้งระบบภายใต้ขอบเขตการศึกษา.....127
การยืนยันผลการทดลองสภาพแวดล้อมการทำงานจริง.....130
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และค่าอุปกรณ์ในการศึกษา.....139
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....
สรุปปัจจัยที่เหมาะสมของวัสดุประเภทต่างๆ.....147
ผลจากการวิเคราะห์เชิงสถิติ.....149
การยืนยันผลหน้างานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต.....149
ข้อเสนอแนะ.....151

เอกสารอ้างอิง.....
ภาคผนวก.....
ประวัติผู้วิจัย.....

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ....30
3.2 รายละเอียดของอุปกรณ์ กล้อง (CMOS Module DFK72BUC02)....33
3.3 รายละเอียดของอุปกรณ์ เลนส์ (Mega Pixel Machine Vision CCTV Lens)....34
3.4 ปัจจัยที่เลือกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพระบบประมวลผล ของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system)....39
3.5 ลำดับการทดสอบตามปัจจัยและระดับของปัจจัย....41
3.6 Logistic Regression....53
3.7 Case Processing Summary....54
3.8 Dependent Variable Encoding....54
3.9 Variables not in the Equation....55
3.10 Omnibus Tests of Model Coefficients....56
3.11 Model Summary....57
3.12 Hosmer and Lemeshow Test....57
3.13 Classification Table[a]....58
3.14 Variables in the Equation....59
4.1 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านล่างประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 30 องศา....66
4.2 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านล่างประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 45 องศา....69
4.3 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านล่างประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 60 องศา....71
4.4 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านล่างประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 30 องศา....76
4.5 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านล่างประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 45 องศา....78
4.6 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านล่างประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 60 องศา....81
4.7 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านล่างประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 30 องศา....86
4.8 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านล่างประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 45 องศา....89
4.9 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านล่างประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 60 องศา....92
4.10 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบนประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 30 องศา....97
4.11 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบนประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 45 องศา....100
4.12 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบนประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 60 องศา....103
4.13 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบนประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 30 องศา...107
4.14 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบนประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 45 องศา...110
4.15 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบนประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 60 องศา...113

ตารางที่ หน้า

4.16 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบนประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 30 องศา....118
4.17 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบนประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 45 องศา....121
4.18 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบนประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 60 องศา....124
4.19 ข้อมูลทางเทคนิคสำหรับการติดตั้งระบบตรวจสอบด้วยภาพ ภายใต้ขอบเขตการศึกษา...128
4.20 ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบหน้างานจริงเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบที่ความสว่าง 200 ลักซ์ กับชิ้นงาน ประเภท โลหะ.....133
4.21 ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบหน้างานจริงเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบที่ความสว่าง 200 ลักซ์ กับชิ้นงาน ประเภท พลาสติก.....135
4.22 ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบหน้างานจริงเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบที่ความสว่าง 200 ลักซ์ กับชิ้นงาน ประเภท กระดาษ.....137
4.23 ลักษณะของข้อมูลหรือจำนวนการถ่ายรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง.....139
4.24 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมในการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกของระบบตรวจสอบด้วยภาพ ด้วย Hosmer and Lemeshow Test.....141
4.25 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกของระบบตรวจสอบด้วยภาพ...141
4.26 ตัวแปรที่คงไว้ในตัวแบบถดถอยโลจิสติกของระบบตรวจสอบด้วยภาพ.....142
4.27 ประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และค่าอุปกรณ์ในการศึกษา.....143
5.1 ผลกระทบของปัจจัยต่อระบบตรวจสอบด้วยภาพ.....149

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1.1 ผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการตรวจสอบสติกเกอร์ระบุรายละเอียดเครื่องยนต์ (Label Emissions)..... 2

1.2 ตัวอย่าง ข้อความบนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบข้อมูล.....3

2.1 ผังแสดงลำดับการทำงานของการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (vision system).....9

2.3 เซ็นเซอร์รับภาพของกล้องประเภทระบบการจับภาพเป็นพื้นที่ (area scan) ของกล้องถ่ายภาพระดับสี (gray scale) และกล้องถ่ายภาพ.....10

2.4 การแปลงภาพต่อเนื่องและการแปลงเป็นภาพเชิงตัวเลขจากวิธีการ Digitization.....10

2.5 การเปรียบเทียบระหว่างภาพกับ pixels matrix.....11

2.6 ตัวอย่างการแสดงค่า pixels matrix.....11

2.7 ระบบสี RGB (red, green และ blue).....13

2.8 ระบบสี grayscale.....13

2.9 พิกัดของระบบภาพดิจิตอล.....14

2.10 กระบวนการประมวลผลภาพ.....16

2.11 การปรับปรุงภาพตัวอย่างภาพเริ่มต้นและหน้าต่างขนาด 3x3.....17

2.12 การแยกบริเวณทั้งสองวิธี.....18

2.13 การทำงานของกระบวนการย่อย.....18

2.14 ภาพระยะไกลโดยใช้ดาวเทียม.....20

2.15 ภาพสำหรับการใช้งานทางการแพทย์.....20

2.16 แผนผังก้างปลา สำหรับวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น.....22

3.1 กล้อง CMOS สำหรับถ่ายภาพวัตถุ หรือชิ้นงานที่มีขนาดเล็กที่มีความละเอียดของภาพอยู่ที่ 5 ล้านพิกเซล.....32

3.2 เลนส์ เมก้า พิกเซล (Mega Pixel) สำหรับขยายภาพวัตถุ หรือชิ้นงานที่มีขนาดเล็กที่มีกำลังขยาย 4 ระดับ.....34

3.3 การเลือกแหล่งกำเนิดแสงให้เหมาะสมกับชิ้นงาน.....35

3.4 การเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงตามลักษณะของงาน.....36

3.5 ตัวอย่างโปรแกรมสำเร็จรูปใช้สำหรับประมวลผลภาพที่ได้จากระบบวิชั่น.....37

3.6 สแตนจับยึดกล้องและแหล่งกำเนินแสงในการทดสอบ.....38

ภาพที่ หน้า

3.7 ข้อมูลที่ลงในโปรแกรม SPSS.....49
3.8 แสดงการเลือกคำสั่งวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ในโปรแกรม.....49
3.9 แสดงการเลือกกลุ่มตัวแปรวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์.....50
3.10 การเลือกคำสั่งในฟังชันก์ Logistic Regression Option.....52
4.1 ชุดอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งระบบตรวจสอบด้วยภาพ 3 แกน.....63
4.2 หม้อแปลงที่หุ้มด้วยวัสดุประเภทกระดาษ (ขนาดเล็ก).....130
4.3 หม้อแปลงที่หุ้มด้วยโลหะ หรือ อะลูมิเนียม (ขนาดเล็ก).....131
4.4 หม้อแปลงที่หุ้มด้วยวัสดุพลาสติก (ขนาดเล็ก).....131
4.5 สายพานลำเลียงชิ้นงานขนาดยาว 1.5 เมตร กว้าง 0.2 เมตรควบคุมด้วยระบบมอเตอร์.....132
4.6 หน้าจอแสดงผลโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบ.....133

มหาวิทยาลัยศิลปากร

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	อภิชาต โคตรบุญมี
ที่อยู่	82/160 หมู่ 6 ต.เสาธงหิน อ.บางใหญ่ จ.นนทุบรี 11140
ที่ทำงาน	บริษัท ซินแมกซ์ อีควิปเม้นต์ (ประเทศไทย) จำกัด
ประวัติการศึกษา	จบปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมอุตสหการ
พ.ศ. 2555	มหาวิทยาลัย ศิลปากร วิทยาเขต พระราชวังสนามจันทร์
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ.255 - 2557	บริษัท แอล พี ลายคำ จำกัด
พ.ศ.2557- 2558	บริษัท เซ็นเซอร์นิกส์ จำกัด
พ.ศ.2559- ปัจจุบัน	บริษัท ซินแมกซ์ อีควิปเม้นต์ (ประเทศไทย) จำกัด

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

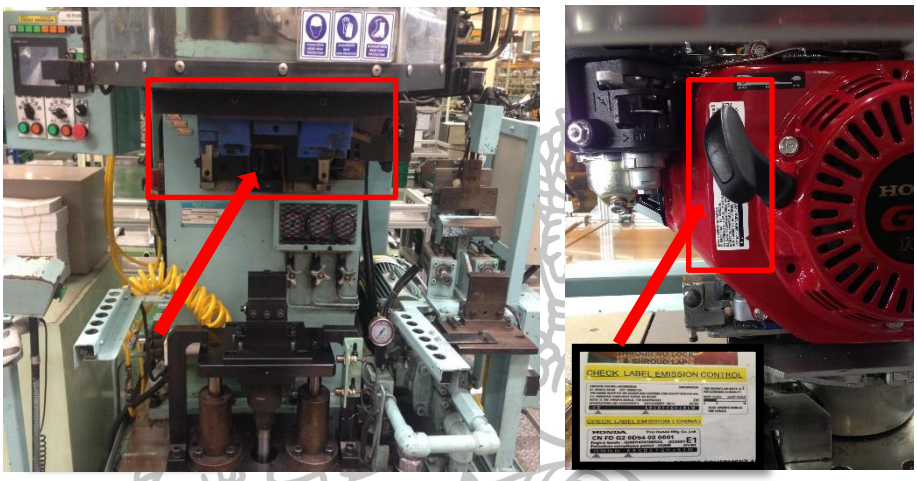
1.1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันสภาวการณ์แข่งขันของกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตทุกขนาด มีการแข่งขันที่มีความรุนแรง เนื่องจากความต้องการของผู้บริโภคที่มีเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น และความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ รวมถึงยังมีการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในการผลิตอย่างรวดเร็ว ผู้ผลิตจึงจำเป็นที่จะพัฒนาระบบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ในสภาวะการตลาดที่มีการแข่งขันอย่างรุนแรงนี้ ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและได้มาตรฐานสากล จะเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ซึ่งจะสามารถดำเนินธุรกิจอยู่ในตลาดที่มีการแข่งขันที่รุนแรงได้ ซึ่งการที่จะดำเนินการดังกล่าวได้นั้น ผู้ผลิตต้องมีคุณภาพในการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับผู้ผลิต นั่นคือส่วนคุณสมบัติ ที่มีอยู่ในตัวสินค้า ถ้าผู้ผลิตต้องการขายสินค้าได้ ผู้ผลิตต้องทำให้ คุณสมบัติที่มีอยู่ในตัวสินค้าเป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภคและอยู่ในระดับสูงจากผู้ผลิตรายอื่น หรือเป็นที่พอใจของตลาดโดยภาพรวม ดังนั้นภารกิจของการควบคุมคุณภาพจึงเริ่มจากการศึกษาความต้องการที่แท้จริงของผู้บริโภคเพื่อนำ ข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นรูปแบบของสินค้าอันเป็นที่พึงประสงค์ของผู้บริโภค และยังต้องสามารถผลิตได้ง่ายใช้ต้นทุนที่อย่างเหมาะสม ซึ่งได้กำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์ไว้โดยเรียกว่า มาตรฐานผลิตภัณฑ์ จะถูกส่งต่อไปให้ผู้ผลิตทำการผลิต ผู้ผลิตต้องผลิตสินค้าได้ตามแบบและ ลักษณะเฉพาะที่กำหนดไว้ และผลิตให้ได้ปริมาณตามความต้องการ ส่งมอบสินค้าได้ทันเวลาที่กำหนด ดังนั้นผู้ผลิต จึงต้องมีการวางแผนการผลิตและเครื่องมือที่ดีในการดำเนินงาน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของสินค้าไม่ให้เกิดความผิดพลาดในกระบวนการผลิตในอนาคตต่อไป

การนำระบบตรวจสอบมาตรฐานการผลิตเข้ามาตรวจสอบผลิตภัณฑ์มีอยู่หลายวิธีในการดำเนินงาน โดยปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมได้นำระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) มาเป็นเครื่องมือในการช่วยตรวจสอบผลิตภัณฑ์ มีบทบาทในการตรวจเช็คคุณภาพ เนื่องจากระบบนี้สามารถตรวจเช็คได้อย่างมีคุณภาพ กับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตอยู่ในท้องตลาด เช่น อุปกรณ์ชิ้นส่วน และบรรจุภัณฑ์อาหาร และมีความละเอียดแม่นยำกว่าสายตามนุษย์ สามารถควบคุมคุณภาพได้สม่ำเสมอต่างจากสายตามนุษย์ที่อาจมีความเหนื่อยล้า เป็นสาเหตุทำให้เกิดความผิดพลาดได้ นอกจากนี้ระบบยังสามารถตรวจเช็คคุณภาพชิ้นงานได้ตั้งแต่ช่วงแรกๆ ของกระบวนการผลิตซึ่งบางกระบวนการคนไม่สามารถเข้าไปในพื้นที่นั้นได้ทำให้สามารถคัดแยกชิ้นงานที่เสียออกแต่เนิ่นๆ ไม่ต้องปล่อยให้เสร็จสิ้นกระบวนการถึงจะมีการตรวจเช็ค

ระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) หรือ ระบบการมองเห็นประกอบไปด้วยส่วนหลัก 2 ส่วนคือ กล้องถ่ายรูป อาจจะเป็น แบบอนาล็อก หรือดิจิตอลก็ได้ และชุดประมวลผล

สัญญาณภาพ ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้กล้องดิจิตอลที่มีความละเอียดสูงมี เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ความละเอียดได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง โดยส่วนประกอบอื่นๆที่สำคัญในการติดตั้งระบบวิชั่นมีหลายอย่าง เช่น แหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์ขยายกำลังการรับภาพ อุปกรณ์การเชื่อมต่อระบบ ชุดประมวลผลหรือคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผล และ โปรแกรมการประมวลผลภาพ



ภาพที่ 1.1 ผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านการตรวจสอบสติกเกอร์ระบุรายละเอียดเครื่องยนต์ (Label Emissions)

จากภาพที่ 1.1 และ 1.2 เป็นคือปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานประกอบการที่เป็นอุตสาหกรรมการผลิตประเภท ผลิตชิ้นส่วนเครื่องยนต์ต้นกำลัง และรถจักรยานยนต์ ต้องการที่จะติดตั้งระบบระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) ผู้ศึกษาจึงเล็งเห็นความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น กับผู้ผลิตที่เป็นอุตสาหกรรมการผลิต จึงมีการศึกษาเครื่องมือที่ช่วยในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของผู้บริโภค และสามารถลดต้นในการดำเนินงานเพื่อใช้วิธีการที่ศึกษานี้ โดยผู้ศึกษาดำเนินการออกแบบระบบตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยนำหลักการประมวลผลภาพ (Image Processing) มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) ให้สามารถใช้งานได้จริง มีต้นทุนต่ำ และสามารถติดตั้งได้ในสถานที่มีสภาพแวดล้อมที่เป็นข้อจำกัดให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบคือโปรแกรมสำเร็จรูป ของ National Instruments ชื่อ โปรแกรม Vision Builder และเทคนิคที่ใช้คือ กระบวนการทางกลไกหรือทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อแปลภาพของข้อความจากการเขียน หรือจากการพิมพ์ ไปเป็นข้อความที่สามารถแก้ไขได้โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ การจับภาพอาจทำโดยกล้องดิจิทัล (Optical Character Recognition) หรือเรียกว่า OCR ที่สามารถนำมาตรวจสอบข้อความที่เกี่ยวข้องในการผลิต เช่น หมายเลขตัวอักษรบนโครงรถจักรยานยนต์ สติกเกอร์ระบุรายละเอียดเครื่องยนต์ (Label Emissions)

โดยผู้ศึกษาจะทดสอบการติดตั้งระบบประมวลผลภาพ ในสภาวะแวดล้อมที่ต่างกันในการทำงาน รวมถึงศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งระบบเพื่อตรวจสอบการใช้งานกับการพิมพ์ข้อความในเนื้อโลหะ และกระดาษชนิดต่างๆ ที่สามารถเป็นตัวอย่างในการทดสอบ ให้มีความเหมือนกับงานจริง

ภาพที่ 1.2 ตัวอย่าง ข้อความบนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบข้อมูล

ผู้ศึกษามีความตั้งใจในการศึกษาครั้งนี้เพื่อให้สามารถระบุได้ว่าที่สภาวะแวดล้อมที่ต่างกันในการทำงานของอุตสาหกรรมอื่นนอกจากกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องยนต์ขนาดเล็ก และอุตสาหกรรมยานยนต์ และวัสดุที่ใช้ในการทำงานในปัจจุบันสามารถตรวจสอบด้วยระบบประมวลผลภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่เกิดความผิดพลาดในการใช้งาน หลังกระบวนการติดตั้งระบบแล้วเสร็จ เพื่อให้ทางผู้ผลิตในกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องยนต์ขนาดเล็ก และอุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรมอื่นๆสามารถติดตั้งระบบประมวลภาพไว้ใช้ตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการผลิต และสามารถควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ออกไปสู้ผู้บริโภคได้ และส่งเสริมให้เกิดกลไกในการพัฒนาระบบประมวลผลภาพ เพื่อใช้ในกลุ่มอุตสาหกรรมอื่นที่สนใจต่อไป

การศึกษาและวิเคราะห์สภาวะแวดล้อมต่างๆภายในห้องทดลอง โดยวิธีการออกแบบการทดลอง ผลที่ได้สามารถช่วยในการออกแบบพัฒนา และตรวจสอบระบบประมวลผลด้วยภาพในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างไม่เกิดความผิดพลาดในการประมวลผล ผลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อยอดงานวิจัยเพื่อหาหลักเกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานเกี่ยวกับการออกแบบระบบประมวลผลภาพ ณ สภาวะแวดล้อมที่มีความเหมือนกับการทดลอง และสามารถนำไปขยายผลเป็นแนวทางในความรู้ในด้านการจัดทำระบบการประมวลภาพ และพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของโรงงานกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตที่จะเลือกใช้ระบบประมวลภาพ (Image Processing) ในอนาคตต่อไป

1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) ภายใต้สภาพแวดล้อมควบคุมแสงจากภายนอก และไม่เคลื่อนที่ เพื่อนำปัจจัยที่เกี่ยวข้อง มากำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ภายใต้ขอบเขตที่กำหนด

2. เพื่อจัดทำข้อมูลด้านเทคนิคในการติดตั้งระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) ภายใต้สภาวะแวดล้อมควบคุมแสงจากภายนอก และไม่เคลื่อนที่ และนำปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ที่ได้จากการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ภายใต้ขอบเขตการศึกษา ให้มีประสิทธิภาพในการทำงาน

1.3. ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาภาพที่ติดตั้งจากตำแหน่งบริเวณด้านบนชิ้นงานทดสอบ และด้านล่างชิ้นงานทดสอบ โดยด้านบนชิ้นงานศึกษาทดลองโดยทำมุม 30 องศา 45 องศา และ 60 องศา ด้านล่างทดสอบชิ้นงานที่มุม 30 องศา 45 องศา และ 60 องศาโดยชิ้นงานถูกติดตั้งในอุปกรณ์สำหรับทดสอบบริเวณฐานจับยึดที่สามารถปรับตำแหน่งด้านบน และ ด้านล่างได้ขอบเขตการติดตั้งสามารถทำมุมได้ 0-180 องศา

2. ศึกษาความสว่างในห้องทดลองสภาวะควบคุม โดยกำหนดค่าความสว่างจากแหล่งให้แสงสว่างจากหลอดไฟ (Light Source) ตามค่าความสว่าง (Lux) ที่กำหนดคือ 200 (ต่ำกว่ามาตรฐาน) 400 (มาตรฐาน) 800 (สูงกว่ามาตรฐาน) โดยความสว่างจะถูกวัดด้วยเครื่องมือวัดค่าความสว่าง (Lux Meter รุ่น LX-90)

3. กำหนดวัสดุ 3 ประเภท เป็นตัวอย่างในการทดสอบ คือ อะลูมิเนียม (Aluminium : AL5083) อะคริลิค (Acrylics Sheet : M090) และ กระดาษ (Paper) ที่ใช้ในอุตสาหกรรม โดยมีการกำหนดให้วัสดุทั้ง 3 ประเภทพิมพ์ตัวอักษรแบบเดียวกัน และตัวเลขที่มีลักษณะเดียวกันโดยมีการเปลี่ยนขนาดของตัวอักษรที่พิมพ์ให้มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาดคือ ตัวอักษรขนาด 9 (ขนาดเล็ก) 12 (ขนาดกลาง) และ 16 (ขนาดใหญ่) แล้วนำมาทดสอบตามขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้

4. กำหนดขนาดของเลนส์ขยายภาพ ที่มีผลต่อการทดสอบ ให้สามารถถ่ายภาพได้ เพื่อนำไปใช้ในการประมวลภาพได้ และสามารถติดตั้งระบบโดยไม่กระทบกับกระบวนการทำงานของพนักงานฝ่ายผลิตโดยมีขนาดของเลนส์ขยายภาพ ที่ขนาด 8 12 16 และ 35 มิลลิเมตร ทั้งหมด 4 ระดับ

5. การทดสอบระบบประมวลผล ของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) ภายใต้ ในสภาวะไม่เคลื่อนที่ และสภาวะปิดภายในห้องควบคุมแสงจากภายนอก โดยใช้เครื่องมือที่ได้จากการพัฒนาและออกแบบมาเพื่อการดำเนินการศึกษา

6. ออกแบบและสร้างเครื่องมือสำหรับการพัฒนาระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) ภายใต้การศึกษาที่กำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ให้สามารถนำมาทดสอบใช้ในการศึกษาได้จริง

1.4. **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. สามารถติดตั้งระบบประมวลผล ของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) ประเภทการตรวจจับภาพ จากสื่อสิ่งพิมพ์ให้กลายเป็นข้อความอิเล็กทรอนิกส์ (Optical Character Recognition)ได้ในสภาวะที่กำหนดในการศึกษา และปัจจัยที่เลือกศึกษา ได้แก่ ตำแหน่ง ความเข้มแสง ประเภทของวัสดุ ขนาดของเลนส์ขยายภาพ

2. สามารถกำหนดการติดตั้งระบบประมวลผล ของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) ได้โดยไม่เสียระยะเวลาในการติดตั้งหน้างานเพื่อทดสอบ และสามารถติดตั้งระบบได้โดยไม่ต้องคาดเดาหน้างานจริง

3. ทำให้ทราบถึงสาเหตุและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการติดตั้งระบบประมวลผล ของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) และทราบข้อมูลทางเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับระบบประมวลภาพ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปพัฒนาเครื่องมือ และระบบตรวจสอบด้วยภาพต่อไป

4. สามารถขยายผลจากการศึกษานี้เป็นแนวทางในการปรับปรุงหรือพัฒนาระบบที่เหมาะสมกับการทำงานของระบบในแบบอื่นๆ ได้

1.5. **วิธีการดำเนินงานวิจัย**

1. ศึกษาสภาพการดำเนินงานจากหน้างานจริงในขณะปฏิบัติงานจริง และวิเคราะห์ปัญหาของระบบประมวลภาพที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพื่อกำหนดเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับใช้ในการศึกษา

2. ศึกษาผลงานวิจัย และทฤษฎีต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ เพื่อลดระยะเวลา และสามารถป้องกันปัญหาอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องในการศึกษา

3. ออกแบบการทดลอง และกำหนดขอบเขตการทดลองที่เกี่ยวข้อง ในการทดสอบ

4. ออกแบบอุปกรณ์ต้นแบบของชุดทดสอบประสิทธิภาพของระบบประมวลผล ของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System) เพื่อให้สามารถรองรับการใช้งาน และการศึกษาที่จะเกิดขึ้นในการศึกษาครั้งนี้

5. ศึกษาประสิทธิภาพของระบบประมวลผล ของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System)

6. วิเคราะห์ผลการศึกษา ที่ได้จากผลการทดลอง

7. สรุปผลที่ได้จากการศึกษา เพื่อนำไปจัดทำเทคนิคการติดตั้งระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง

การศึกษาและวิเคราะห์คุณสมบัติของระบบหลักการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่อใช้ในการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system) ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานการออกแบบการทดลอง เพื่อช่วยในการหาสภาพแวดล้อมที่สามารถติดตั้งระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับกระบวนการผลิต การศึกษาทฤษฎีเพื่อใช้เป็นเครื่องมือและแนวทางสำหรับการดำเนินการวิเคราะห์มีแนวคิดและวิธีการศึกษาดังนี้

2.1. ศึกษาสภาพการดำเนินงานของระบบประมวลภาพที่มีอยู่ในปัจจุบัน และศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น

2.1.1. การประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision System)

ระบบมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์เป็นวิธีการที่ทำให้อุปกรณ์ประมวลผลต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ประมวลสัญญาณดิจิตอล (digital signal processor : DSP) มีความสามารถในการรับรู้ภาพซึ่งรวมไปถึงการทำให้อุปกรณ์ประมวลผลนั้น โดยสามารถทำให้ระบบมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์ คือทำให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประมวลผลต่างๆ มีความสามารถให้ได้เทียบเท่ากับระบบการมองเห็นของมนุษย์ที่มีวิวัฒนาการต่อเนื่องกันมาหลายสิบล้านปี อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีในปัจจุบันยังคงไม่สามารถทำให้เครื่องจักรสามารถ “มองเห็นและรับรู้” ได้เทียบเท่ากับความสามารถของมนุษย์ ยกตัวอย่างเช่น ผู้อ่านที่เป็นมนุษย์ที่มีสภาพร่างกายปกติจะสามารถแยกแยะสิ่งของที่ต้องการจากกองสิ่งของหลายๆ อย่างได้ หรือสามารถแยกแยะหน้าคนที่คุ้นเคยได้จากกลุ่มคนที่อยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีฝนตกหรือ หมอกลงจัด การทำกิจกรรมดังกล่าวนั้นผู้อ่านจะสามารถทำได้โดยแทบจะไม่ต้องใช้ความพยายามมากเท่าไรนัก ซึ่งหากต้องการให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ประมวลผลมีความสามารถที่จะทำกิจกรรมดังกล่าวได้นั้น นอกจากจะต้องใช้ความพยายามเป็นอย่างมากแล้วยังต้องใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างกันระหว่างการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลภาพและสมองมนุษย์ ที่แม้อุปกรณ์ประมวลผลจะมีความเร็วในการประมวลผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่าสมองมนุษย์มากดังนั้นจะเห็นง่ายๆ จากการบวกเลข 20 หลักเข้าด้วยกันจะพบว่าคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันหรือแม้กระทั้งเครื่องคิดเลขธรรมดาทั่วไป จะสามารถทำงานดังกล่าวได้โดยใช้เวลาเพียงเศษเสี้ยววินาทีเท่านั้น ซึ่งต่างกับสมองของมนุษย์ที่เป็นหน่วยประมวลผลอย่างง่ายๆ อย่างไรก็ตามเนื่องจากหน่วยย่อย ของสมองมนุษย์เหล่านี้จำนวนมากมายมหาศาลและทำงานไปพร้อมๆกัน (Parallel Processing) แทนที่จะทำงานทีละขั้นตอน (Serial Processing) ซึ่งเป็นวิธีการการทำงานของอุปกรณ์ประมวลผลที่มีอยู่

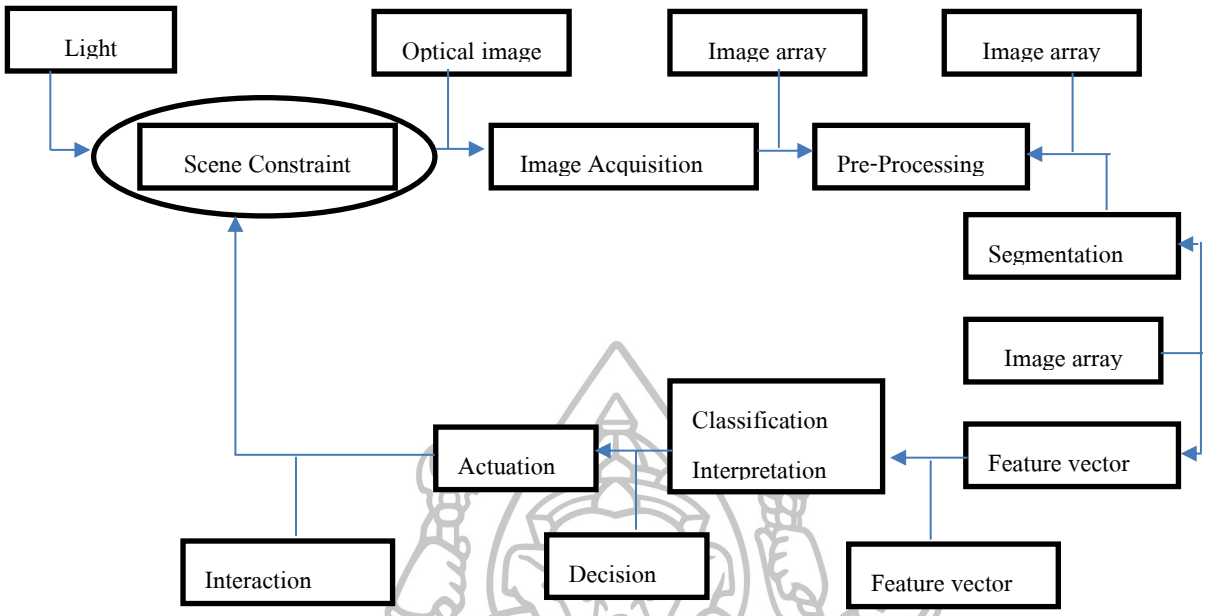
ในปัจจุบัน จึงทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของสมองมนุษย์สูงกว่าอุปกรณ์ประมวลผลที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นอย่างมาก

ระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติเป็นการนำเอาความรู้การมองด้วยคอมพิวเตอร์ไปประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมเพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีหัวข้อใน การตรวจสอบอยู่หลาย ๆ หัวข้อด้วยกัน เช่น การตรวจสอบการปนเปื้อนบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์การ ผิดเพี้ยนของสีของผลิตภัณฑ์ (Discoloring) การนับจำนวนชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่อยู่บนผลิตภัณฑ์เป็นต้น ซึ่งผลของการตรวจสอบดังกล่าวอาจจะใช้เพื่อคัดแยกงานดีออกจากงานเสีย หรือใช้เพื่อคัดเลือกเกรด ของชิ้นงานก็ได้เช่นกัน และจากความต้องการจากด้านอุตสาหกรรมที่ต้องการระบบที่สามารถทำงาน ได้รวดเร็วมากที่สุด ทำให้การทำงานของระบบอัตโนมัติซึ่งโดยหลักแล้วก็คือ การทำงานของ โปรแกรมที่อยู่ในตัวอุปกรณ์ประมวลผลจะต้องใช้เวลาที่สั้นที่สุด ดังนั้นวิธีการคำนวณต่างๆ จะต้องใช้เวลาให้น้อยที่สุด นอกจากนั้นความรู้ต่างๆ ที่มีอยู่ในผู้ที่ปฏิบัติงานกับผลิตภัณฑ์นั้นมาก่อนจะต้องถูกนำมาใช้เพื่อช่วยให้ระบบสามารถตัดการคำนวณที่ไม่จำเป็นออกไปให้ได้มากที่สุด ซึ่งขั้นตอนและส่วนประกอบโดยทั่วไปของระบบการมองด้วยคอมพิวเตอร์

โดยขั้นตอนและส่วนประกอบของระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์รวมถึงระบบประมวลผลด้วยภาพ ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. อุปกรณ์รับมูลภาพเช่น กล้องถ่ายภาพดิจิตอล
2. อุปกรณ์ช่วยในการรับข้อมูลภาพ เช่น เลนส์ขยายขนาดต่างๆ
3. อุปกรณ์กำเนิดแสง เช่นหลอดไป
4. อุปกรณ์ควบคุม การทำงานของอุปกรณ์ เช่น คอมพิวเตอร์
5. อุปกรณ์แสดงผล และส่งสัญญาณ เช่น หน้าจอแสดงผล
6. อุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ชุดหลอดไฟให้สัญญาณ

อุปกรณ์ที่กล่าวมาขั้นต้น เป็นอุปกรณ์ พื้นฐานสำหรับการสร้างระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญ และแต่ละอุปกรณ์ยังมีรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไปในการใช้งานกับระบบการมองเห็น



ภาพที่ 2.1 ผังแสดงลำดับการทำงานของ การประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system)

2.1.2. การจัดสภาพแวดล้อม (scene constraint)

จุดมุ่งหมายหลักของการจัดสภาพแวดล้อม คือ เพื่อลดความซับซ้อนในการ ประมวลผลให้มากที่สุด ทั้งนี้ก็เนื่องจากความสามารถของการมองเห็นและรับรู้ของอุปกรณ์ประมวลผลมีอยู่อย่างจำกัดเราจึงต้องช่วยลดความยุ่งยากของการประมวลผล ซึ่งเราสามารถทำได้หลายวิธีร่วมกัน ยกตัวอย่างเช่น

2.1.2.1. การจัดการกับชิ้นงาน ชิ้นงานแต่ละชิ้นที่จะถูกป้อนให้กับระบบตรวจสอบจะต้องถูกจัดให้วางตัวในทิศทางเดียวกัน

2.1.2.2. ระยะห่างระหว่างกล้องหรือเลนส์ถึงวัตถุและทิศทางของกล้อง ตัวแปรเหล่านี้จะต้องถูกกำหนดไว้ตายตัว มิฉะนั้นแล้วการวัดขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งจัดเป็นการตรวจสอบพื้นฐานของการตรวจสอบชิ้นงานก่อนจะทำการ ตรวจสอบในหัวข้ออื่นๆ ก้อจะผิดเพี้ยน

2.1.2.3. การจัดการเรื่องแสง แสงจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากจำเป็นจะต้องพิจารณาทั้งเรื่องการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสง การกระเจิงของแสง และ คุณสมบัติอื่นๆ สำหรับการตรวจสอบชิ้นงาน

นอกไปจากการจัดสภาพแวดล้อมในการทำงานให้กับระบบตรวจสอบชิ้นส่วนจาก ภาพแบบอัตโนมัติแล้ว งานบางประเภทอาจจะต้องมีการใช้ภาพจากกล้องหลาย ๆ ตัวเพื่อใช้ ตรวจสอบชิ้นงานจากหลาย ๆ มุมมอง บางกรณีอาจจะเป็นการใช้กล้องเพียงตัวเดียว แต่ตัวกล้อง สามารถ

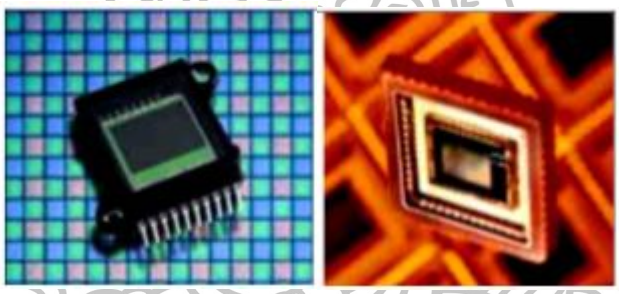
เคลื่อนที่ไปตามส่วนต่างๆ ของชิ้นงานได้ และสำหรับบางกรณีอาจจะมีการเก็บภาพของ วัตถุเดียวกันที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงหลายแหล่ง และ หลายประเภทก็เป็นได้

2.1.3. การดึงข้อมูลภาพ (image acquisition)

กระบวนการดึงข้อมูลภาพ คือ กระบวนการที่เริ่มตั้งแต่การถ่ายภาพโดยกล้อง ตลอดจน ถึงการดึงภาพซึ่งเป็นข้อมูลที่อยู่ในกล้องมาสู่คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ประมวลผล เพื่อที่จะได้ประมวลผลและตัดสินใจสั่งงานจากผลที่ได้ต่อไป กระบวนการดังกล่าวมีรายละเอียดปลีกย่อยที่สำคัญดังนี้

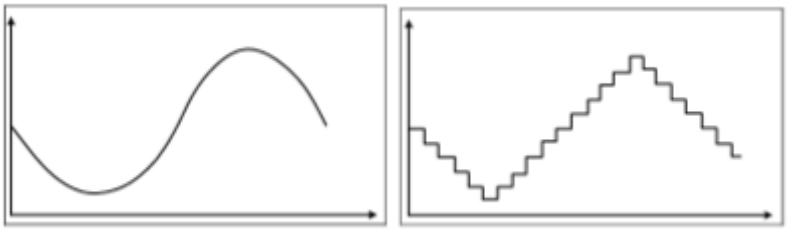
2.1.3.1. ประเภทของกล้องในปัจจุบันนั้นจะเป็นกล้องดิจิตอลโดยใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่เรียกกันว่า เซ็นเซอร์รับภาพเพื่อใช้ในการรับภาพ ซึ่งจะประกอบด้วยไดโอดที่มีความไวต่อแสง เรียงตัวกันอยู่เป็นจำนวนมาก ทันทีทันใดที่แสงมีการตกกระทบไดโอดเหล่านั้น ไดโอดแต่ละตัวก็ จะทำการจดจำความเข้มแสงหรือความส่องสว่างของแสงที่ตกกระทบไดโอดแต่ละตัวไว้โดยปริมาณประจุไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวไดโอดจะแปรผันกับแรงดันตกคร่อมตัวไดโอดนั้น จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบ ซึ่งความเข้มแสงที่ได้จดจำไว้ในไดโอดแต่ละตัว จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปข้อมูลที่เป็นดิจิตอลและเก็บไว้ในหน่วย ความจำที่อยู่ในตัวกล้อง เพื่อรอส่งให้อุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกกล้องต่อไป กล้องสำหรับงานตรวจสอบชิ้นงาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ กล้องประเภทระบบการจับภาพเป็นพื้นที่ (area scan) และกล้องประเภท ระบบการจับภาพโดยสแกนเส้น (Line sensing system) ข้อแตกต่างระหว่างกล้องทั้ง 2 ประเภทนั้น คือ กล้อง ระบบการจับภาพโดยสแกนเส้นนั้นเซลล์รับภาพสำหรับรับความเข้มแสงจะเรียงตัวเป็นแถวยาว ทำให้การที่จะ สามารถจับภาพได้กล้องจะต้องมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กับวัตถุ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2-1 ข้อดีของ กล้องประเภทนี้คือจะให้ความละเอียดของภาพสูง ส่วนกล้องระบบการจับภาพเป็นพื้นที่เซลล์รับภาพจะมี การเรียงตัวกันอยู่ในพื้นที่ซึ่งเซลล์แต่ละเซลล์จะทำการแปลงค่าความเข้มแสงออกมาเป็นค่าตัวเลข ในเวลาพร้อม ๆ กัน กล้องประเภทนี้สามารถนำไปใช้ได้อย่างสะดวกง่ายดาย โดยที่ไม่จำเป็นต้อง ออกแบบให้มีการเคลื่อนไหวสัมพัทธ์ระหว่างตัวกล้องกับชิ้นงาน จึงทำให้กล้องชนิดนี้เป็นที่นิยม ใช้อย่างกว้างขวาง ตัวอย่างของเซ็นเซอร์รับภาพของกล้องแบบระบบการจับภาพเป็นพื้นที่นั้นดังแสดงในภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2 การทำงานของกล้องประเภท ระบบการจับภาพโดยสแกนเส้น (Line sensing system)



ภาพที่ 2.3 เซ็นเซอร์รับภาพของกล้องประเภท ระบบการจับภาพเป็นพื้นที่ (area scan) ของกล้องถ่ายภาพ ระดับสี (gray scale) และ ของกล้องถ่ายภาพ

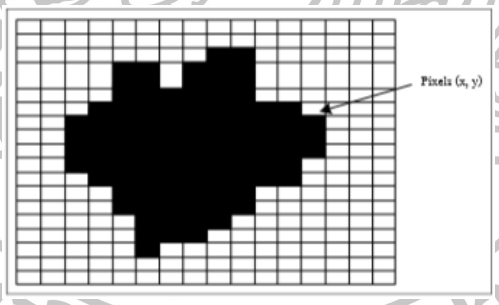
2.1.3.2 ภาพที่อุปกรณ์ประมวลผลมองเห็น ซึ่งจะประกอบด้วยเซลล์รับภาพ (pixel) จำนวนมาก เซลล์รับภาพแต่ละเซลล์จะทำหน้าที่แปลงความเข้มแสง ให้อยู่ในรูปของค่าสัญญาณ แรงดันไฟฟ้าซึ่งจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลอีกทีหนึ่ง ภาพที่ได้มาจากระบบอนาล็อกนั้นยังเป็นภาพแบบต่อเนื่อง ยังไม่สามารถนำมาใช้ในการ ประมวลผลได้ ต้องทำการแปลงให้เป็นภาพเชิงตัวเลขเสียก่อนด้วยวิธีการ digitization ซึ่งเป็น ฟังก์ชันต่อเนื่อง เพื่อที่จะสามารถนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ได้ ดังแสดงในภาพที่ 2-3 และภาพที่ 2.4 แบบ ก และ ข



ก.การแปลงภาพแบบต่อเนื่อง ข.การแปลงภาพเชิงตัวเลข

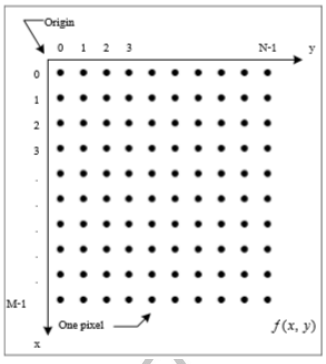
ภาพที่ 2.4 การแปลงภาพต่อเนื่องและการแปลงเป็นภาพเชิงตัวเลขจากวิธีการ digitization

โดยการแทนภาพด้วยข้อมูลแบบดิจิตอล ข้อมูลภาพเป็นข้อมูลที่ถูกดัดแปลงจากภาพแบบต่อเนื่องให้อยู่ในรูปตัวเลข ด้วยวิธีการ digitization จะถูกแบ่งเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ที่เรียกว่า เซลล์รับภาพ (pixel) โดยแต่ละ เซลล์รับภาพ จะใช้พิกัดในการระบุตำแหน่ง การแสดงข้อมูลสามารถแสดงได้ในรูป ของเมทริกซ์(matrix) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างภาพและ เซลล์รับภาพแบบเมทริกซ์ (pixels matrix) ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างภาพกับ pixels matrix

ค่าของเซลล์รับภาพ ณ จุดใด ๆ จะแสดงค่าความเข้มของแสง ซึ่งมีได้หลายระดับ ถ้ามี 2 ระดับเป็นไปได้ คือ 0 กับ 1 ถ้าแยกระดับแสงออกมาจะเป็นมาสี 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (ระบบสี RGB) อยู่ซ้อนกันในหนึ่งเซลล์รับภาพ กรณีภาพนั้นเป็นภาพขาวดำขนาด 8 บิต จะมีความยาว N หรือเทียบเท่ากับ 256 คือค่า 0 ถึง 255 หมายถึงระดับความละเอียดของภาพ



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างการแสดงค่า เซลล์รับภาพแบบเมทริกซ์ (pixels matrix)

สำหรับภาพ ระดับสีของภาพ (gray scale) ที่อุปกรณ์ประมวลผลมองเห็น มีลักษณะเป็นอาร์เรย์2 มิติโดย ค่าแต่ละช่องของอาร์เรย์จะแทนความเข้มแสงซึ่งจะเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง (discrete value) เนื่องจากเป็น การทำงานของอุปกรณ์ดิจิตอลซึ่งจะเป็นการสุ่มขนาดของความเข้มแสงที่ตกกระทบ (amplitude sampling) และโดยทั่วไปค่าความเข้มแสงนี้จะมีค่าระหว่าง 0-255 เท่านั้น เมื่อนำค่าใน เซลล์รับภาพแบบเมทริกซ์ ($f(x, y)$) มาแสดงในรูปของเมทริกซ์ ซึ่งเป็นตัวอย่างภาพที่มีจำนวนแถวหรือความ สูงของภาพเท่ากับ M แถว และมีจำนวนหลักหรือความกว้างของภาพเท่ากับ N หลัก

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

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

สำหรับกรณีของภาพสีนั้น ข้อมูลของภาพจะเป็นอาร์เรย์2 มิติ จำนวน 3 อาร์เรย์ ด้วยกัน และโดยทั่วไปอาร์เรย์เหล่านี้ จะเก็บค่าความเข้มของสีแดง เขียว น้ำเงิน ตามลำดับ ซึ่งแต่ละ ช่องอาร์เรย์เหล่านี้ก็จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เช่นกัน ดังนั้นการแทนสีที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติ ของอุปกรณ์ประมวลผล จะแทนด้วยค่าความเข้มสี ณ ตำแหน่งเดียวกันของอาร์เรย์ทั้งสามมาผสม กัน สำหรับในทางปฏิบัตินั้น หากพิจารณาในแง่ของโปรแกรมการส่งข้อมูลภาพจากกล้องมาสู่คอมพิวเตอร์ จะไม่ได้อยู่ในรูปอาร์เรย์2 มิติ แต่จะอยู่ในรูป การรับและส่งข้อมูล (byte stream) ที่

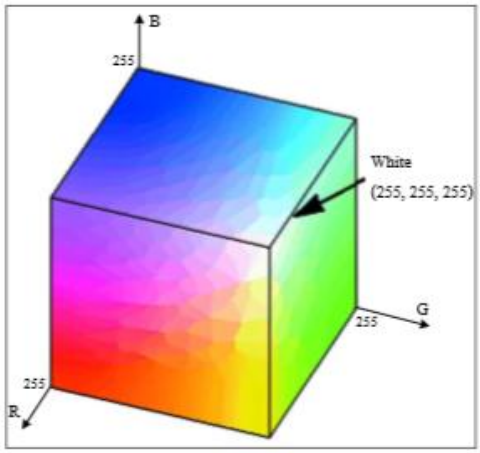
เป็นข้อมูลที่มีความ ต่อเนื่องเรียงกัน ดังนั้นโปรแกรมจะต้องจัดเรียงข้อมูลที่มีความต่อเนื่องกันเหล่านี้ให้อยู่ในรูป อาร์เรย์2 มิติเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงตำแหน่งของข้อมูลของกระบวนการ ต่อไปนั่นเอง

วัตถุที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้าง ขึ้นมีรูปร่างที่แตกต่างกันไป ทั้งที่เป็นรูปทรงเรขาคณิตและไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต ในศาสตร์ของ การประมวลผลภาพนั้น การกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยมเป็นวิธีที่นิยมใช้ กันมากที่สุด เนื่องจากทำให้การอ่านภาพ การจัดเก็บข้อมูลภาพในหน่วยความจำ และการแสดงภาพ ออกทางอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำของ คอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยการจองหน่วยความจำของเครื่องไว้ในรูปของตัวแปรอาร์เรย์ เนื้อที่ ในการเก็บภาพสามารถคำนวณได้จาก M×N×g เมื่อ g เป็นจำนวนเต็มที่แทนจำนวนบิตของข้อมูล ในแต่ละจุดภาพ ตัวอย่างถ้า g มีค่าเท่ากับ 8 บิตเราจะสามารถเก็บความแตกต่างของระดับสีที่เป็นไป สูงสุด 256 ระดับ ค่า M และ N จะเป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ สำหรับคอมพิวเตอร์ทั่วไป ในระบบ VGA (video graphic array) จะมีขนาด 640×480 800×600 และ 1024×768 จุดเป็นต้น การกำหนดความละเอียดจะขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้ ในงานบางอย่างใช้ความละเอียดแค่30×50 จุด ก็ พอแล้วแต่ในงานบางชนิด ใช้ความละเอียดถึง 1000×1000 จุด ก็ยังไม่พอจำนวนสีสูงสุดที่เป็นไป ได้ของแต่ละจุดภาพขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้ เมื่อมีการกำหนดให้ขนาดของบิตต่อจุดมากขึ้น จะทำให้จำนวนของสีมากขึ้นด้วย

สำหรับการแสดงข้อมูลภาพที่มีขนาด 1 บิตและ 8 บิตนั้นจะมีการทำงานที่จะ ใกล้เคียงกัน เนื่องจากหน่วยประมวลผลจะไม่สามารถจัดการกับข้อมูลที่เป็นบิตเดี่ยว ๆ ได้ดังนั้นใน การแสดงข้อมูลออกทางจอภาพตัวโปรเซสเซอร์จะทำการก็อปปี้ข้อมูลทั้ง 8 บิต (1 byte) ส่งให้กับจอภาพซึ่งในกรณีที่เซลล์รับภาพมีขนาด 1 บิต เมื่อโปรเซสเซอร์จะทำงานกับบิตแรกที่ต้องการแล้วก็จะทำการก็อปปี้ข้อมูลชุดใหม่ทันทีโดยที่ไม่เกี่ยวกับข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือส่วนในกรณี เซลล์รับภาพที่มีขนาด 8 บิต โปรเซสเซอร์จะทำการก็อปปี้ข้อมูลจุดใหม่ก็ต่อเมื่อโปรเซสเซอร์ทำงานกับทุกบิตแล้ว ตัวอย่าง สำหรับระบบที่มีความละเอียดเท่ากับ 800 ×600 และมีขนาด 16 บิตต่อ pixel จะสามารถแสดงสีได้ ทั้งหมด 65536 ระดับและต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บเท่ากับ 800×600×16 บิต

2.1.3.3 ระบบสี (color model) มาตรฐานของสีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ แต่โดยทั่วไปแล้วทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในช่องว่าง 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในช่องว่างซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ตัวอย่างเช่น (Rafael, 1993) ในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แกนสีแดง เขียว และน้ำเงิน เมื่อนำแม่สีเหล่านี้มาผสมกันก็จะได้ผลลัพธ์เป็นสีอื่น ดังภาพที่ 2.7 ในระบบ HLS จะมี

แกนเป็นค่าสี (hue) ความสว่าง (lightness) และความบริสุทธิ์ของสี (saturation) ตัวอย่างระบบสีที่นิยมใช้กันได้แก่ ระบบ RGB HSV (hue saturation value) และ HLS (hue lightness saturation)



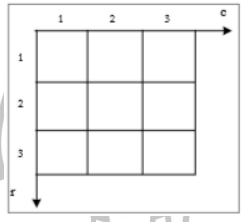
ภาพที่ 2.7 ระบบสี RGB (red, green และ blue)ระบบสี (grayscale) คือระบบที่มีค่าของสีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงินเท่ากัน ภาพจึง ออกมาในโทนสีขาวดำดังแสดงในภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 ระบบสี (grayscale)

การแปลงระบบสี RGB เป็นระบบสี (grayscale) นั้นจะทำการคิดคำนวณค่าในแต่ละ จุดสี โดยแทนค่า RGB ทั้งสามค่าใหม่ตามสมการเมื่อค่าของสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินเท่ากัน หมดแล้วจึงได้เป็นสีแบบระบบสี (grayscale)

2.1.3.4. ลักษณะและความหมายของพิกเซลในโลกของภาพกราฟิกที่ถูกใช้ในงานคอมพิวเตอร์หน่วยพิกเซล ถือเป็นหน่วยย่อยเล็กที่สุดของรูปภาพ ซึ่งเป็นจุดเล็ก ๆ ที่รวมกันทำให้เกิด เป็นภาพ ภาพหนึ่งจะประกอบด้วยจำนวนพิกเซลหรือจุดมากมายซึ่งในแต่ละภาพที่สร้างขึ้นจะมี ความหนาแน่นของจุดหรือพิกเซลเหล่านี้ที่แตกต่างกันไป ความหนาแน่นของจุดนี้เป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ โดยมีหน่วยเป็น PPI (pixel per inch) คือ จำนวนจุดต่อนิ้ว ซึ่งพิกเซลมีความสำคัญต่อการสร้างภาพของคอมพิวเตอร์มาก เพราะทุกส่วนของภาพกราฟิก เช่น จุด เส้น แบบลาย และสีของภาพนั้นเริ่มจากพิกเซลทั้งสิ้น เมื่อเราขยายภาพก็จะเห็นเป็นภาพจุด โดยปกติแล้วภาพ

ที่มีความละเอียดสูงหรือคุณภาพดีควรจะมีค่าความละเอียด 300 ×300 PPI ขึ้นไป ยิ่งค่า PPI สูงขึ้นเท่าไร ภาพก็จะมีความละเอียดคมชัดมากขึ้นเท่านั้น ในทำนองเดียวกันจุดหรือพิกเซลแต่ละจุดก็จะแสดงคุณสมบัติทางสีให้แก่ภาพด้วย โดยแต่ละจุดจะเป็นตัวสร้างสีประกอบรวมกันเป็นภาพ ซึ่งอาจมีขนาดความเข้มและสีที่แตกต่างกันได้ ทำให้เกิดเป็นภาพที่มีสีสันต่าง ๆ ตัวอย่างการแสดงผลของอุปกรณ์แสดงผล (output devices) เช่น เครื่องพิมพ์แบบจุด (dot matrix) หรือแบบเลเซอร์ (laser) รวมทั้งจอภาพจะ เป็นการแสดงผลแบบอุปกรณ์แรสเตอร์ (raster devices) นั่นคือ อาศัยการรวมกันของเซลล์รับภาพแสดงออกมาเป็นภาพ



ภาพที่ 2.9 พิกัดของระบบภาพดิจิตอลที่มา

2.1.4. การประมวลผลภาพ

การมองเห็นของมนุษย์ เป็นสิ่งที่สำคัญและเป็น กลไกการรับภาพที่ซับซ้อนอย่างหนึ่ง ซึ่งจะให้ข้อมูลที่มีความจำเป็นสำหรับใช้ในงานได้ง่าย ตัวอย่างเช่น การจดจำวัตถุ และสำหรับงานที่มีความซับซ้อน ได้แก่ การวางแผน การตัดสินใจ การ ค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาทางด้านความคิด ดังคำสุภาษิตของจีนกล่าวไว้ว่า “รูปภาพ สามารถแทนคำได้เป็นพัน คำ” รูปภาพมีบทบาทมากสำหรับองค์กรต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ โทรทัศน์ ภาพยนตร์ซึ่งใช้ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนเป็นสื่อนำเสนอข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ สิ่งที่น่าสนใจ ของข้อมูลที่เกี่ยวกับการมองเห็นหรือข้อมูลภาพนั้นก็คือกระบวนการประมวลผลภาพ (image processing) โดยใช้ดิจิตอลคอมพิวเตอร์ ความพยายามทางด้านการประมวลผลภาพได้เริ่มต้นขึ้นใน ปี 1964 ณ ห้องทดลอง Jet Propulsion (pasasena california) ซึ่งได้นำกระบวนการประมวลผลภาพ มาใช้ในการพิจารณาภาพถ่ายดาวเทียมของดวงจันทร์ ต่อมาได้มีการตั้งสาขาทางวิทยาศาสตร์สาขา ใหม่มีชื่อว่าการประมวลผลภาพดิจิตอล หลังจากนั้นงานทางด้านการประมวลผลภาพก็พัฒนาขึ้น เรื่อย ๆ และใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับงานในหลาย ๆ ด้าน ตัวอย่างเช่นทางได้สื่อสาร โทรคมนาคม การสื่อสารทางโทรทัศน์ ทางด้านการพิมพ์ ทางด้านกราฟิก การแพทย์ และการ ค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์

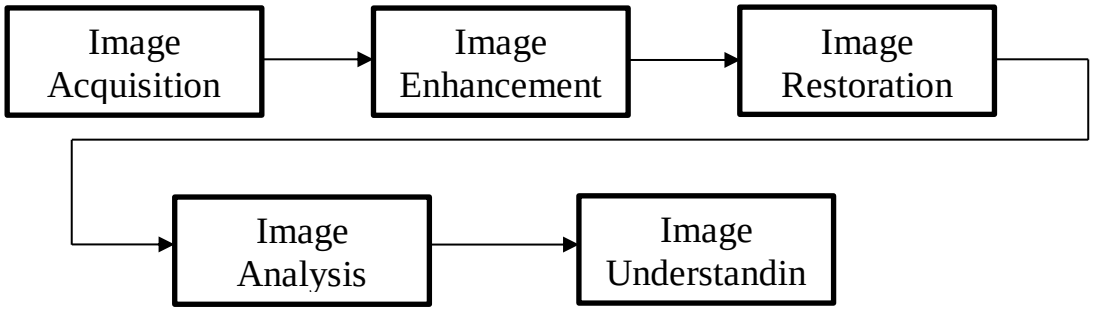
การประมวลผลภาพดิจิตอล เป็นซับคลาส (subclass) ของการประมวลผลสัญญาณ กล่าวคือ การประมวลผลสัญญาณภาพ ดิจิตอลเป็นการประมวลผลสัญญาณที่มีอินพุตของระบบ

เป็นภาพเท่านั้นโดยวัตถุประสงค์ของการ ประมวลผลภาพแบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ คือ การปรับปรุงคุณภาพเพื่อให้มนุษย์สามารถ มองเห็นรายละเอียดของภาพได้ชัดเจนมากขึ้นและเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถตีความภาพได้ ซึ่งการประมวลผลภาพดิจิตอลจะเกี่ยวกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอล ซึ้งสามารถที่จะนำเอาข้อมูลนี้จัดผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ได้ในระบบของดิจิตอล อินพุตและเอาท์พุต(Input and Output) ของระบบจะอยู่ในรูปแบบดิจิตอลเท่านั้น

โดยการวิเคราะห์ภาพดิจิตอล (digital image analysis) จะเกี่ยวกับวิธีการอธิบายและการจดจำข้อมูลภาพดิจิตอล ซึ่ง อินพุตของระบบจะเป็นข้อมูลภาพดิจิตอลและเอาท์พุตจะเป็นเครื่องหมายที่ใช้แทนข้อมูลภาพ ดิจิตอลเหล่านั้น ในการวิเคราะห์ภาพมีอยู่หลายวิธีด้วยกันที่ได้นำมาจากการทำงานของตามนุษย์ (human vision) นั่นก็คืองานทางด้าน คอมพิวเตอร์สำหรับงานจับภาพ (computer vision) เป็นลักษณะเดียวกับการวิเคราะห์ภาพดิจิตอล (digital image analysis) นั่นเอง โดยการมองเห็นของมนุษย์นับว่าเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งลักษณะเทคนิค โดยทั่ว ๆ ไปในกระบวนการการวิเคราะห์ภาพดิจิตอล และ คอมพิวเตอร์สำหรับงานจับภาพ จะค่อนข้างซับซ้อน เช่นกัน

2.1.4.1. การประมวลผลภาพดิจิตอล

การประมวลผลภาพดิจิตอล เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแปลงข้อมูลภาพให้ อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิตอลซึ่งสามารถที่จะนำเอาข้อมูลนี้ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ ภาพดิจิตอลซึ่งเป็นภาพที่ประกอบด้วยจุดภาพเล็ก ๆ จำนวนมากเรียกว่าพิกเซล โดยจะใช้ตัวเลขแทนค่าของระดับสีหรือระดับความสว่างของในแต่ละพิกเซล ซึ่งสามารถที่จะปรับแต่งเพื่อแสดงผลภาพตามต้องการได้ดังนั้นภาพดิจิตอลจึงมีข้อดีตรงที่สามารถนำมาประมวลผลและปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลด้วยกระบวนการต่าง ๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ได้ดังภาพลำดับขั้นตอน ภาพที่ 2-10



ภาพที่ 2.10 กระบวนการประมวลผลภาพ

การแบ่งชั้นการประมวลผลภาพตามกระบวนการ

1. Image representation และ image modeling คือ การสร้างภาพในแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์

2. Image enhancement คือ การปรับปรุงคุณภาพของภาพเพื่อแสดงผลผ่านจอโดย ไม่เปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในภาพ

3. Image restoration คือ การปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยใช้ข้อมูลที่ทราบสาเหตุ (minimize or remove known degradations) เช่น noise filtering หรือ correction of geometric distortion

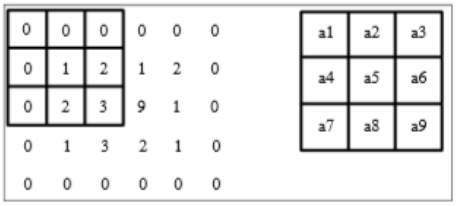
4. Image analysis คือ การอธิบายลักษณ์ต่าง ๆ ในภาพ เช่น ขนาด หรือ การหมุน ของวัตถุในภาพ

5. Image reconstruction from projection คือ การจำรองเรขาคณิตของการเกิดภาพ จากเซ็นเซอร์ (sensor)

6. Image data compression คือ การบีบอัดขนาดของภาพซึ่งมีขนาดใหญ่มากโดย คงคุณภาพ

2.1.4.2. การปรับปรุงรูปภาพ

การปรับปรุงรูปภาพ คือการนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณเพื่อให้ได้ภาพที่มี คุณสมบัติแตกต่างไปจากภาพเริ่มต้น เพื่อเน้นหรือลดทอนคุณสมบัติบางประการของภาพให้ได้ ภาพที่มีคุณสมบัติตามความต้องการ ภาพที่ได้ออกมาใหม่นั้นจะมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ มากขึ้น ซึ่งการปรับปรุงรูปภาพนี้ไม่มีรูปแบบที่แน่นอนที่จะบอกว่าวิธีใดดีที่สุด ทั้งนี้การจะตัดสิน ว่าควรใช้วิธีใดจึงขึ้นอยู่กับว่าจะนำภาพไปใช้ทำอะไร



ภาพที่ 2.11 การปรับปรุงภาพตัวอย่างภาพเริ่มต้นและหน้าต่างขนาด 3x3

จากภาพที่ 2.11 ซ้ายมือ เป็นรูปตัวอย่างของภาพเริ่มต้น ซึ่งค่าต่าง ๆ คือค่าของความ เข้มแสง เริ่มด้วยการกรองข้อมูลภาพโดยใช้หน้าต่างขนาด 3×3 ตามรูปขวามือครอบอยู่ที่มุม บนด้านซ้ายของภาพเริ่มต้น โดยจะให้จุดกึ่งกลางของหน้าต่างอยู่ที่ a5 โดยความเข้มแสง ณ จุด กึ่งกลางของหน้าต่างมีค่าเท่ากับ 1 ความเข้มแสงของจุดภาพในภาพผลลัพธ์ ณ ตำแหน่งที่ตรงกับ กึ่งกลางของหน้าต่างที่ครอบอยู่บนภาพเริ่มต้นนั้นสามารถคำนวณได้จากค่าความเข้มแสงของทุกจุด ในหน้าต่าง สิ่งที่ต้องระวังเมื่อจะทำการกรองภาพคืออย่าทำให้รายละเอียดที่สนใจขาดหายไป การกรองข้อมูลภาพมีหลายแบบ (Shi and Govindaraju, 2004) เช่น การกรองข้อมูลภาพโดยหาค่าเฉลี่ย (mean filtering) การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน การกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่าฐานนิยม (modal filtering) และการกรองข้อมูลภาพโดยใช้เกาส์เซียน (Gaussian smoothness filter) ซึ่ง Rafael and Richard, (1993) ได้อธิบายจำแนกวิธีการปรับปรุงรูปภาพจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ วิธีสปาเชียลโดเมน (spatial domain method) คือ การประมวลผลภาพในมิติระยะทาง ซึ่งจะทำการประมวลผลกับค่าที่อยู่ในแต่ละพิกเซลนั้นโดยตรง และวิธีฟรีเควนซีโดเมน (frequency domain method) คือ การประมวลผลภาพในมิติความถี่ซึ่งทำการประมวลผลกับภาพที่ถูกแปลงด้วย ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม (fourier transform)

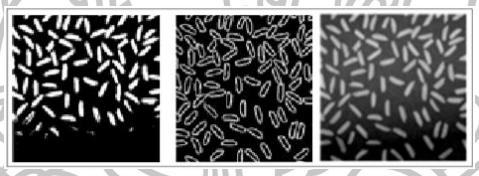
2.1.5. การแยกบริเวณ (segmentation)

กระบวนการนี้เป็นการแยกบริเวณของภาพที่มีลักษณะร่วมกันออกเป็นส่วน ๆ ซึ่งก็ คือการพิจารณาว่าพิกเซลที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น จัดเป็นของวัตถุใดที่อยู่ในภาพ หรือบริเวณใดที่ จัดเป็นฉากหลังนอกจากนั้นยังต้องมีการคำนึงถึงการเก็บข้อมูลของวัตถุที่แยกออกมาให้อยู่ใน รูปแบบใดจึงจะเหมาะสม สำหรับกระบวนการแยกภาพ นี้มีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี คือ

2.1.5.1. การแยกบริเวณโดยการใช้ค่า threshold ค่า threshold เป็นค่าที่เป็นจำนวนเต็มที่มี ค่าระหว่าง 0 ถึง 255 เช่นเดียวกับค่าความเข้มแสงของพิกเซลที่อยู่ในภาพ สำหรับการแยกบริเวณ โดยใช้ค่า threshold นั้น จะเป็นการแปลงภาพระดับสี ให้เปลี่ยนเป็นภาพที่มีเพียงสองระดับ (binary image) โดยการใช้เงื่อนไขว่าถ้าความเข้มแสงที่พิกเซลตำแหน่งใดมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่า

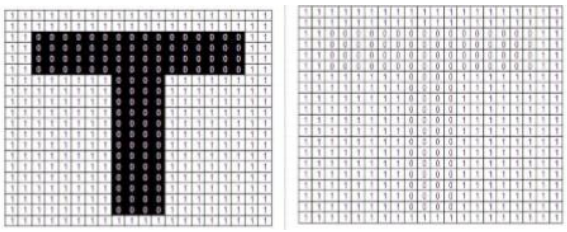
เกณฑ์การรับ (threshold) ให้พิกเซลในตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 0 หรือเปลี่ยนเป็นด้านมืดไป และถ้าพิกเซลใดมีค่าสูง กว่าค่าเกณฑ์การรับให้พิกเซลนั้นมีค่าเป็น 255 หรือเปลี่ยนเป็นด้านสว่างไป ซึ่งการแยกบริเวณด้วยเกณฑ์การรับ นี้ยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่ การใช้เกณฑ์การรับค่าเดียวกับภาพทั้งภาพ ซึ่ง เรียกกันว่า เกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานระดับสากล (global threshold) และการแบ่งภาพออกเป็นภาพย่อยที่มีขนาดเล็ก ๆ ซึ่งแต่ละภาพก็จะมี ค่าการรับสี เป็นของตัวเอง เรียกกันว่า เกณฑ์ที่เป็นมาตรฐานที่ยอมรับ (local threshold)

2.1.5.2. การแยกบริเวณโดยการใช้ขอบของวัตถุ (edge based segmentation) การแบ่งบริเวณโดยใช้วิธีนี้ จะต้องคำนวณหาขอบของวัตถุเสียก่อน ซึ่งขอบในความหมายของการประมวลผลภาพดิจิตอลนั้นคือ พิกเซลที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงเกินค่าที่กำหนดนั้นเอง โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถตรวจจับได้โดยการใช้ตัวตรวจจับขอบที่มีอยู่หลากหลายชนิด ซึ่งผลของการแยกบริเวณออกเป็นส่วน ๆ ทั้งสองวิธีนั้น ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 ลักษณะการแยกบริเวณการตรวจจับ

ผลที่ได้จากกระบวนการข้างต้นคือ ทำให้เกิดการแยกบริเวณที่เป็นวัตถุออกจาก บริเวณที่เป็นพื้นหลัง และขั้นตอนต่อไปจะทำการพิจารณาว่าพิกเซลใดบ้างที่มีการเชื่อมต่อกัน เพื่อที่จะได้จัดให้พิกเซลเหล่านั้นอยู่ในบริเวณหรือวัตถุเดียวกัน กระบวนการย่อยนี้เรียกว่า การเชื่อมต่อส่วนประกอบ (connected components labeling) ซึ่งผลที่ได้จากกระบวนการย่อยนี้ก็คือ จะทำให้เรารู้ว่าพิกเซลใน แต่ละตำแหน่งนั้น จัดเป็นของวัตถุชิ้นใด ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 การทำงานของกระบวนการย่อยที่ชื่อว่า connected components labeling

หลังจากที่ทราบว่าพิกเซลแต่ละตำแหน่งเป็นของบริเวณหรือวัตถุใดแล้ว ขั้นตอนที่ สำคัญต่อมาคือ จะเก็บพิกัดของพิกเซลเหล่านี้ได้อย่างไร สำหรับเรื่องนี้ก็จะมีประเด็นที่ต้อง พิจารณาอยู่ 2 เรื่องด้วยกันคือ

1. วิธีการเก็บพิกัดของกลุ่มพิกเซล
2. โครงสร้างของข้อมูล

2.1.6. การหาขอบภาพ (edge detection)

การหาขอบภาพ คือการตรวจสอบว่าเส้นขอบลาก ผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยวัดจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงของข้อมูลภาพในตำแหน่ง ที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว วิธีการหาขอบนั้นมีหลายวิธี แต่สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ คือ วิธี เกรเดียนต์ (gradient method) และวิธีลาปลาเซียน (laplacian method)

การหาขอบภาพเป็นการหาเส้นรอบวัตถุที่อยู่ในภาพดิจิตอล เมื่อทราบเส้นรอบวัตถุ ก็จะสามารถคำนวณหาขนาดของพื้นที่หรือจดจำชนิดของวัตถุนั้นได้ อย่างไรก็ตามการหาขอบภาพ ที่ถูกต้องสมบูรณ์นั้นเป็นเรื่องที่มีความยุ่งยากพอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหาขอบของภาพที่มีคุณภาพต่ำและมีความแตกต่างระหว่างพื้นหน้ากับพื้นหลังน้อย หรือมีความสว่างไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ ซึ่งขอบภาพเกิดจากความแตกต่างของความเข้มแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ถ้าหากความแตกต่างนั้นมีค่ามากขอบภาพก็จะเห็นได้ชัดเจน ถ้าความแตกต่างมีค่าน้อยขอบภาพก็จะไม่ชัดเจน เทคนิคเบื้องต้นในส่วนของการหาขอบภาพ (edge detection) ซึ่งพิจารณาการตรวจหาขอบภาพด้วยอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (first order derivative) ได้แก่ การหาขอบภาพด้วย Sobel, Prewitt และ Frei-Chen และอนุพันธ์อันดับที่สอง (second order derivative) ได้แก่ การหาขอบภาพด้วย laplacian เป็นต้น

2.1.7. การคำนวณหาคุณสมบัติของวัตถุ (feature extraction)

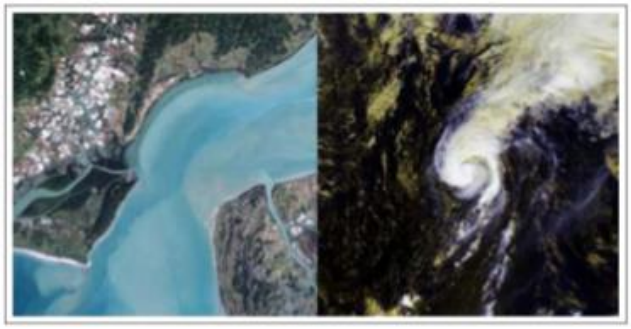
หลังจากที่เราแยกบริเวณที่อยู่ในภาพออกเป็นส่วน ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน และ ทำการจัดเก็บพิกัดของพิกเซลที่เป็นของบริเวณเดียวกันโดยเลือกใช้รูปแบบการเก็บที่เหมาะสมแล้ว เราจะทำการคำนวณหาหรือวัดค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของแต่ละบริเวณหรือของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในรูป เช่น การคำนวณหาพื้นที่ การหาเส้นรอบวงของวัตถุ หรือการหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ เป็นต้น ผลที่ ได้จากกระบวนการนี้คือ ค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของวัตถุแต่ละชิ้นที่อยู่ในภาพ ซึ่งถ้าหากนำมาจัดวางในรูปแบบเวกเตอร์ เราก็จะได้feature vector ที่เป็นการแสดงค่าคุณสมบัติทั้งหมดที่วัดจากวัตถุนั้น ๆ

2.1.8. การจำแนกวัตถุและการแปรความหมาย (classification and interpretation)

การจำแนก คือ กระบวนการจัดกลุ่มให้วัตถุที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น ว่าเป็นวัตถุที่อยู่ กลุ่มใด (Milan, Vaclav, and Rogar, 1998) โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวัดหรือการคำนวณซึ่งเป็นคุณสมบัติของวัตถุนั้น ๆ เปรียบเทียบกับคุณสมบัติของวัตถุตัวอย่าง สำหรับการตัดสินใจว่าจากคุณสมบัติของวัตถุที่กำลังพิจารณาเทียบกับคุณสมบัติของวัตถุตัวอย่างนั้น วัตถุที่กำลังพิจารณาจะจัดอยู่กลุ่มใดโปรแกรมจะทำหน้าที่ในส่วนของการคัดแยก (classifier) ซึ่งหากพิจารณาการเข้าออกของข้อมูลนั้น ตัว classifier จะรับ feature vector เข้าไป และให้หมายเลขหรือชื่อกลุ่มที่วัตถุที่กำลังพิจารณานั้น ๆ จัดว่าเป็นสมาชิกอยู่ออกมา classifier มีหลักการทำงานแตกต่างกันออกไป ในปัจจุบัน สำหรับงานวิจัยมี 2 วิธีที่ มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย คือ ระเบียบวิธีของ k-nearest neighborhood classifier ซึ่งเป็นตัว จำแนกที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบระยะห่างระหว่าง feature vector ของวัตถุกับของกลุ่มตัวอย่าง และ จะจำแนกวัตถุนั้น ๆ เข้ากับกลุ่มที่มีระยะทางใกล้ที่สุด classifier อีกแบบก็คือ โครงข่ายประสาท เทียม (artificial neural network ที่เป็นการจำลองการทำงานของสมองมนุษย์ ซึ่งผลของการจำแนกลักษณะ (classifier) นั้น จะทำให้สามารถทราบได้ว่าบริเวณที่แยกออกมานั้นเป็นวัตถุชนิดใด ซึ่งจะทำให้ สามารถตีความหมายภาพ และตัดสินใจสั่งการส่วนเคลื่อนไหวต่าง ๆได้

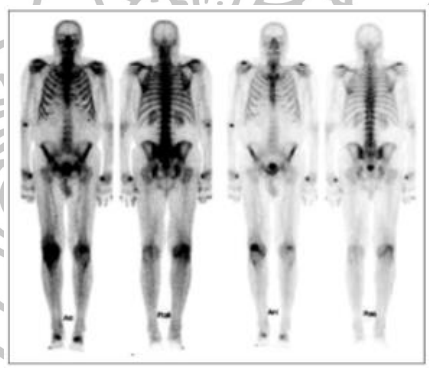
2.1.9. การใช้ประโยชน์ของการประมวลผลทางภาพ

สำหรับการประมวลผลภาพในปัจจุบันนั้นได้มีการพัฒนามากขึ้นเป็นอย่างมาก และ ได้ถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลาย สามารถพบเห็นการประยุกต์การใช้งานการประมวลผลภาพเพื่อ ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ภายในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ดังตัวอย่างเช่น การสำรวจทาง ระยะไกลโดยใช้ภาพดาวเทียมในการทำแผนที่ การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ การวิเคราะห์ผลผลิตการเกษตร และการอุตุนิยมวิทยา ดังภาพที่ 2.14 เป็นต้น



ภาพที่ 2.14 ภาพระยะไกลโดยใช้ดาวเทียม

การแพทย์ โดยมีการนำเทคนิคทางการประมวลผลทางภาพใช้ในการหลายดังภาพที่ 2.15 รูปแบบด้วยกันเป็นเวลานาน เช่น การทำCCT สแกนเพื่อตรวจความผิดปกติของอวัยวะภายในร่างกาย เช่น มะเร็ง



ภาพที่ 2.15 ภาพสำหรับการใช้งานทางการแพทย์

2.1.10. ปัจจัยที่เลือกศึกษาที่มีผลในการติดตั้งระบบวิชั่น

จากการสังเกต และปัญหาที่พบในการติดตั้งระบบวิชั่น ทุกครั้งที่มีการติดตั้งระบบวิชั่นทางผู้ผลิตระบบวิชั่นจำเป็นต้องมีการทดรองการติดตั้งระบบที่สถานที่จริง ทำให้เกิดปัญหาหลายอย่างที่ตามมา ทั้งด้านงบประมาณที่เกิดขึ้น ด้านเวลาในการปฏิบัติงานที่ต้องสูญเสียไปจากการติดตั้งระบบวิชั่น สายการผลิตต้องหยุดการทำงาน และ การเสียงบประมาณโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์หากการทดสอบระบบวิชั่นนั้นไม่สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง โดยทางผู้ศึกษาได้เลือกจากปัญหาที่เกิดขึ้นในหน้างานจริงเพื่อมาศึกษา หาขอบเขตของ ในการติดตั้งอุปกรณ์และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการติดตั้งระบบวิชั่นให้สามารถทำงานได้ และไม่เกิดความผิดพลาด

เพื่อให้งบประมาณที่เกิดขึ้นในการทดสอบในสถานที่จริงไม่เกิดการสูญเสียที่ไม่จำเป็น โดยผู้ศึกษาเลือกปัจจัยที่เกิดปัญหาขึ้นมาเพื่อศึกษาโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.10.1 ตำแหน่ง (Position) เป็นส่วนสำคัญในด้านการติดตั้งของระบบ เนื่องจากตำแหน่งในการติดตั้งหน่วยรับภาพ มีการเปลี่ยนแปลงตามลักษณะการทำงานของผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบ ซึ่งมีความหลากหลาย ทำให้ตำแหน่งในการติดตั้งระบบวิชั่นเป็นปัจจัยที่สำคัญ ของการติดตั้งระบบ โดยต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง และสะดวกในการดูแลรักษาระบบ

2.1.10.1. มุม (View) เป็นปัจจัยที่วิเคราะห์ในการติดตั้งเพื่อให้สามารถรับภาพได้อย่างชัดเจนและถูกต้องซึ่งการกำหนดมุมในการพิจารณาในการติดตั้งระบบวิชั่น ต้องไม่เอียงมากจนเกินไป และสามารถปฏิบัติงานได้ โดยไม่รบกวนการทำงานของกระบวนการผลิต

2.1.10.2. ความสว่าง (Brightness) เป็นปัจจัยที่ส่งต่อคุณภาพที่ได้จากการถ่ายภาพ รวมไปถึงความเร็วในการทำงานของระบบ

2.1.10.3. ประเภทของวัสดุ (Type of material) เป็นปัจจัยสำคัญในการจับภาพ เนื่องจากวัสดุแต่ละประเภทที่นำมาทดสอบให้ความละเอียดของการพิมพ์อักษรต่างกัน และการสะท้อนและผิววัสดุต่างกัน ทำให้ค่าความละเอียดที่ได้ในแต่ละวัสดุต่างกัน ทำให้ต้องมีการนำประเภทของวัสดุมาทำการทดลอง

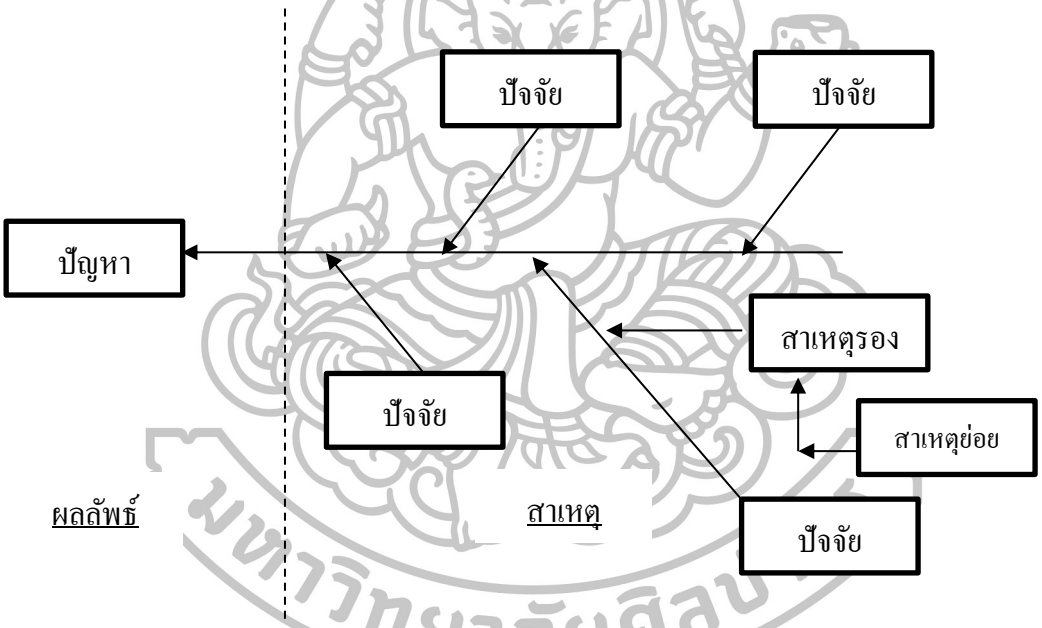
2.1.10.4. ระยะการมองเห็น หรือ ระยะโฟกัส (Focus)ระยะในการตรวจสอบก็มีความสำคัญในการติดตั้งระบบวิชั่น เนื่องจากหากมีระยะที่ไกล จะไม่สามารถทำงานได้ หรือหากมีระยะที่ใกล้กับวัตถุตรวจสอบ ก็จะไม่สามารถเห็นรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตรวจสอบนั้นได้หมด

มหาวิทยาลัยศิลปากร

2.1.11. การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในการติดตั้งระบบวิชั่น

เครื่องมือคุณภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์ในการช่วยระดมความคิดเพื่อระบุหาสาเหตุที่คาดว่าน่าจะส่งผลต่อปัญหานั้นได้แก่ แผนภูมิก้างปลา (C&E Diagram) เพื่อแก้ระบุปัญหา

เมื่อระบุได้แล้วว่าปัจจัยใดที่ส่งผลต่อปัญหาที่เราสนใจ ดังนั้นขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดค่าระดับในการทดลองของปัจจัยแต่ละตัว เช่น ที่ตำแหน่งการติดตั้งของระบบวิชั่นมีผลในการประมวลภาพ ที่ระดับ 30 45 และ 60 องศา เป็นต้นซึ่งการตั้งค่าระดับในการทดลองของปัจจัยนี้ต้องพึงระวังว่าต้องเลือกระดับความแตกต่างที่ไม่น้อยจนเกินไป เนื่องจากการที่เรากำหนดค่าระดับของปัจจัยในการทดลองที่แคบเกินไปหรือกว้างเกินไปอาจจะส่งผลให้เราไม่สามารถมองเห็นผลของการทดลองที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจนดังภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.16 แผนผังก้างปลา สำหรับวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น

2.1.12. **ความหมายของ OCR**

ย่อมาจาก Optical Character Recognition (OCR) ซึ่งเป็นกระบวนการของการแปลงสื่อสิ่งพิมพ์ เช่นกระดาษ นิตยาสาร สัญญา หรือข้อมูลอะไรก็ตามที่อยู่ในรูปของเอกสารกระดาษ ให้กลายเป็นเป็นข้อความ หรือให้มีความฉลาดมากขึ้นกว่าการเป็น ข้อความธรรมดา ก็คือสามารถบันทึกไปเป็นไฟล์ประมวลผลคำที่สามารถแก้ไขได้ง่าย และบันทึกเก็บไว้ได้ ด้วยเทคโนโลยีนี้ได้เปิดโอกาสให้สามารถเลือกใช้วัสดุ หรืออุปกรณ์อื่นๆเพื่อใช้ในการสำรองข้อมูล โดยพื้นที่ที่ใช้งานที่ก็ไม่ต้องมาก ซึ่งต่างกับการเก็บข้อมูลที่ยังคงอยู่ในรูปแบบของการะดาษ เทคโนโลยี OCR ได้ยัง

ผลกระทบเป็นอย่างมากกับแนวทางแห่งการจัดเก็บข้อมูล แบ่งปันข้อมูล และ แก้ไขข้อมูล ก่อนที่เทคโนโลยี (Optical Character Recognition) นี้เกิดขึ้น ถ้ามีคนต้องการเปลี่ยนหนังสือให้ไปเป็นข้อมูลในโปรแกรมการประมวลผลคำ แต่ละหน้าๆของหนังสือเล่มนั้น จะต้องพิมพ์คำแล้วคำเล่าจนครบ

เทคโนโลยี OCR ต้องการทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ นอกจากนี้ ระบบ OCR ที่มีความสลับซับซ้อน จำเป็นต้องใช้แผงวงจรเพิ่มเติม ติดตั้งไว้ในอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์เพื่อการอ่านข้อมูล OCR พิเศษเหล่านี้ เช่น เครื่องสแกนเอกสารเช็ค เป็นต้น เพื่อที่จะให้สามารถจบกระบวนการต่างๆได้ด้วยตัวเอง

เครื่องสแกนชนิดใช้แสงและเลนส์ (Optical scanner) จะสแกนข้อความบนหน้ากระดาษ แล้วแตกข้อมูลตัวอักษร มาสู่อนุกรมแบบจุด ซึ่งเรียกว่า “บิตแมป” ซอฟต์แวร์สามารถอ่านอักษรที่ใช้กันทั่วไปๆได้ และแยกแยะระหว่างเส้นเริ่มต้นและสิ้นสุด บิตแมปนี้สุดท้ายจะถูกแปลไปเป็นข้อความคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลต่อไป

2.2. การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression Analysis)

หลักการของการวิเคราะห์ความถดถอยแบบพหุคูณ ตัวแปรตาม (ตัวแปรเกณฑ์) จะเป็นตัวแปร เชิงปริมาณในขณะที่ตัวแปรอิสระ (ตัวแปรพยากรณ์) จะเป็นตัวแปรเชิงปริมาณเพียงอย่างเดียว หรืออาจ มีตัวแปรบางตัวที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรบางตัวเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มหรือเชิงคุณภาพ แต่ถ้าตัว แปรตามเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม จะต้องใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก ซึ่งยังคงมีวัตถุประสงค์ และแนวคิดเหมือนกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น คือ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระ และนำสมการที่ได้ไปประมาณหรือพยากรณ์ตัวแปรตาม เมื่อกำหนดค่าตัวแปรอิสระ

ประเภทของการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546)

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. Binary Logistic จะใช้เมื่อตัวแปรตาม Y เป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า (Dichotomous Variable)

2. Multinomial Logisticจะใช้เมื่อตัวแปรตาม Y เป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีค่ามากกว่า 2 ค่า เช่น ด้านการตลาด ในตลาดภาพยนตร์บริษัทผู้สร้างภาพยนตร์ต้องการพยากรณ์ว่าภาพยนตร์ประเภทใด จะเป็นที่นิยม

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก(กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546)

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่มีต่อโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ (ตัวแปรตาม) พร้อมทั้งศึกษาระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

2. เพื่อพยากรณ์โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ จากสมการที่เหมาะสม หรือใช้สมการโดยการ เลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมเพื่อทำให้เปอร์เซ็นต์ของความถูกต้องในการพยากรณ์มีค่าสูงสุด

เงื่อนไขของการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2546)

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก จะมีเงื่อนไขน้อยกว่าการวิเคราะห์การถดถอยแบบปกติ แต่ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกก็ยังมีเงื่อนไขหลายข้อดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ X's อาจจะเป็นข้อมูลชนิด Dichotomous (มีค่าได้ 2 ค่า) หรือเป็นสเกลอันตร ภาค (Interval Scale) และสเกลอัตราส่วน (Ratio Scale) ก็ได้

2. ค่าคาดหวังของค่าความคลาดเคลื่อนเป็นศูนย์หรือ E(e) = 0

3. e_iและ e_j เป็นอิสระกัน

4. e_iและ x_i เป็นอิสระกัน

5. ตัวแปรอิสระไม่ควรมีความสัมพันธ์กัน หรือไม่ควรเกิดปัญหา Multicolinearity

สำหรับเงื่อนไขของการวิเคราะห์การถดถอยแบบปกติ นอกจากจะมีเงื่อนไขทั้ง 5 ข้อข้างต้น จะต้องเพิ่มเงื่อนไขอีก 2 ข้อ คือ

1. ค่าคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ

2. ค่าแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนคงที่ หมายเหตุ การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกจะต้องใช้ขนาดตัวอย่าง n มากกว่าการ วิเคราะห์การถดถอยแบบปกติ โดยทั่วไป $n \geq 30p$ โดยที่ p เป็นจำนวนตัวแปรอิสระ

โมเดลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก(สวัสดิ์ชัย ศรีพนมธนากร, 2548)

ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว โมเดลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติก สามารถเขียนได้ดัง สมการ

$$\text{Prob}(event) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X}}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X)}}$$

$$\text{or Prob}(event) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_{0+}\,\beta_1 X)}}$$

เมื่อ β_0 และ β_1 เป็นสัมประสิทธิ์ที่ประมาณได้จากข้อมูล

X เป็นตัวแปรอิสระ

e เป็นล็อกธรรมชาติ (natural logarithms) มีค่าประมาณ 2.718

จากสมการข้างต้น เราสามารถเขียนสมการใหม่ได้เป็น

$$\text{Prob}(event) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

$$\text{or Prob}(event) = \frac{1^{e^z}}{1 + e^{-z}}$$

โดยที่ Z = $\beta_0+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+\ldots+\beta_p X_p$

และโอกาสของการไม่เกิดเหตุการณ์จะประมาณได้จากสมการ

Prob(noevent) =1− Prob(event)

ในการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น จะประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลโดยใช้กำลังสองน้อยที่สุดโดยคัดเลือกสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ทำให้ค่าผลรวมของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนในการทำนาย$(\sum(y - y')^2)$ มีค่าน้อยที่สุด ส่วนการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก จะประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยวิธี maximum-likelihood อันเป็นการคำนวณทวนซ้ำ (iterative algorithm) เพื่อให้ได้ค่าประมาณของ พารามิเตอร์ที่ใกล้เคียงกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากที่สุด

การทดสอบความถูกต้อง (goodness of fit) ของโมเดล (สวัสดิ์ชัย ศรีพนมธนากร, 2548)

การทดสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลในการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกทำได้ หลายวิธี เช่น การใช้ตารางจัดจำพวก ช่วยในการพิจารณาเปรียบเทียบผลการพยากรณ์จากโมเดลกับ ข้อมูลเชิงประจักษ์ หรือ การพิจารณาฮิสโตแกรมของค่าประมาณความน่าจะเป็น ซึ่งจะแสดงค่าจริง เปรียบเทียบกับค่าประมาณ หรือการพิจารณาภาวะแนบสนิทดีของโมเดล โดยพิจารณาค่า -2 log likelihood (-2LL) ซึ่งถ้าค่า -2LL มีค่าน้อย หรือเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่า โมเดลเหมาะสม และถ้าโมเดล เหมาะสม 100% ค่า likelihood จะเท่ากับ 1 และ (-2LL)จะเท่ากับ 0

ส่วนอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ คือ Hosmer-Lemeshow goodness-of fit ลักษณะการตรวจสอบความเหมาะสมของวิธีนี้ จะแบ่ง case ออกเป็น 10 กลุ่ม ๆ ละ พอ กัน โดยการแบ่งพิจารณาจากค่าประมาณ 196 ของโอกาสที่เหตุการณ์จะเกิด โดยใช้สถิติทดสอบไคสแควร์ซึ่งขนาดตัวอย่างต้อง

มากพอที่จะทำให้ จำนวน case ที่คาดหวังไว้ (Expected value : Ei ; i = 1,…,10) จะต้องมากกว่า 15 และไม่มีกลุ่มใดที่มี Ei = 1

$$x^2 = \sum_{i=1}^{10} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

ใช้ทดสอบ Ho :โมเดล เหมาะสม

แต่ถ้าขนาดตัวอย่างใหญ่ ค่าสถิติทดสอบ Hosmer-Lemeshow จะมีค่ามากด้วย ท้าให้อาจสรุปว่าปฏิเสธ Ho ทั้งที่โมเดลเหมาะสม ผู้ใช้จึงควรจะระมัดระวังนากรแปลผลด้วย

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัมประสิทธิ์ของโมเดลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก

การทดสอบสมมุติฐานว่า ค่าสัมประสิทธิ์ไม่เท่ากับ 0 จะใช้ Wald statistic ซึ่งมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ Wald statisticเป็นกำลังสองของอัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์กับค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์นั้น ถ้าเป็นตัวแปรจัดกลุ่ม (categorical varible) ซึ่งเป็นตัวแปร เชิงคุณภาพ Wald statistic มีdegree of freedom เท่ากับจ้านวนกลุ่มลบด้วย 1 ตัวอย่างเช่น สัมประสิทธิ์ ของตัวแปร AGE เท่ากับ -0.0693และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเป็น 0.0579 (ในคอลัมน์ S.E.) Wald statistic จะเท่ากับ (-0.0693 / 0.0579) หรือประมาณ 1.4322 นัยสำคัญของ Wald statistic แสดงใน คอลัมน์ Sig.จากตารางข้างต้น สัมประสิทธิ์ของ XRAY และ STAGE เท่านั้นที่ไม่เท่ากับ 0 อย่างมี นัยสำคัญที่ระดับ .05

สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2)

ค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R^2) เป็นค่าที่บอกสัดส่วน หรือเปอร์เซ็นต์ที่สามารถอธิบายความ ผันแปรใน logistic regression model ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับค่า (R^2) ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงในโปรแกรม SPSS จะนำเสนอ ค่า (R^2) ของ Cox&Snell และ Nahelkerke หรือเรียกว่า Pesudo

$$\text{Cox\&Snell } R^2 = 1 - [\frac{L(O)}{L(B)}]^{2/n}$$

โดยที่ L(O) คือ likelihood สำหนับโมเดลทีมีเพียงค่าคงที่

L(B) คือ likelihood สำหรับโมเดลที่มีตัวแปรอิสระตามที่กำหนด

$$\text{Negel ker ke } R^2 = \frac{\text{Cox\&Snell } R^2}{\text{Cox\&Snell } R^2 \max}$$

$$R^2 \max = 1 - [L(O)]^{2/n}$$

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก สามารถคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ (ตัวแปรอิสระ) ที่ดี ได้เช่นเดียวกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ซึ่งมีหลายวิธี ดังนี้

1. Enter เป็นเทคนิควิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการในขั้นตอนเดียว โดยผู้ใช้จะต้องเป็นผู้ ตัดสินในเองว่าตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือควรตะอยู่ในสมการการ ถดถอยโลจิสติก โดยอาจพิจารณาจากค่าสถิติทดสอบ Significance ของสถิติทดสอบหรืออาจอาศัย วรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรนั้นเป็นพื้นฐาน

2. forward: conditional เป็นเทคนิค Forward stepwise เทคนิคหนึ่ง โดยที่การทดสอบเพื่อเลือก ตัวแปรของสมการถดถอยโลจิสติกจะพิจารณาจากค่าความน่าจะเป็นขอ likelihood ratio statistic ที่ ขึ้นกับ conditional parameter estimates

3. Forward : LR เป็นเทคนิค Forward stepwise เทคนิคหนึ่ง โดยที่การทดสอบเพื่อเลือกตัวแปรของสมการถดถอยโลจิสติก จะต้องพิจารณาจากค่าความน่าจะเป็นของ likelihood ratio statistic ที่ขึ้นอยู่กับค่าประมาณ โดยวิธี maximum likelihood

4. Forward : Wald เป็นเทคนิค Forward stepwise เทคนิคหนึ่ง โดยที่การทดสอบเพื่อเลิกตัวแปรของสมการถดถอยโลจิสติก จะต้องพิจารณาจากค่าความน่าจะเป็นของสถิติ Wald

5. Backward : Conditional เป็นเทคนิค Backward stepwise เทคนิคหนึ่ง โดยที่การทดสอบตัวแปรของสมการถดถอยโลจิสติก จะขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นของ likelihood ratio statistic ที่ขึ้นกับค่า Conditional parameter estimates

6. Backward : LR เป็นเทคนิค Backward เทคนิคหนึ่ง โดยที่การทดสอบตัวแปรของสมการถดถอยโลจิสติก จะขึ้นอยู่กับค่าความน่าจะเป็นของlikelihood ratio statistic ที่ขึ้นกับค่าประมาณโดยวิธีmaximum likelihood

7. Backward : Wald เป็นเทคนิค Backward stepwise เทคนิคหนึ่ง โดยที่การสดสอบตัวแปรของสมการถดถอยโลจิสติก จะขึ้นกับค่าความน่าจะเป็นสถิติ Wald

2.3. งานวิจัยที่ความเกี่ยวข้อง

ประดิษฐ์ มิตราปิยานุรักษ์ (2538) ได้นำเสนอระบบการตรวจสอบภาพชิ้นงานอัตโนมัติสำหรับการตรวจสอบหาจุดบกพร่องของฉลากที่พิมพ์บนขวด โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นพื้นฐานในการพัฒนาระบบ ซึ่งระบบประกอบไปด้วย กล้องซีซีดี, การ์ดเก็บภาพ, จอวีดีโอมอนิเตอร์, แหล่งกำเนิดแสง, การ์ดดิจิตอลอินพุตเอาท์พุต และเครื่องคอมพิวเตอร์พีซี อัลกอลิทึมที่พัฒนาในการตรวจสอบมีสองแบบคือ แบบใช้หลักการเปรียบเทียบแบบจุดต่อจุดระหว่างภาพอ้างอิงที่ไม่มีจุดบกพร่องกับภาพที่ต้องการตรวจสอบ ผลการทดลองของทั้งสองแบบ แบบที่ 1 ให้ผลการทดสอบที่เร็วกว่าแต่ความแม่นยำน้อยกว่าแบบที่ 2 ซึ่งให้เวลาในการตรวจสอบนานกว่า

กิตติพงศ์ เงินถาวร และคณะ (2549) ได้ศึกษาและทดลองการตรวจสอบวัตถุ โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อตรวจจับความผิดปกติของวัตถุ โดยอาศัยการประมวลผลภาพของวัตถุต้นแบบ และวัตถุทดสอบมาใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของวัตถุ ระบบตรวจสอบวัตถุด้วยการ ประมวลผลภาพประกอบด้วยกระบวนการ 3 กระบวนการ ส่วนที่หนึ่งคือการออกแบบ กระบวนการในการหาความผิดปกติของวัตถุ ส่วนที่สองคือการจำลองการประมวลภาพ การ ปรับปรุงภาพ และตรวจสอบความผิดปกติของภาพพร้อมแสดงภาพผลลัพธ์ ส่วนที่สามคือการ พัฒนาชุดอุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณดิจิตอลให้สามารถประมวลผลภาพได้ จากผลการทดลองที่ได้ ชุดอุปกรณ์ประมวลผลสามารถตรวจจับความผิดปกติของภาพ ทดสอบเมื่อเทียบกับภาพ ต้นแบบ ระบบตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพนี้สามารถนำไปใช้แทนการตรวจสอบวัตถุด้วยสายตา ของมนุษย์ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม

ตติยะ ธรรมเจริญ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาระบบตรวจสอบวัตถุด้วยภาพโดย คำนึงถึงส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำการตรวจสอบคุณภาพ และประสิทธิภาพของชิ้นงานขั้นสุดท้ายก่อนที่จะส่งไปยังลูกค้า ระบบการตรวจสอบที่ดีนั้นช่วยใน การควบคุมคุณภาพ ความถูกต้อง ความแม่นยำ และประสิทธิผล ก่อนหน้านี้ การตรวจสอบชิ้นงาน โดยใช้คนในการตรวจสอบนั้น ซึ่งวิธีนี้เราพบปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ตัวอย่างเช่นทักษะในการ ทำงานของคนแต่ละคนไม่มีความเท่าเทียมกัน ความถูกต้องแม่นยำของชิ้นงานจะขึ้นอยู่กับ ประสบการณ์ในการทำงานในการตัดสินและแยกชิ้นงาน ซึ่งไม่มีมาตรฐานที่แน่นอนในการ ตรวจสอบชิ้นงานที่ผ่านมา ไม่เหมาะสมกับช่วงเวลาในการผลิตชิ้นงาน เพราะคนต้องมีการพักผ่อน มีการหยุดงาน ทำให้งานล่าช้าและชิ้นงานผิดพลาด หรือคุณภาพต่ำ อาจทำให้บริษัทถูกเรียกร้องได้ การแก้ไขปัญหาซึ่งใช้คนในการตรวจสอบชิ้นงานนี้ สามารถแก้ไขได้ด้วยภาพจับวัตถุ โดย กระบวนการนี้เรียกว่า “ระบบ

ตรวจสอบสกรูบนฮาร์ดดิสค์ไดร์ฟด้วยการประมวลผลภาพ” ระบบนี้ สามารถตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานที่ดีในส่วนการประกอบขั้นสุดท้าย โดยที่มีชิ้นที่ผิดพลาด และเสียน้อยมากเมื่อออกไปสู่ลูกค้า

กนิษฐา หงส์พรรคมนุญ และคณะ (2551) ได้ศึกษาและทดลองการตรวจสอบสกรูที่ฝาปิด ด้านบนของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งจากการทดลองนี้จะช่วยลดปัญหาความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ จากการตรวจสอบด้วยสายตาของมนุษย์โดยอาศัยการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้กับโครงงาน โดยนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาตรวจสอบและเปรียบเทียบเพื่อหาข้อแตกต่างระหว่างภาพของวัตถุ กับภาพต้นแบบระบบตรวจสอบความบกพร่องของชิ้นงานแบบอัตโนมัติโดยวิธีประมวลผล ภาพประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ส่วนที่หนึ่งคือการออกแบบกระบวนการการทำงานในส่วนการติดต่อ กับผู้ใช้ ส่วนที่สองคือการทดลองในส่วนการประมวลผลภาพและตรวจสอบระยะการลอยของสกรูบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟพร้อมแสดงผลลัพธ์ และส่วนที่สามคือกระบวนการทำงานในส่วนของการ ติดต่อกับฐานข้อมูล จากผลการทดลองที่ได้โปรแกรมสามารถตรวจสอบการลอยของสกรูบน ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟพร้อมแสดงผลลัพธ์ และยังสามารถติดต่อกับฐานข้อมูลเพื่อทำการเก็บค่าของ ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบ

จักรกริช ศรีงามผ่อง และคณะ (2552) ได้นำเสนอวิธีการตรวจหารอยบกพร่องหรือรอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นบนแผ่นข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ ในระหว่างขั้นตอนการทดสอบหัวอ่าน ซึ่งรอยขีดข่วนที่ เกิดขึ้นนี้อาจจะทำให้หัวอ่านเสียหายได้ โดยภาพแผ่นข้อมูลจะผ่านการประมวลผลภาพเบื้องต้น เพื่อให้ได้ภาพไบนารีของรอยบกพร่องต่าง ๆ จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์เพื่อแยกแยะต่อไปโดยเริ่ม จากการทำเลือกค่าขีดแบ่ง (thresholding) เริ่มต้นด้วยข้อมูลทางสถิติจากฮิสโทแกรมของภาพ และ ใช้วิธี region growing เพื่อให้ได้รอยที่ต่อเนื่องกัน จากนั้นจึงทำการกรองภาพด้วยหน้ากากซึ่ง ออกแบบมาให้กำจัดสัญญาณรบกวนและภาพที่ไม่ต้องการทิ้งไป โดยสร้างพื้นที่โดยรอบรอย เหล่านี้เพื่อพิจารณาความน่าจะเป็นและตัดสินใจในขั้นสุดท้าย ผลการทดลองในแต่ละขั้นตอน ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดในการนำหลักการและทฤษฎีการประมวลผลภาพที่ได้กล่าวมาในบทที่แล้วมาประยุกต์ในการออกแบบการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system) และศึกษาปัจจัยในด้าน ตำแหน่งติดตั้งกล้อง มุมที่ใช้ในการติดตั้ง ความเข้มของแสง วัสดุที่ใช้ในการตรวจสอบ และ ขนาดของเลนส์ โดยจะอธิบายถึงรายละเอียด และขั้นตอนในแต่ละขั้นตอนที่ทำการออกแบบไว้ รวมถึงแนวทางในการนำไปสร้างเครื่องต้นแบบ ซึ่งจะสามารถแบ่งเป็น 3 ส่วนหลักๆ ด้วยกันคือ ส่วนที่ 1 แผนการศึกษา โดยจะแบ่งเป็นรายละเอียดย่อยๆต่อไป ส่วนที่ 2 การออกแบบอุปกรณ์ เป็นการออกแบบเครื่องมือเพื่อใช้ศึกษาระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system) ในสภาวะที่กำหนดขึ้น โดยอุปกรณ์ นี้จะช่วยให้การทดลอง สามารถควบคุมตัวปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ และสะดวกต่อการทดลอง ส่วนที่ 3 การประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์ และระบบที่ทำการออกแบบ รวมถึงการทดสอบสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ของสมการ

3.1. แนวคิดในการออกแบบการศึกษา และการทดลอง

3.1.1. ส่วนที่ 1 การออกแบบอุปกรณ์การทดลอง

จากการปัญหาที่เกิดขึ้นในการประกอบระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system) ทำให้ทราบว่าการติดตั้งระบบในแต่ละสภาพแวดล้อมมีความต่างกันในด้านของตำแหน่ง มุมที่ติดตั้ง ความสว่างที่อยู่ในบริเวณหน้างาน และการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิตที่ประจำตำแหน่งอยู่หน้าสถานที่ ปฏิบัติงานไม่สะดวก ทำให้ต้องมีการออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถหลีเลี่ยงสิ่งเหล่านี้ได้ ทำให้ผู้ศึกษาทำการออกแบบสแตน (Station) ในการทดสอบครั้งนี้โดยพิจารณาในการออกแบบคือ

1. สามารถติดตั้งในหน้างานได้ทุกตำแหน่งของเครื่องจักร หรือสายการผลิตโดยออกแบบให้มีคุณสมบัติที่มีน้ำหนักเบาจากโครงสร้างอะลูมิเนียม มีความแข็งแรง หาง่ายในท้องตลาด ประหยัดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system)

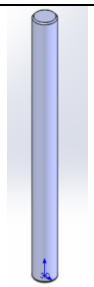
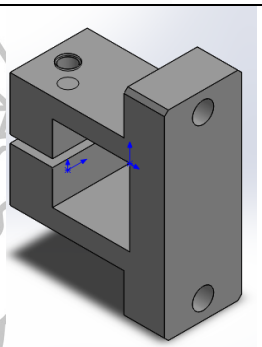
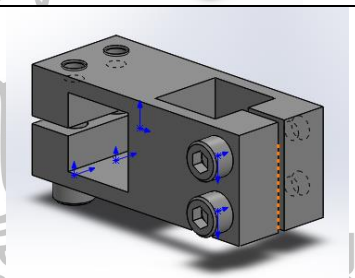
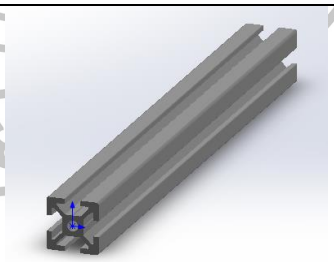
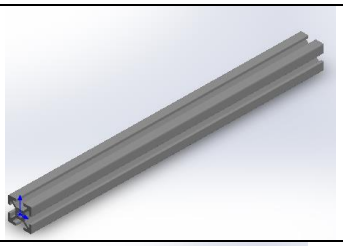
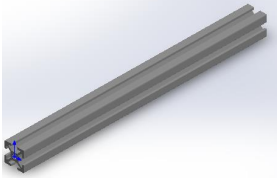
2. สามารถควบคุม และกำหนดทิศทางในการติดตั้งกล้องให้สามารถถ่ายภาพได้ทุกมุม เพื่อความสะดวกในการติดตั้งระบบ

3. ควบคุมระยะห่างระหว่างชิ้นงานที่ได้มาตรฐานในการเก็บข้อมูลที่ได้จากทดลอง

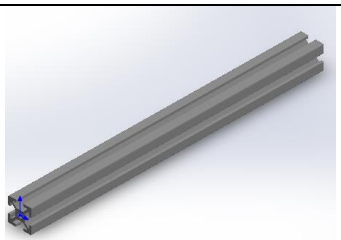
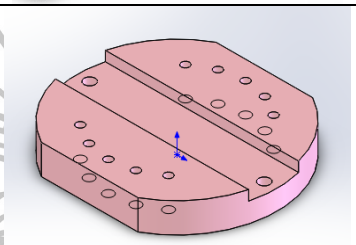
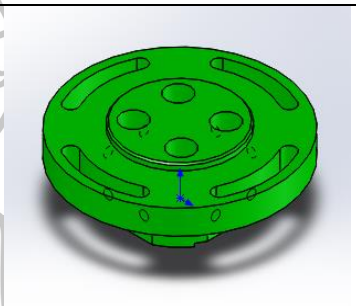
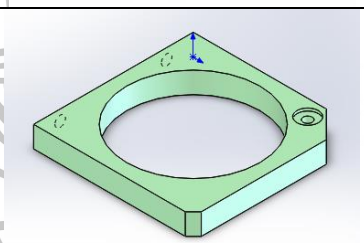
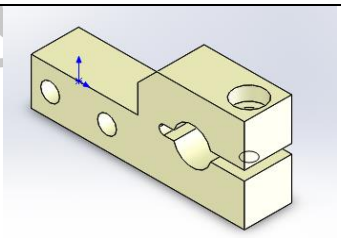
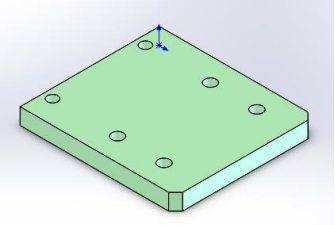
4. สามารถควบคุมปัจจัยต่างๆให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม และสะดวกในการทดลอง

การทดลองนี้ได้ออกแบบอุปกรณ์ด้วยโปรแกรม SolidWorks 2013 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่เป็นที่ยอมรับและนิยมใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์กันอย่างแพร่หลายทางด้านวิศวกรรม โดยมีรายละเอียดของชิ้นส่วนดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ

รายการ	รายละเอียด	รุ่น	ลักษณะ	จำนวน
1	Shaft	PSFJT8-100		1
2	Bracket	CLTQAM20		1
3	Strut Clamp	HLQQD20		3
4	AL Profile 1	HFS5 2020 200		1
5	AL Profile 2	HFS5 2020 250		1
6	AL Profile 3	HFS5 2020 275		1

ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ (ต่อ)

รายการ	รายละเอียด	รุ่น	ลักษณะ	จำนวน
7	AL Profile 4	HFS5 2020 300		1
8	Plate Rotary	TH-001		1
9	Support Camera	TH-002		1
10	Support AA	TH-003		1
11	ARM	TH-004		1
13	Support	TH-005		1

โดยมีรายละเอียดของอุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้องในระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system) มีรายการดังนี้

1. อุปกรณ์ถ่ายภาพ หรือ กล้อง CMOS ที่จะนำมาทดสอบระบบวิชั่น พร้อม สายไฟชุดสำหรับประกอบกล้อง CMOSสำหรับถ่ายภาพละเอียด ทำหน้าที่ถ่ายภาพและส่งข้อมูลเข้าระบบวิชั่น

ภาพที่ 3.1 กล้อง CMOS สำหรับถ่ายภาพวัตถุ หรือชิ้นงานที่มีขนาดเล็กที่มีความละเอียดของภาพอยู่ที่ 5 ล้านพิกเซล

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของอุปกรณ์ กล้อง (CMOS Module DFK72BUC02)

Color format	Y800, RGB32
Dynamic range	8 bit
INTERFACE (OPTICAL)	
IR cut filter	yes
Sensor specification	Micron MT9P031
Shutter	Rolling
Format	1/2.5 "
Resolution	H: 2592, V: 1944
Pixel size	H: 2.2 µm, V: 2.2 µm
Lens mount	C/CS
INTERFACE (ELECTRICAL)	
Interface	USB
Supply voltage	4.5 to 5.5 VDC
Current consumption	approx 250 mA at 5 VDC
INTERFACE (MECHANICAL)	
Dimensions	H: 36 mm, W: 36 mm, L: 25 mm
Mass	70 g
ADJUSTMENTS (MAN)	
Shutter	1/10000 to 30 s
Gain	0 to 18 dB
White balance	-6 dB to +6 dB
ADJUSTMENTS (AUTO)	
Shutter	1/10000 to 30 s
Gain	0 to 18 dB
White balance	-6 dB to +6 dB
ENVIRONMENTAL	
Max. temperature (operation)	-5 °C to 45 °C
Max. temperature (storage)	-20 °C to 60 °C
Max. humidity (operation)	20 % to 80 % non-condensing
Max. humidity (storage)	20 % to 95 % non-condensing

2. อุปกรณ์ขยายกำลังการถ่ายภาพ หรือ เลนส์ เป็นอุปกรณ์ขยายในการจับภาพของตัวอักษรที่ต้องการทดสอบโดยมีขนาดตามวัตถุประสงค์ในการทดลอง

ภาพที่ 3.2 เลนส์ เมก้า พิกเซล (Mega Pixel) สำหรับขยายภาพวัตถุ หรือชิ้นงานที่มีขนาดเล็กที่มีกำลังขยาย 4 ระดับ

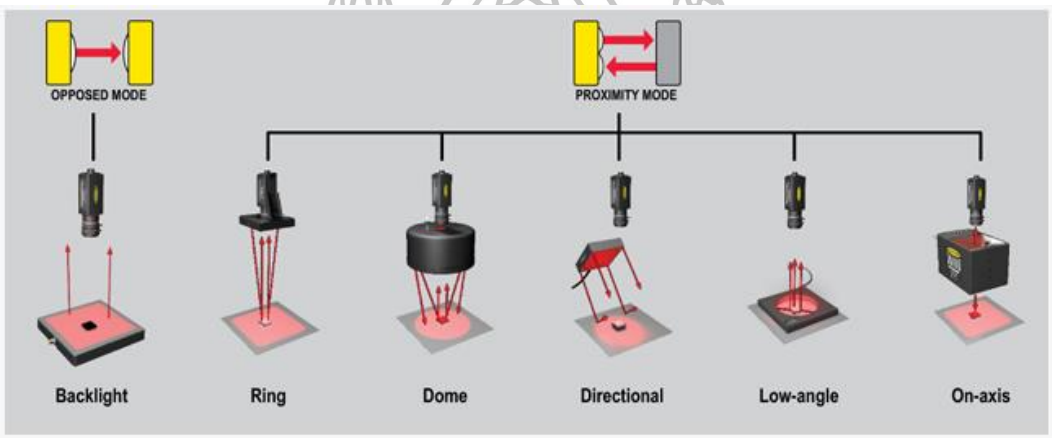
ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของอุปกรณ์ เลนส์ (Mega Pixel Machine Vision CCTV Lens)

Model	Focal Length f(mm)	Camera Mount (mm)	MOD without extension ring	FNO	Max. Sensor Size
SV-0814H	8	C-Mount	100	1.4-16	2/3"
SV-1214H	12	C-Mount	100	1.4-16	2/3"
SV-1614H	16	C-Mount	150	1.4-16	2/3"
SV-3514H	35	C-Mount	300	1.4-16	2/3"

3. อุปกรณ์กำเนิดแสง (Lighting) เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการช่วยให้ระบบวิชั่นมีประสิทธิภาพในการทำงานเนื่องจากเป็นปัจจัยที่ส่งผลในการถ่ายภาพ ทำให้มีรายละเอียดเพิ่มขึ้น การที่จะมองเห็นภาพชัดเจนหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแสงเป็นส่วนสำคัญ แสงเดินทางจากแหล่งกำเนิดแสง (Light Source) ไปยังวัตถุ (Object) เมื่อแสงกระทบกับวัตถุจะมีการสะท้อนกลับมาที่ตาของเราหรือในที่นี้คือตัวกล้องแมชชีนวิชั่นนั่นเอง ความคมชัดของภาพที่เห็นขึ้นอยู่กับว่าวัตถุนั้นๆ ดูดซับหรือสะท้อนแสงกลับได้เท่าไหร่ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพ รูปร่าง และสีของวัตถุ เพราะฉะนั้นการเลือกแหล่งกำเนิดแสงในงานของวิชั่นเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในระบบแมชชีนวิชั่นนั้นจะบันทึกภาพตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพไว้ในตัวกล้อง ซึ่งเป็นการสอนให้แมชชีน (Machine) รู้หรือจำภาพได้ ทำโดยอาศัยภาพต้นแบบ (Template) ซึ่งได้จากการคัดเลือกภาพที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจาก ความคมชัด , ความสมบูรณ์ และความสว่างของภาพ มาเป็นตัวเปรียบเทียบกับภาพปัจจุบัน โดยแมชชีนวิชั่น ในการประมวลผลข้อมูลภาพเป็นเครื่องมือตัดสินใจ ซึ่งภาพต้นแบบจะต้องสามารถเป็นตัวแทนของภาพทั้งหมดได้ เพราะฉะนั้นการที่เราเลือกใช้แสงให้ถูกต้องและ

ควบคุมแหล่งกำเนิดแสงให้คงที่ในขณะที่บันทึกภาพต้นแบบและในขณะที่เดินเครื่องการผลิตจะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมคุณภาพการผลิต

4. วิธีการเลือกประเภทแหล่งกำเนิดแสงสำหรับวิชั่น ในการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงนั้น เราสามารถแบ่งประเภทของแหล่งกำเนิดแสงได้เป็น 2 แบบคือ OPPOSED MODE และ PROXIMITY MODE ซึ่งแต่ละแบบก็จะใช้กับชิ้นงานแต่ละประเภทแต่งต่างกันไปแล้วแต่ความเหมาะสมของชิ้นงาน ไม่ว่าจะเป็น รูปร่าง พื้นผิว พื้นผิวสี และ เงา ร่วมไปถึงการสะท้อนของชิ้นงานโดยแสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การเลือกแหล่งกำเนิดแสงให้เหมาะสมกับชิ้นงาน

ปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงสำหรับวิชั่น

ปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงสำหรับวิชั่น นั้นมีอยู่หลายแบบมากในเล่มนี้ผมขอแบ่งเป็น 3 ข้อ หลักที่จะต้องใช้ในระบบวิชั่น

1. รูปทรงและรูปร่างของแหล่งกำเนิดแสง รูปทรงและรูปร่างของแหล่งกำเนิดแสง สำคัญมากในระบบวิชั่น ควรเลือกให้เหมาะสมกับชิ้นงาน ดูว่าเราจะตรวจสอบ ผลิตภัณฑ์แบบใด ไม่ว่าจะเป็นด้านบนด้านข้างหรือด้านหลัง เพราะจะช่วยเรื่อง

1.1. เพิ่มความคมชัดของชิ้นงานให้มากขึ้น

1.2. ลดแสงสะท้านของวัตถุลดการเกิดจุดสะท้อน

2. เทคนิคการจัดแสงในระบบวิชั่น เทคนิคการจัดแสงในระบบวิชั่น นั้นควรดูที่เป้าหมายของผลิตภัณฑ์ ของสินค้าที่จะถ่ายว่าจะดูที่พื้นที่ รูปร่าง ขนาด หรือ เงา และเรื่องการเอียงของแหล่งกำเนิดแสง

2.1. Dark-Field: การให้แหล่งกำเนิดแสงทางด้านข้าง

2.1.1 เกิดแสงสะท้อนจากชิ้นงานสูงมากและพื้นผิวที่ให้แสงจะสว่างมากขึ้น

2.2. Bright –Field: การให้แหล่งกำเนิดแสงโดยตรง

2.2.1 ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสีและรูปร่างและพื้นผิวของชิ้นงานจะละเอียดขึ้น

2.3. Backlight: การให้แหล่งกำเนิดแสงทางด้านหลัง

2.3.1 ตรวจสอบโดยการใช้เงาของชิ้นงาน (เงา) และมีความคมชัดของชิ้นงานสูงมาก

ปัจจัยสำคัญทำไมถึงใช้แหล่งกำเนิดแสงทั่วไปแทนแหล่งกำเนิดแสง BANNER ไม่ได้

2.4. ความถี่ของระบบทั่วไป 50 Hz แต่แหล่งกำเนิดแสง ของ Banner มากกว่า 1 KHz

2.5. ค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง BANNER มากกว่ามาก

2.6. อายุการใช้ของ BANNER นานกว่ามาก

2.7. ทนต่อสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิได้ดีกว่ารุ่นทั่วไปด้วย IP68 และ -18 ถึง 50 องศาเซลเซียส

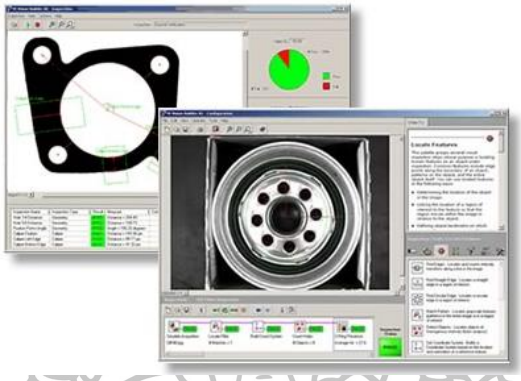
2.8. มีแหล่งกำเนิดแสงให้เลือก หลายสี แดง ขาว น้ำเงิน เขียน อินฟาเรด ฯลฯ

The main goal of lighting in a vision application is to create contrast between the features and the background.		Backlight	Directional	Ring	Low-Angle	Diffused	On-Axis	Structured
Optical Properties	**Example Parts**							
Shape	Notches Stampings Embossing	Highlights outlines and profiles	Casts shadows to highlight height changes	—	Height changes are bright Flat surfaces are dark	Lowers contrast between shapes	Flat surfaces are bright Height changes are dark	Highlights changes in height of part
Surface Texture	Polished metal Sandpaper	—	Textured surfaces are bright Smooth surfaces are dark	—	Diffuse surfaces are brighter than reflective	Lowers contrast between reflective and textured surfaces	Reflective surface are brighter than diffuse	—
Color	Wires Printing Plastic UV Coatings	—	Based on target color	Based on target color	—	Based on target color	Based on target color	—
Translucency	Drilled hole Plastics	Solid parts block light, clear parts transmit light	—	—	—	—	—	—

ภาพที่ 3.4 การเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงตามลักษณะของงาน

5. โปรแกรมสำหรับประมวลข้อมูล (Software) เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปจากผู้ผลิต ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้งานกับระบบวิชั่น ความสามารถของโปรแกรมทั่วไปสามารถเลือกรับข้อมูล ที่จะนำมา

ประมวลผลได้หลายแบบทั้งภาพที่ออกจากกล้องและจากไฟล์ที่เตรียมไว้ นำเข้ามาประมวลผลภาพด้วยเครื่องมือในการประมวลผลหลายรูปแบบ รวมถึงการจัดการเพื่อส่งข้อมูลที่ประมวลผลนั้นออกไปเพื่อแสดงผล



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างโปรแกรมสำเร็จรูปใช้สำหรับประมวลผลภาพที่ได้จากระบบวิชั่น

3.1.2. ส่วนที่ 2 การศึกษาและการทดลอง

เริ่มต้นจากการศึกษาลักษณะการทำงานภายในกระบวนการตรวจสอบด้วยภาพถึงหลักการในการทำงานมีขั้นตอนอย่างไร และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการติดตั้งระบบอย่างไร เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดแยกเป็นรายการที่ต้องเตรียมเป็นอุปกรณ์ที่ต้องศึกษาและเตรียมข้อมูลทางด้านเทคนิค รวมถึงการข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้องเพื่อออกแบบระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system) ทำให้ผู้ศึกษาเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการทดสอบโดยมีรายละเอียดหลักๆ เช่น อุปกรณ์จับยึดตัวกล้อง (Camera Station) กล้อง (Camera) เลนส์ (Lens) ตัวกำเนิดแสง (Lighting) หม้อแปลงไฟ (Power supply) คอมพิวเตอร์ (Computer) และโปรแกรมประมวลผล (Vision Builder) เพื่อนำอุปกรณ์และโปรแกรมเหล่านี้มาประกอบขึ้นเป็นระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system) โดยการที่จะทดสอบประสิทธิภาพของระบบได้นั้นต้องศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการติดตั้งระบบเพื่อให้สามารถหาความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ในแต่ละประเภทที่นำมาประกอบเป็นระบบ และต้องมีอุปกรณ์ออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถทดสอบตามวัตถุประสงค์ได้ โดยผู้ศึกษาได้ออกแบบชุดสเตชั่น (Station) จับยึดชุดกล้องของระบบวิชั่นขึ้นเพื่อให้สามารถทดสอบตามวัตถุประสงค์ของการทดลองโดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 3-1 สแตนสำหรับทดสอบตำแหน่งและมุมในการติดตั้งกล้องและแหล่งกำเนิดแสงในระบบวิชั่น และสามารถปรับค่าต่างๆที่ต้องทดสอบตามวัตถุประสงค์ได้

การทดลองนี้เพื่อจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบวิชั่นและสามารถระบุขอบเขตการติดตั้งระบบวิชั่นสำหรบหน้างานที่แตกต่างกัน เพื่อให้ระบบวิชั่น สามารถนำไปใช้ได้กับทุกอุตสาหกรรมที่ต้องการตรวจสอบ OCR เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ต่อไป

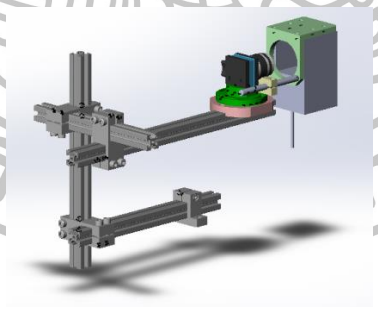
ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้เป็นการหาขอบเขตของเครื่องมือที่สามารถติดตั้งแล้วสามารถอ่าน OCR ได้อย่างสมบูรณ์ ไม่ผิดพลาด โดยผู้ศึกษาจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ ระบบวิชั่น และควบคุมความเข้มแสงที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ และตำแหน่งของการติดตั้งในแต่ละปัจจัยที่เลือกศึกษา โดยผลที่ได้จากการศึกษาสามารถสรุปได้เป็นดังนี้

1. สามารถกำหนดตำแหน่งที่สามารถติดตั้งระบบวิชั่นได้ โดยไม่เกิดความผิดพลาดจากการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิต

2. สามารถกำหนดค่าความสว่างและระยะที่สามารถติดตั้งระบบวิชั่นได้ โดยไม่เกิดความผิดพลาดจากการถ่ายภาพซึ่งความว่างเป็นปัญหาหลักในการถ่ายภาพที่ดี มีคุณสมบัติของภาพที่เหมาะสมเพื่อนำไปประมวลข้อมูล

3. สามารถกำหนดสภาพแวดล้อมที่สามารถติดตั้งระบบวิชั่นได้เมื่อใช้กับวัสดุที่เลือกศึกษาในการทดลอง

4. สามารถกำหนดอุปกรณ์ในการติดตั้งระบบวิชั่นให้มีประสิทธิภาพในการทำงาน โดยมีเกิดความสูญเสียในด้านเวลา และค่าใช้จ่าย



ภาพที่ 3.6 สแตนจับยึดกล้องและแหล่งกำเนินแสงในการทดสอบ

เมื่อผู้ศึกษาออกแบบอุปกรณ์ในการทดสอบแล้ว จึงนำอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมาเตรียมการทดสอบโดยขั้นตอนในการศึกษาดังต่อไปนี้

5. เลือกสถานที่ในการทดสอบให้อยู่ในสภาวะปิด โดยสามารถควบคุมปัจจัยต่างๆได้ เช่น ความสว่างของแสง มีพื้นที่ในการทดสอบ

6. ว่าค่าความสว่างของพื้นที่ในการทดสอบเบื้องต้นก่อนการดำเนินการทดสอบเพื่อควบคุมปัจจัยทางด้านแสงสว่างให้ตรงตามที่กำหนดคือ 200 400 และ 800 ลักซ์

7. เมื่อทำการวัดค่าความสว่างแล้วเสร็จจึงเริ่มดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ในส่วนที่เหลือที่ใช้ในการทดสอบ คือ ตัวจับยึดปรับระดับชิ้นงาน และชุดจ่ายระบบไฟให้กับชุดกล้องทดสอบและติดตั้งชุดคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผลภาพโดยติดตั้งให้หน้าจอ (Monitor) หันออกมาจากชุดกล้องเพื่อป้องกันแสงรบกวน

8. เมื่อทำการติดตั้งระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system) แล้วเสร็จจึงเริ่มดำเนินการทดสอบโดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 3.4 ปัจจัยที่เลือกใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system)

ประเภทตัวแปร	ปัจจัย 1	ปัจจัย 2	ปัจจัย 3	ปัจจัย 4	ปัจจัย 5
จำนวน	ศึกษา 3 ระดับ	ศึกษา 3 ระดับ	ศึกษา 3 ระดับ	ศึกษา 3 ระดับ	ศึกษา 4 ระดับ
ชนิดตัวแปร	ตำแหน่ง	มุมติดตั้ง	ความสว่าง (ลักซ์)	วัสดุที่ตรวจสอบ	เลนส์ (ขนาดของเลนส์)
ระดับการศึกษา	ตำแหน่งที่ 1 ด้านบน	มุมกล้องที่ ระดับ 60	ค่าที่ 800 (สูงกว่า)	วัสดุประเภท โลหะ	ขนาด 8 มิลลิเมตร
	ตำแหน่งที่ 2 ด้านล่าง	มุมกล้องที่ ระดับ 45	ค่าที่ 400 (มาตรฐาน)	วัสดุประเภท กระดาษ	ขนาด16 มิลลิเมตร
		มุมกล้องที่ ระดับ 30	ค่าที่ 200 (ต่ำกว่า)	วัสดุประเภท พลาสติก	ขนาด25 มิลลิเมตร
					ขนาด 50 มิลลิเมตร

จากตารางที่ 3.4 สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้ คอลัมน์ที่ แสดง ประเภทปัจจัยที่เลือกในการศึกษา โดยมี แถวแสดงระดับ จำนวน และการศึกษา โดยมีความหมายดังนี้

คอลัมน์ที่ 1 แสดง ประเภทของตัวแปร โดยจำแจกออกเป็น จำนวน ชนิด และ ระดับในการศึกษา

คอลัมน์ที่ 2 แสดงตัวแปรประเภทที่ 1 คือตำแหน่งในการวาง วัสดุที่จะศึกษา เพื่อหาขอบเขตของที่สามารถติดตั้งระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system) ได้แบ่งออกเป็น 3 ตำแหน่ง ด้านบน ด้านข้าง และด้านล่าง

คอลัมน์ที่ 3 แสดงตัวแปรประเภทที่ 2 คือมุมกล้องในการตรวจจับภาพ ที่แบ่งระดับออกเป็น 3 ระดับ ทำมุมที่ 60 องศา 45 องศา และ 30 องศา จากวัตถุ

คอลัมน์ที่ 4 แสดงตัวแปรประเภทที่ 3 คือค่าความสว่างของบริเวณศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ค่าความสว่างที่ 800 ลักซ์ 400 ลักซ์ และ 200 ลักซ์

คอลัมน์ที่ 5 แสดงตัวแปรประเภทที่ 4 คือวัตถุที่ใช้ในการศึกษา แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ โลหะประเภท อะลูมิเนียม (Aluminium : AL5083) กระดาษทั่วไป และพลาสติก อะคริลิค (Acrylics Sheet : M090)

คอลัมน์ที่ 6 แสดงตัวแปรประเภทที่ 5 คือขนาดของเลนส์ ที่ใช้ในการศึกษาเพื่อปรับค่าระยะที่เหมาะสมกับขนาดของตัวอักษร ของแต่ละประเภทแต่ละวัตถุที่นำมาศึกษา แบ่งออกเป็น 4 ขนาด คือ 8 16 25 และ 50 มิลลิเมตร

5. การทดสอบผู้ศึกษาจะทำการติดตั้งสแตน (Station) ในตำแหน่งที่ผ่านการวัดค่าและควบคุมค่าความสว่างแล้วโดยการติดตั้งจะเริ่มจากการตั้งค่าของตำแหน่ง มุมติดตั้ง ค่าความสว่าง วัสดุที่ตรวจสอบ ขนาดของเลนส์ ตามลำดับ โดยสามารถจัดลำดับการทดสอบในแต่ละสภาวะ จากตารางที่ 3-5 ทำให้สามารถระบุการทดสอบได้ดังนี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 3.5 ลำดับการทดสอบตามปัจจัยและระดับของปัจจัย

3	3	3	3	4	การ	การตรวจจับภาพ
ตำแหน่ง	มุมติดตั้ง	ความสว่าง	ชนิดวัสดุ	เลนส์	ทดลองครั้งที่	ได้/ไม่ได้
ตำแหน่งที่ 1 ด้านบน	มุมกล้องที่ระดับ 60	800 ลักซ์	โลหะ ตัวอักษร 9 12 และ 16	ขนาด 8	1	ติดตั้งชิ้นงานไว้ในลักษณะหันขึ้นหาแหล่งกำเนิดแสง (หันด้านบน) และติดตั้งกล้องตรวจจับภาพในมุม 60 องศาจากแนวแกน ปรับค่าความสว่างให้เท่ากับ 800 ลักซ์ ทดสอบกับวัตถุชนิด โลหะประเภทอะลูมิเนียม โดยใช้เลนส์ขนาด 8 มิลลิเมตร แล้ววัดผล
ตำแหน่งที่ 1 ด้านบน	มุมกล้องที่ระดับ 60	800 ลักซ์	โลหะ ตัวอักษร 9 12 และ 16	ขนาด 12	1	ติดตั้งชิ้นงานไว้ในลักษณะหันขึ้นหาแหล่งกำเนิดแสง (หันด้านบน) และติดตั้งกล้องตรวจจับภาพในมุม 60 องศาจากแนวแกน ปรับค่าความสว่างให้เท่ากับ 800 ลักซ์ ทดสอบกับวัตถุชนิด โลหะประเภทอะลูมิเนียม โดยใช้เลนส์ขนาด 12 มิลลิเมตร แล้ววัดผล
ตำแหน่งที่ 1 ด้านบน	มุมกล้องที่ระดับ 60	800 ลักซ์	โลหะ ตัวอักษร 9 12 และ 16	ขนาด 16	1	ติดตั้งชิ้นงานไว้ในลักษณะหันขึ้นหาแหล่งกำเนิดแสง (หันด้านบน) และติดตั้งกล้องตรวจจับภาพในมุม 60 องศาจากแนวแกน ปรับค่าความสว่างให้เท่ากับ 800 ลักซ์ ทดสอบกับวัตถุชนิด โลหะประเภทอะลูมิเนียม โดยใช้เลนส์ขนาด 16 มิลลิเมตร แล้ววัดผล
ตำแหน่งที่ 1 ด้านบน	มุมกล้องที่ระดับ 60	800 ลักซ์	โลหะ ตัวอักษร 9 12 และ 16	ขนาด 35	1	ติดตั้งชิ้นงานไว้ในลักษณะหันขึ้นหาแหล่งกำเนิดแสง (หันด้านบน) และติดตั้งกล้องตรวจจับภาพในมุม 60 องศาจากแนวแกน ปรับค่าความสว่างให้เท่ากับ 800 ลักซ์ ทดสอบกับวัตถุชนิด โลหะประเภทอะลูมิเนียม โดยใช้เลนส์ขนาด 35 มิลลิเมตร แล้ววัดผล
ตำแหน่งที่ 1 ด้านบน 2ด้านข้าง 3 ด้านล่าง	มุมกล้องที่ระดับ 60,45, 30	800,40 0,200 ลักซ์	โลหะ กระดาษ และ พลาสติก ตัวอักษร 9 12 และ 16	ขนาด 8,12,1 6,35	1	ติดตั้งชิ้นงานไว้ในลักษณะหันขึ้นหาแหล่งกำเนิดแสง (หันด้านบน) และติดตั้งกล้องตรวจจับภาพในมุม 60 องศาจากแนวแกน ปรับค่าความสว่างให้เท่ากับ 800 ลักซ์ ทดสอบกับวัตถุชนิด โลหะประเภทอะลูมิเนียม โดยใช้เลนส์ขนาด 8 12 16 35 มิลลิเมตร แล้ววัดผล
					n =324	จำนวนในการทดลองทั้งหมด

6. เมื่อทำการตั้งค่าในแต่ละสภาพแวดล้อมแล้วเสร็จดำเนินการเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดสอบโดยพิจารณาเป็นเหตุการณ์ที่ทำการทดลองในแต่ละ สภาวะแวดล้อมที่กำหนด

7. นำผลที่ได้จากการทดลองมาสรุปเป็นข้อมูลทางด้านเทคนิคในการติดตั้งระบบประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ (Vision system)

ส่วนที่ 3 การจัดทำข้อมูลทางเทคนิคสำหรับการติดตั้งระบบภายใต้ขอบเขตการศึกษา

การประเมินประสิทธิภาพของของอุปกรณ์นั้นผู้ศึกษาได้ศึกษาการวิธีการประเมินประสิทธิภาพอย่างมีระบบซึ่งเป็นการประเมินที่มีขั้นตอนและหลักการโดยนำหลักการดังกล่าวมาใช้ประกอบในการประเมินอุปกรณ์ และระบบการทำงานดังนี้

1. กำหนดเป้าหมายลักษณะการติดตั้งระบบการประมวลผลด้วยภาพ (Vision System) ที่ใช้ในปัจจุบัน เพื่อตรวจสอบว่าระบบสามารถทำงาน ได้ และไม่เกิดความผิดพลาดหลักจากที่ติดชุดพัฒนาระบบประมวลภาพและ กำหนดที่สภาวะในการทดลอง โดยผู้ศึกษาจำทำการจำลองสถานีทดสอบและวัดผล เทียบกับอุปกรณ์แบบเดิมว่าสามารถทำงานตามการจำลองได้หรือไม่ โดยการเลือกอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในปัจจุบันและอุปกรณ์แบบเดิมที่ใช้อยู่ในหน่วยงาน

2. การแจกแจงบริการและผลลัพธ์ของการทดลอง โดยผู้ศึกษาพิจารณาในประสิทธิภาพของการพัฒนาอุปกรณ์และระบบใหม่ขึ้นมาเพื่อทดสอบค่าที่ได้กำหนดในขอบเขตการทดลองโดยผลที่ได้จากการทดลองมีดังนี้

2.1. ผลทดสอบการติดตั้งของอุปกรณ์ว่าสามารถติดตั้งได้ในตำแหน่งที่จำลองได้หรือไม่ และเก็บผลการติดตั้งว่ามีปัญหาในการติดตั้งอย่างไร

2.2. ผลทดสอบการติดตั้งอุปกรณ์ในมุมมองที่กำหนดตามขอบเขตการทดลอง ในสถานที่จำลองและทำการเก็บผล

2.3. ผลทดสอบการทำงานของระบบการประมวลผลด้วยภาพในภาพรวมว่าสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดความผิดพลาด โดยจะต้องสามารถประมวลภาพได้

3. การเลือกตัววัดประสิทธิภาพการทดลอง โดยการใช้เกณฑ์การพิจารณาอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อพัฒนาระบบ โดยการกำหนดค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพ (Performance Metrics) ดังนี้

3.1. ความถูกต้อง (Reliability) โดยการตรวจสอบความถูกต้อง ผู้ศึกษาจะดำเนินการทดสอบซ้ำเป็นจำนวน 2 รอบเพื่อยืนยันผลการทดลองในการติดตั้งระบบที่ทำการศึกษา

3.2. ความสามารถในการทำงานของระบบ (Availability) เทียบระหว่างระบบเก่าและระบบใหม่เพื่อติดตั้งแล้วสามารถทำงานได้หรือไม่

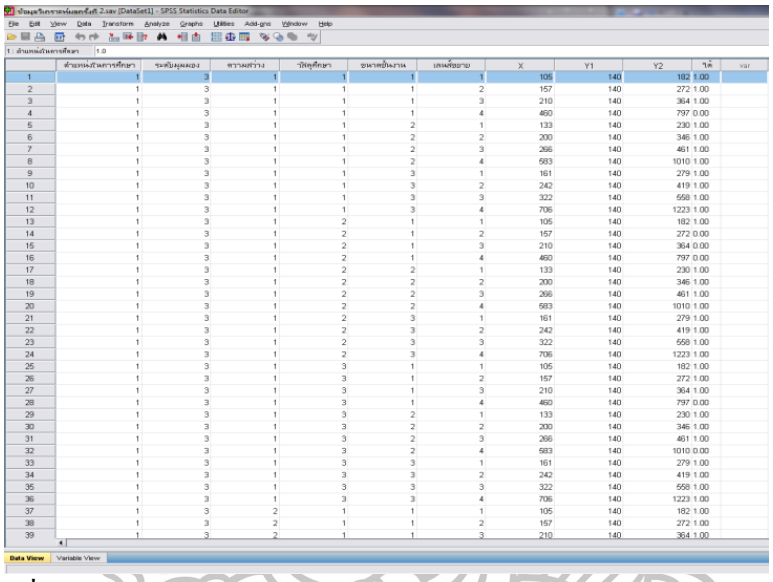
4. การเลือกเทคนิคการประเมินโดยการใช้การวัดจากระบบจริง (Measurement) ผู้ศึกษาทำการวัดผลแล้วบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองแล้วนำมาเปรียบเทียบระหว่างเครื่องมือและระบบว่าสามารถทำได้ตามวัตถุประสงค์ของการทดลองหรือไม่

3.1ขั้นตอนการวิเคราะห์ Logistic regression

1. เตรียมพร้อมข้อมูลก่อนวิเคราะห์

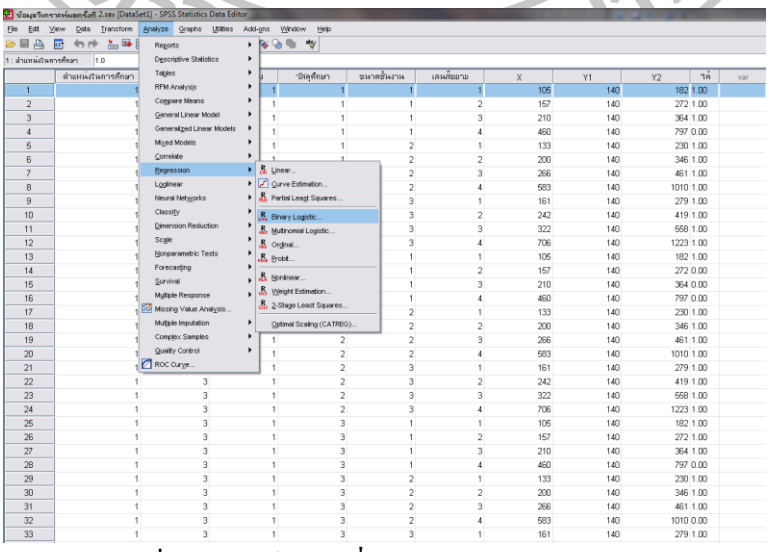
2. เลือกการวิเคราะห์ Analysis>regression> Binary Logistic

ในรูปภาพเป็น SPSS version 17.0



ภาพที่ 3.7 ข้อมูลที่ลงในโปรแกรม SPSS

ภาพที่ 3.7-3.8 แสดงการนำข้อมูลเข้าโปรแกรม SPSS เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรและการเลือกชุดคำสั่งวิเคราะห์ความสัมพันธ์



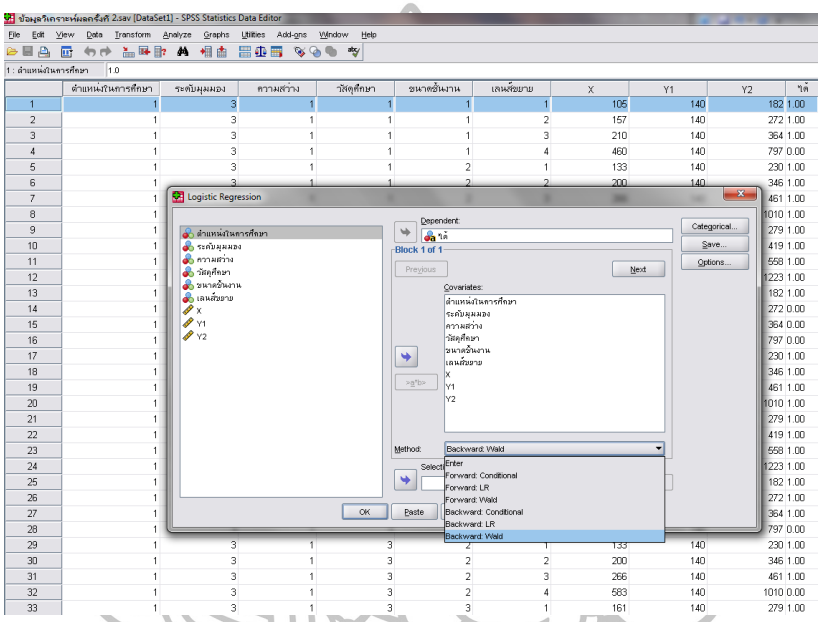
ภาพที่ 3.8 แสดงการเลือกคำสั่งวิเคราะห์ข้อมูลที่อยู่ในโปรแกรม

3. กำหนดตัวแปรในหน้าต่างวิเคราะห์ ดังรูป

3.1 นำเข้าตัวแปรและกำหนดวิธีการ โดย

Dependent ให้ใส่ ผลการทดลอง หรือตัวแปร Y หรือตัวแปรที่มีคำตอบเพียง 2 ตัวเลือก เช่น 0 กับ 1

Covariates ให้ใส่ตัวแปร X ทั้งหมดดังภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 แสดงการเลือกกลุ่มตัวแปรวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์

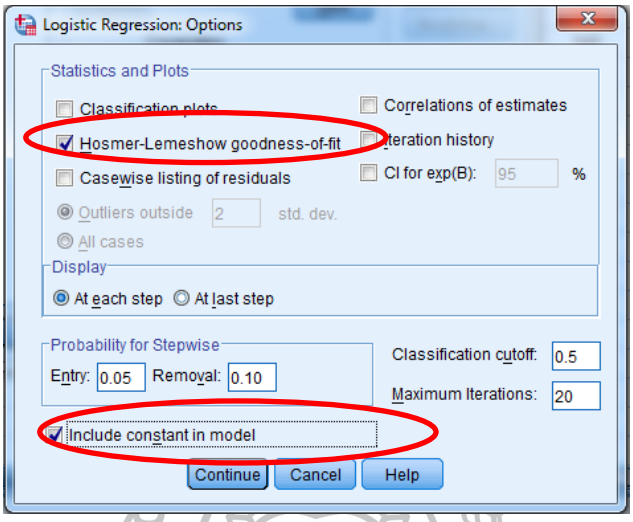
ในนี้ไม่ได้กำหนดแยก Block ตัวแปรเพราะเราไม่ได้ตั้งการวิเคราะห์ในรูปแบบ Block ซึ่งหลักๆแล้ว block จะมีไว้สำหรับการกำหนดตัวแปรที่ลง Code ไว้ต่างกันเช่น ตัวอักษร กับตัวเลข หรือทำหน้าที่คำนวณข้อมูลในและส่วนของ Block เฉพาะออกมาเป็นข้อมูลแยกเพื่อดูส่วนที่สนใจเป็นพิเศษ แต่ถึงอย่างไรตัวแปรทั้งหมดที่ไม่ว่าจะอยู่ใน block เดียวกัน หรือ แยก block ก็จะถูกคำนวณรวมในโมเดลใหญ่อยู่ดี ฉะนั้นจึงไม่จำเป็นต้องแยกไว้ในแต่ละ block เพราะค่าที่ได้ทั้งแยกหรือไม่แยก block ก็เท่ากัน

ในส่วนวิธีการวิเคราะห์ (Method) มีให้เลือก 7 วิธีคือ

Enter	นำเข้าทุกตัวแปร ข้อเสียคือสมการสุดท้าย จะยังคงตัวแปรที่ไม่สำคัญอยู่ในสมการ
Forward: Conditional	เริ่มนำเข้าทีละตัวแปร โดยผู้ใช้งานกำหนดเงื่อนการนำเข้าเอง
Forward: LR	เริ่มนำเข้าทีละตัวแปร วัดจากค่าสถิติ Likelihood Ratio
Forward: Ward	เริ่มนำเข้าทีละตัวแปร วัดจากค่าสถิติ ของ Wald
Backward: Conditional	เริ่มเอาออกทีละตัวแปรจากทั้งหมด โดยผู้ใช้งานกำหนดเงื่อนการเอาตัวแปรออกเอง
Backward: LR	เริ่มเอาออกทีละตัวแปรจากทั้งหมด วัดจากค่าสถิติ Likelihood Ratio
Backward: Ward	เริ่มเอาออกทีละตัวแปรจากทั้งหมด วัดจากค่าสถิติ ของ Wald

ซึ่งในงานวิจัยนี้ผลการวิเคราะห์ Forward กับ Backward ได้ผลต่างกันโดยสิ้นเชิง โดยเฉพาะตัวแปรที่คงเหลือในโมเดลสุดท้ายจะต่างกัน จึงเป็นที่มาที่ทำบทที่ 4 แล้วลบทำใหม่ 3 ครั้ง เพราะผลไปคนละทางกัน สามารถกดทดสอบเพื่อดูด้วยตนเองได้ ซึ่งสรุปว่าตอนนี้ในงานวิจัยเลือกใช้วิธีการ Backward: Ward เนื่องจาก Backward มีความแม่นยำ (ถูกต้อง) สูงกว่าแบบ Forward และ Enter (สาเหตุดูได้ในบทที่ 4 ตัวเล่ม) และ Logistic Regression ไม่มีวิธี Stepwise เหมือน Linear Regression ซึ่งเป็นวิธีที่แม่นยำที่สุด

3.2 เลือก Option และทำเครื่องหมายที่ Hosmer-Lemes ส่วน Include constant in model ให้คงเครื่องหมายไว้ก่อน อย่าเพิ่งกดออก จากนั้นกด Continue แล้ว OK เพื่อเริ่มการวิเคราะห์ผลดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 การเลือกคำสั่งในฟังชันก์ Logistic Regression Option

4. ผลการวิเคราะห์

จะได้ตารางวิเคราะห์ออกมาหลายตาราง ดังนี้ ซึ่งการอ่านค่าค่อนข้างยากเล็กน้อย จะวงกำกับแสดงเฉพาะจุดที่สำคัญในการทำโปรแกรม เมื่อกด OK แล้วโปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ผลได้ตารางข้อมูลโดยมีรายละเอียดดังตารางในลำดับถัดไป

ตารางที่ 3.6 Logistic Regression

Notes		
Output Created		09-APR-2016 16:32:48
Comments		
Input	Data Active Dataset Filter Weight Split File N of Rows in Working Data File	C:\Data.sav DataSet1 <none> <none> <none> 648
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing
Syntax		LOGISTIC REGRESSION VARIABLES Dummy /METHOD=BSTEP(WALD) Position Angle Lux Material Size Lens X Y1 Y2 /PRINT=GOODFIT /CRITERIA=PIN(0.05) POUT(0.10) ITERATE(20) CUT(0.5).
Resources	Processor Time Elapsed Time	00:00:00.06 00:00:00.06

จากตารางที่ 3.6 เป็นตารางแสดงค่าตัวแปรของข้อมูลที่ดำเนินการวิเคราะห์ และจำนวนข้อมูลทั้งหมดในการวิเคราะห์ผล โดยจำนวนทั้งหมดคือ 648 ข้อมูลและมีตัวแปรตำแหน่งการติดตั้ง (Position) มุม (Angle) ความสว่าง (Lux) วัสดุศึกษา (Material) ขนาดของเลนส์ขยาย (Size Lens) ระยะทางระหว่างกล้องถึงชิ้นงาน (X) ระยะความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (Y1) ระยะความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (Y2)

ตารางที่3.7 Case Processing Summary

Unweighted Cases[a]		N	Percent
Selected Cases	Included in Analysis	648	100.0
	Missing Cases	0	.0
	Total	648	100.0
Unselected Cases		0	.0
Total		648	100.0

ตารางที่ 3.7 แสดงตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ คือ 648 ข้อมูล คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบข้อมูลที่ผิดพลาด หรือเป็น ศูนย์ในโปรแกรม

ตารางที่ 3.8 Dependent Variable Encoding

Original Value	Internal Value
ไม่ได้	0
ได้	1

ตารางที่ 3.8 แสดงความหมายของผลลัพธ์ เป็นการระบุค่าตัวแปร โดยกำหนดให้ ผลที่ไม่สามารถวิเคราะห์ภาพได้แสดงด้วยหมายเลข 0 และผลที่สามารถวิเคราะห์ภาพได้แสดงด้วย 1

ตารางที่ 3.9 Variables not in the Equation

			Score	df	Sig.
Step 0	Variables	ตำแหน่งในการศึกษา	232.714	1	.000
		ระดับมุมมอง	226.714	1	.000
		ความสว่าง	215.894	1	.000
		วัสดุศึกษา	230.012	1	.000
		ขนาดชิ้นงาน	315.005	1	.000
		เลนส์ขยาย	119.474	1	.000
		X	116.135	1	.000
		Y1	246.914	1	.000
		Y2	107.957	1	.000
		Overall Statistics	394.461	9	.000

ตารางที่ 3.9 แสดงการจำแนกตัวแปรเป็นเชิงกลุ่ม มี 9 ตัวคือ ตำแหน่งในการศึกษา ระดับมุมมอง ความสว่าง วัสดุศึกษา ขนาดชิ้นงาน เลนส์ขยาย ระยะระหว่างกล้องกับชิ้นงาน (X) ระยะความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (Y1) และ ระยะความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (Y2)

Block 1: Method = Backward Stepwise (Wald)

ตารางที่ 3.10 Omnibus Tests of Model Coefficients

		Chi-square	df	Sig.
Step 1	Step	586.732	9	.000
	Block	586.732	9	.000
	Model	586.732	9	.000
Step 2[a]	Step	-.055	1	.814
	Block	586.677	8	.000
	Model	586.677	8	.000
Step 3[a]	Step	-.498	1	.481
	Block	586.179	7	.000
	Model	586.179	7	.000
Step 4[a]	Step	-1.346	1	.246
	Block	584.833	6	.000
	Model	584.833	6	.000
Step 5[a]	Step	-1.591	1	.207
	Block	583.242	5	.000
	Model	583.242	5	.000

A negative Chi-squares value indicates that the Chi-squares value has decreased from the previous step.

ตารางที่ 3.9 แสดงรายละเอียดใน Block 1 หรือ Method = Backward Stepwise (Wald) ซึ่งหมายถึงนำตัวแปรอิสระทั้ง 9 ตัวเข้าสมการตาม หลักการของ Wald เริ่มเอาออกทีละตัวแปรจากทั้งหมด วัดจากค่าสถิติ ของ Wald เพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุดของสมการ ใน step 1 จะให้ค่าสถิติทดสอบไดสแควร์ 3 ค่าคือ Chi-square ของ Model , Block และ Step ตามลำดับใช้ทดสอบสมมติฐานที่

H_0: โอกาสที่ภาพจะไม่สามารถวิเคราะห์ได้ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง 9 ตัว

H_1: โอกาสที่ภาพจะสามารถวิเคราะห์ได้ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว

สถิติทอสอบ Model Chi-Square = 586.732 และค่า Sig = 0.000 นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 แสดงว่าโอกาสที่ภาพจะสามารถวิเคราะห์ได้ขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว

ตารางที่ 3.11 Model Summary

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	311.587[a]	.596	.794
2	311.642[a]	.596	.794
3	312.140[a]	.595	.794
4	313.486[a]	.594	.793
5	315.077[a]	.593	.791

Estimation terminated at iteration number 7 because parameter estimates changed by less than .001.

ตารางที่ 3.11 ตารางสรุปผลการวิเคราะห์ตัวแบบค่า Rกำลังสอง คือ ค่าความแม่นยำในการพยากรณ์/หรือค่าความเชื่อมั่น โดยมีความหาย -2 Log likelihood เป็นการทดสอบความเหมาะสมของ Model (Goodness of fit) นั้นคือ 315.077 ค่า Cox & Snell R Square เท่ากับ 0.593 สมการที่สร้างขึ้นมีค่า R Square เท่ากับ 0.791 หมายความว่า สมการนี้สามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้ถึงร้อยละ 79.1%

ตารางที่ 3.12 Hosmer and Lemeshow Test

Step	Chi-square	df	Sig.
1	8.468	8	.389
2	9.754	8	.283
3	14.477	8	.070
4	22.635	8	.004
5	13.505	8	.096

ตารางที่ 3.12 เป็นการวิเคราะห์ผล Hosmer and Lemeshow Test ซึ่งเป็นครั้งที่ 2 เนื่องจากครั้งที่ 1 พบว่าค่า Constant มีค่า sig มากกว่า 0.05 แสดงว่าไม่ควรมีค่า Constantอยู่ในสมการตัวแบบ จึงกลับไปปรับการวิเคราะห์สมการอีกครั้งโดยเลือกไม่พิจารณาค่า Constant จึงได้เป็นตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.13 Classification Table[a]

Observed			Predicted		
			ได้		Percentage Correct
			0.00	1.00	
Step 1	ได้	0.00	75	49	60.5
		1.00	27	497	94.8
	Overall Percentage				88.3
Step 2	ได้	0.00	75	49	60.5
		1.00	28	496	94.7
	Overall Percentage				88.1
Step 3	ได้	0.00	73	51	58.9
		1.00	26	498	95.0
	Overall Percentage				88.1
Step 4	ได้	0.00	78	46	62.9
		1.00	24	500	95.4
	Overall Percentage				89.2
Step 5	ได้	0.00	78	46	62.9
		1.00	27	497	94.8
	Overall Percentage				88.7

a. The cut value is .500

ตารางที่ 3.13 จะพบว่าข้อมูลจริงของการวิเคราะห์ภาพไม่ได้ จำนวน 124 ข้อมูล แต่เมื่อใช้สมการจะสามารถพยากรณ์ จำนวนได้ 46 ข้อมูลนั่นคือ พยากรณ์ถูก 62.9% และจะพบว่าข้อมูลจริงขอการวิเคราะห์ภาพได้จำนวน 524 ข้อมูล แต่เมื่อใช้สมการจะสามารถพยากรณ์จำนวน 497 ข้อมูลนั่นคือ 94.8% เปอร์เซ็นต์รมของการพยากรณ์ถูกต้องคือ 88.7%

ตารางที่ 3.14 Variables in the Equation

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 1[a]	ตำแหน่งในการศึกษา	.581	.292	3.963	1	.047	1.787
	ระดับมุมมอง	.506	.350	2.089	1	.148	1.658
	ความสว่าง	.125	.177	.497	1	.481	1.133
	วัสดุศึกษา	.528	.181	8.491	1	.004	1.696
	ขนาดชิ้นงาน	3.084	.415	55.332	1	.000	21.837
	เลนส์ขยาย	-1.339	.363	13.582	1	.000	.262
	X	-.003	.003	1.422	1	.233	.997
	Y1	-.011	.009	1.715	1	.190	.989
	Y2	.000	.001	.055	1	.814	1.000
Step 2[a]	ตำแหน่งในการศึกษา	.581	.292	3.962	1	.047	1.787
	ระดับมุมมอง	.435	.180	5.865	1	.015	1.545
	ความสว่าง	.125	.177	.496	1	.481	1.133
	วัสดุศึกษา	.528	.181	8.490	1	.004	1.696
	ขนาดชิ้นงาน	3.089	.415	55.504	1	.000	21.956
	เลนส์ขยาย	-1.334	.362	13.551	1	.000	.263
	X	-.004	.002	2.813	1	.094	.996
	Y1	-.010	.008	1.782	1	.182	.990

ตารางที่ 3.14 Variables in the Equation (ต่อ)

		B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Step 3[a]	ตำแหน่งในการศึกษา	.580	.291	3.956	1	.047	1.785
	ระดับมุมมอง	.435	.180	5.856	1	.016	1.544
	วัสดุศึกษา	.527	.181	8.477	1	.004	1.694
	ขนาดชิ้นงาน	3.084	.414	55.457	1	.000	21.853
	เลนส์ขยาย	-1.331	.362	13.524	1	.000	.264
	X	-.004	.002	2.810	1	.094	.996
	Y1	-.009	.007	1.371	1	.242	.991
Step 4[a]	ตำแหน่งในการศึกษา	.442	.266	2.768	1	.096	1.556
	ระดับมุมมอง	.366	.169	4.681	1	.031	1.441
	วัสดุศึกษา	.458	.170	7.229	1	.007	1.581
	ขนาดชิ้นงาน	2.804	.316	78.692	1	.000	16.506
	เลนส์ขยาย	-1.607	.284	31.990	1	.000	.201
	X	-.002	.002	1.571	1	.210	.998
Step 5[a]	ตำแหน่งในการศึกษา	.559	.250	4.998	1	.025	1.748
	ระดับมุมมอง	.424	.163	6.752	1	.009	1.527
	วัสดุศึกษา	.516	.165	9.820	1	.002	1.675
	ขนาดชิ้นงาน	2.605	.259	101.327	1	.000	13.527
	เลนส์ขยาย	-1.883	.188	100.185	1	.000	.152

a. Variable(s) entered on step 1: ตำแหน่งในการศึกษา, ระดับมุมมอง, ความสว่าง, วัสดุศึกษา, ขนาดชิ้นงาน, เลนส์ขยาย, X, Y1, Y2.

จากตารางที่ 3.14 พบว่ามีจะเหลือตัวแปรเพียง 5 ตัวแปรที่มีค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คือ ตำแหน่งในการศึกษา ระดับมุมมอง วัสดุศึกษา ขนาดชิ้นงาน และ เลนส์ขยาย

Z = .559 (ตำแหน่งในการศึกษา) + .424 (ระดับมุมมอง) + .516 (วัสดุศึกษา) + 2.605 (ขนาดชิ้นงาน) - 1.883 (เลนส์ขยาย)

ถ้าลองพยากรณ์การวิเคราะห์ภาพที่สามารถวิเคราะห์ได้โดยแทน ตำแหน่งการศึกษาด้วย 1 ระดับมุมมองด้วย 1 วัสดุการศึกษาด้วย 1 ขนาดชิ้นงานด้วย 1 และแทน เลนส์ขายด้วย 1ดังสมการ

Z = .559 (1 ด้านล่าง) + .424 (1 60องศา) + .516 (1 โลหะ) + 2.605 (1 ขนาดเล็ก) - 1.883 (1 เลนส์ขยายขนาด 8 มิลลิเมตร)

Z = 0.559+0.424+0.516+2.605-1.883 = 2.221

Prob (การวิเคราะห์ภาพ) = 1/1+$e^{-2.221}$ = 0.902

จากผลการวิเคราะห์นี้เราพยากรณ์ว่า ตามตัวแปรที่กำหนดสามารถวิเคราะห์ภาพได้ โดยยึดเกณฑ์ความน่าจะเป็น 0.5

Z = .559 (1 ด้านล่าง) + .424 (1 60องศา) + .516 (1 โลหะ) + 2.605 (1 ขนาดเล็ก) - 1.883 (4 เลนส์ขยายขนาด 35 มิลลิเมตร)

Z = 0.559+0.424+0.516+2.605-1.883(4) = - 6.003

Prob (การวิเคราะห์ภาพ) = 1/1+$e^{-(-6.033)}$ = 0.00239

จากผลการวิเคราะห์นี้เราพยากรณ์ว่าตามตัวแปรที่กำหนดไม่สามารถวิเคราะห์ภาพได้ โดยยึดเกณฑ์ความน่าจะเป็น 0.5

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพนั้นจะต้องมีการออกแบบเครื่องมือสำหรับการทดลอง ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา และ ขั้นตอนการทดลองที่ให้ผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องตามปัจจัยที่ศึกษา โดยบทนี้นำข้อมูลที่ทำการทดลองมาทำสรุปผลการทดลองที่ได้ระบุในบทวิธีการดำเนินงาน เพื่อนำผลที่ได้มาจัดทำตารางทางเทคนิคเพื่อนำไปใช้ในระบบตรวจสอบด้วยภาพ ตามปัจจัยที่เลือกใช้ ในลำดับต่อไปจะขออธิบายผลการดำเนินงาน และแสดงผลการศึกษาโดยแยกออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

1. ผลการออกแบบอุปกรณ์การทดลอง
2. ผลการศึกษาจากการทดลอง
3. การจัดทำข้อมูลทางเทคนิคสำหรับระบบตรวจสอบด้วยภาพ
4. การยืนยันผลการทดลองกับสภาพแวดล้อมการทำงานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม
5. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และค่าอุปกรณ์ในการศึกษา

4.1. ผลการออกแบบอุปกรณ์การทดลอง

ในการศึกษาประสิทธิภาพการประมวลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ ที่นำปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องมาดำเนินการทดลอง เพื่อหาขอบเขตการทำงานที่เป็นไปได้ และสามารถใช้งานได้นั้นต้องทำการจัดทำอุปกรณ์สำหรับการทดลองเพื่อให้สามารถปรับตำแหน่ง และระดับในการทดลอง ซึ่งอยู่ในปัจจัยที่ผู้ศึกษาดำเนินการทดลองในเรื่องนี้ให้ได้ เพื่อทดลองปัจจัยว่าขอบเขตที่เลือกนั้นมีผลต่อประสิทธิภาพอย่างไร

โดยการออกแบบประเภทผลิตภัณฑ์จะมีโปรแกรมโซลิดเวิร์ค (SolidWorks) สำหรับงานออกแบบอุปกรณ์ที่เป็นที่นิยมในกลุ่มอุตสาหกรรม เพื่อให้ง่ายและสะดวกในการจัดทำอุปกรณ์ เพราะเป็นซอฟต์แวร์มาตรฐาน ในการออกแบบสำหรับงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต โดยการออกแบบนั้นผู้ศึกษาออกแบบให้อุปกรณ์สามารถติดตั้งบริเวณการทดลองหรือ บริเวณหน้างานได้สะดวกและง่าย มีขนาดเล็ก และสามารถหาซื้อวัตถุดิบได้ง่ายจากร้านขายอุปกรณ์ก่อสร้างทั่วไป โดยการทำงานของอุปกรณ์นี้สามารถปรับตำแหน่งการติดตั้งของระบบตรวจสอบด้วยภาพได้ครบ 3 แกน คือ แกนแนวขวาง (X) แกนแนวสูง (Y) และ แกนแนวลึก (Z) โดยแกนแนวสูง หรือ Y จะแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย คือ ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (Y1) ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (Y2) โดยสามารถเลือกปรับได้โดยมีลักษณะดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 ชุดอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งระบบตรวจสอบด้วยภาพ 3 แกน

4.2. ผลการศึกษาจากการทดลอง

จากการทดลองตามปัจจัยที่เหลือใช้ในการศึกษาโดยมีปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ ตำแหน่งการติดตั้งของชิ้นงานทดลอง มุมที่ใช้ติดตั้งในการทดลอง ความสว่างของแสง วัสดุที่ใช้ในการทดลอง และอุปกรณ์ขยายภาพหรือเลนส์ โดยทำการทดลองด้วยอุปกรณ์ พื้นฐานของระบบตรวจสอบด้วยภาพประกอบด้วย อุปกรณ์ถ่ายภาพ หรือ กล้องถ่ายภาพอุตสาหกรรม เลนส์ขยายภาพ ตัวกำเนิดแสง อุปกรณ์ประมวลผล และโปรแกรมประมวลผล Vision Builder Version 2013 โดยผลการทดลองสามารถสรุปได้เป็นแนวทางตามการเลือกใช้วัสดุในการทดลอง คือ วัสดุประเภทโลหะ วัสดุประเภทพลาสติก และวัสดุประเภทกระดาษผิวทั่วไป

4.2.1. ผลการทดลองวัสดุประเภทโลหะ การติดตั้งด้านล่าง

การทดลองในกลุ่มวัสดุประเภทโลหะ แบ่งออกเป็นรายละเอียดดังนี้ ระดับมุมมอง ความสว่าง วัสดุ ขนาด เลนส์ขยาย ความสูงของกล้อง ความสูงของชิ้นงาน ระยะห่างระหว่าง กล้องและชิ้นงาน โดยสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 4.1 4.2 และ 4.3 โดยสามารถสรุปผลการทดลองอ้างอิงจากระดับมุมมอง ในการติดตั้งเป็นอันดับแรก เพื่อให้สามารถทำไปใช้งานได้สะดวก และปัจจัยอื่นๆ เป็นลำดับถัดไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 30 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร เช่นกัน และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้มากกว่าหนึ่งขนาดคือ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร และ 12

มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16มิลลิเมตร และ 35มิลลิเมตร เช่นกัน ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 400 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาดโดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้มากกว่าหนึ่งระดับคือ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมดที่ขนาดเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 800 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดเช่นกัน

2. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 45 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้มากกว่าหนึ่งระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมดทุกระดับของเลนส์ระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 45 ความสว่าง 400 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาดโดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมดทุกระดับคือ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมดที่ขนาดเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 45 ความสว่าง 800 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดเช่นกัน

3. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 60 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้มากกว่าหนึ่งระดับ คือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมดเช่นกัน ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 60 ความสว่าง 200 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็ก

สามารถตรวจสอบได้มากกว่าหนึ่งระดับ คือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมดเช่นกัน ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 60 ความสว่าง 400 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาดโดยชิ้นงานขนาดเล็กสามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 60 ความสว่าง 400 และ 800 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดเช่นกัน การศึกษาสามารถสรุปผลการทดลองออกเป็น 2 ลักษณะคือ สามารถแสดงผลได้ และไม่สามารถแสดงผลได้ โดยสรุปเป็นตารางดังนี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 30 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	200	140	115	X
		16	266	140	153	X
		35	460	140	256	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	X
		16	266	140	153	X
		35	583	140	336	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	X
		35	706	140	407	X
400	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	X
		16	210	140	121	X
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	✓
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านล่างประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 30 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	X
		16	210	140	121	X
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเฉพาะเลนส์ขนาด 8 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 105-161 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 61-140 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด มีเพียงขนาดเล็กอย่างเดียวที่สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 105 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 61 โดยที่วัสดุขนาด กลาง และขนาดใหญ่ สามารถแสดงผลภาพที่ขนาดเลนส์ขยาย 4 ขนาด ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 77-407 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด มีเพียงขนาดเล็กอย่างเดียวที่สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 105 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 61 โดยที่วัสดุ

ขนาด กลาง และขนาดใหญ่ สามารถแสดงผลภาพที่ขนาดเลนส์ขยาย 4 ขนาด ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 77-407 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.1

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-16 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 105-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 105-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 105-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 105-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด มีเพียงขนาดเล็กอย่างเดียวที่สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 105 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 105 โดยที่วัสดุขนาด กลาง และขนาดใหญ่ สามารถแสดงผลภาพที่ขนาดเลนส์ขยาย 4 ขนาด ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 77-407 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.2

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 45 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	X
		16	210	140	210	X
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	X
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓
400	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	✓
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	✓
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 45 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	X
		16	210	140	210	X
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	✓
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 60 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	✓
		16	210	140	364	✓
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1,010	✓
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓
400	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	✓
		16	210	140	364	✓
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1,010	✓
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 60 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	X
		16	210	140	364	X
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1,010	✓
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 105-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 182-1,223 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 105-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 105-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด มีเพียงขนาดเล็กอย่างเดียวที่สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 105 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140

มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 182โดยที่วัสดุขนาด กลาง และขนาดใหญ่ สามารถแสดงผลภาพที่ขนาดเลนส์ขยาย 4 ขนาด ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 230-1,223 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.3

4.2.2 ผลการทดลองวัสดุประเภทพลาสติก การติดตั้งด้านล่าง

การทดลองในกลุ่มวัสดุประเภทพลาสติก แบ่งออกเป็นรายละเอียดดังนี้ ระดับมุมมอง ความสว่าง วัสดุ ขนาด เลนส์ขยาย ความสูงของกล้อง ความสูงของชิ้นงาน ระยะห่างระหว่าง กล้องและชิ้นงาน โดยสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 4.4 4.5 และ 4.6 โดยสามารถสรุปผลการทดลองอ้างอิงจากระดับมุมมอง ในการติดตั้งเป็นอันดับแรก เพื่อให้สามารถทำไปใช้งานได้สะดวก และปัจจัยอื่นๆ เป็นลำดับถัดไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 30 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร เช่นกัน และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ครบทุกขนาด คือ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตรและ 35 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้3 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 2 ระดับคือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร และ 12 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16มิลลิเมตร และ 35มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 400 กับวัสดุประเภทพลาสติก กับชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 2 ระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร และ 12 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้มากกว่าหนึ่งระดับคือ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมดที่ขนาดเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 800 กับวัสดุประเภทพลาสติก กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดเช่นกัน

2. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 45 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงาน ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ครบทุกระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร มีเพียงขนาดเล็ก ที่สามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตรเท่านั้น ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงาน ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ครบทุกระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร มีเพียงขนาดเล็ก ที่สามารถตรวจสอบได้ยกเว้นระดับ 35 ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 45 ความสว่าง 400 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาดกลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้

ทั้ง 3 ขนาดโดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือ เลนส์ระดับ 12มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมดที่ขนาดเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 45 ความสว่าง 800 กับวัสดุประเภทพลาสติก กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดเช่นกัน

3. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 60 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้หนึ่งระดับเท่านั้น คือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด เช่นกัน ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 60 ความสว่าง 200 กับวัสดุประเภทพลาสติก กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้หนึ่งระดับ คือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลางสามารถตรวจสอบได้ และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมดเช่นกัน ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 60 ความสว่าง 400 กับวัสดุประเภทพลาสติก กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาดโดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 60 ความสว่าง 400 และ 800 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดเช่นกัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้งด้านล่างประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม30 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓ (ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	X
		16	210	140	121	X
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	X
		16	266	140	153	X
		35	583	140	336	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓
400	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	✓
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	X
		35	583	140	336	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 30 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓ (ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	X
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	X
		35	583	140	336	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 61-407 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดใหญ่ที่ สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 93-407 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดใหญ่ที่ สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 93-407 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 45 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	X
		16	210	140	210	X
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	✓
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓
400	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	✓
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 45 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	X
		16	210	140	210	X
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	X
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดใหญ่ที่สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706

มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 60 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓ (ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	X
		16	210	140	364	X
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1010	✓
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1223	✓
400	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	X
		16	210	140	364	X
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1010	✓
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 60 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓ (ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	X
		16	210	140	364	X
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1010	✓
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.6 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดกลางและ

ขนาดใหญ่ที่ สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 230-1,223 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.6

4.2.3. ผลการทดลองวัสดุประเภทกระดาษ การติดตั้งด้านล่าง

การทดลองในกลุ่มวัสดุประเภทกระดาษ แบ่งออกเป็นรายละเอียดดังนี้ ระดับมุมมอง ความสว่าง วัสดุ ขนาด เลนส์ขยาย ความสูงของกล้อง ความสูงของชิ้นงาน ระยะห่างระหว่าง กล้อง และชิ้นงาน โดยสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 4.7 4.8 และ 4.9 โดยสามารถสรุปผลการทดลอง อ้างอิงจากระดับมุมมอง ในการติดตั้งเป็นอันดับแรก เพื่อให้สามารถทำไปใช้งานได้สะดวก และ ปัจจัยอื่นๆ เป็นลำดับถัดไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 30 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับ เช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้3 ระดับ คือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร เช่นกัน ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้3 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้3 ระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ16 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 200 400 และ 800 กับวัสดุประเภทกระดาษ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อม ที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบ ได้3 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถ ตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้3 ระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ16 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 200 400 และ 800 กับวัสดุประเภทกระดาษ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด เช่นกัน

2. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 45 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับ เช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้3 ระดับ คือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร เช่นกัน ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 4 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้3 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้4

ระดับ เลนส์ระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 4 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้3 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้4 ระดับ เลนส์ระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 45 ความสว่าง 200 400 และ 800 กับวัสดุประเภทกระดาษ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด เช่นกัน

3. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 60 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับ เช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้3 ระดับ คือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร เช่นกัน ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้3 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้3 ระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ16 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 200 400 และ 800 กับวัสดุประเภทกระดาษ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้3 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้3 ระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ16 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 200 400 และ 800 กับวัสดุประเภทกระดาษ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด เช่นกัน

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 30 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	✓
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓
400	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	✓
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 30 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	✓
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 93-407 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดใหญ่ที่ สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 93-407 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดใหญ่ที่ สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่

ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 93-407 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 45 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓ (ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	X
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓
400	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	✓
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	✓
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 45 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓ (ได้) X (ไม่ได้)
800	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	✓
	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	✓
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.8 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4

ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 60 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	✓
		16	210	140	364	✓
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1,010	X
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓
400	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	✓
		16	210	140	364	✓
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1,010	X
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านล่าง ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 60 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	✓
		16	210	140	364	✓
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1,010	X
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.9 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 279-1,223 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 279-1,223 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะ

ชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 279-1,223 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.9

4.2.4 ผลการทดลองวัสดุประเภทโลหะ การติดตั้งด้านบน

การทดลองในกลุ่มวัสดุประเภทโลหะ แบ่งออกเป็นรายละเอียดดังนี้ ระดับมุมมอง ความสว่าง วัสดุ ขนาด เลนส์ขยาย ความสูงของกล้อง ความสูงของชิ้นงาน ระยะห่างระหว่าง กล้องและชิ้นงาน โดยสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 4.10 4.11 และ 4.12 โดยสามารถสรุปผลการทดลองอ้างอิงจากระดับมุมมอง ในการติดตั้งเป็นอันดับแรก เพื่อให้สามารถทำไปใช้งานได้สะดวก และปัจจัยอื่นๆ เป็นลำดับถัดไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 30 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 1 ระดับคือเลนส์ 8 ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับ เช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร เช่นกัน ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 2 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร และ 12 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 400 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 1 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้4 ระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 200 400 และ 800 กับวัสดุประเภทกระดาษ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด เช่นกัน

2.การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 45 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 2 ระดับคือเลนส์ และ 12 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับ เช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตรและ 35 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับ คือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร เช่นกัน ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 4 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 1 ระดับระดับ คือ 8

มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้4 ระดับ เลนส์ระดับ คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 45 800 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดเช่นกัน

3.การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 60 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 2 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร และ 12 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับ คือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 200 และ 400 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 1 ระดับระดับ คือ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 800 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด เช่นกัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 30 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X(ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	X
		16	210	140	121	X
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	✓
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓
400	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	X
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	✓
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 30 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	X
		16	210	140	121	X
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.10 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 77-407 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 77-407 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดใหญ่ที่สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706

มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 93-407 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 45 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาดชิ้นงาน	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	X
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	✓
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓
400	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	✓
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	✓
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 45 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาดชิ้นงาน	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	X
		16	210	140	210	X
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	X
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.11 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 105-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 105-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร เฉพาะขนาดใหญ่ ที่ระยะห่าง

ระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 60 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	✓
		35	460	140	265	✓
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1,010	✓
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓
400	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	✓
		16	210	140	364	X
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1,010	✓
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุโลหะระดับมุม 60 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	X
		16	210	140	364	X
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1010	X
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.12 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 230-1,223 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 230-1,223 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 279-1,223 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.12

4.2.5. ผลการทดลองวัสดุประเภทพลาสติก การติดตั้งด้านบน

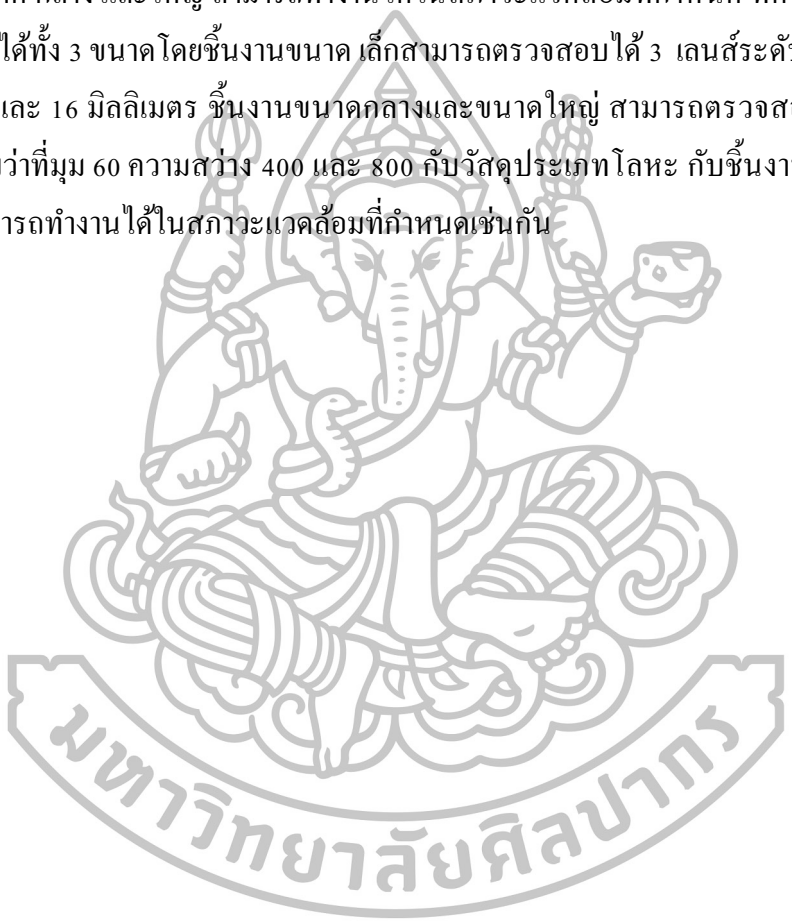
การทดลองในกลุ่มวัสดุประเภทพลาสติก แบ่งออกเป็นรายละเอียดดังนี้ ระดับมุมมอง ความสว่าง วัสดุ ขนาด เลนส์ขยาย ความสูงของกล้อง ความสูงของชิ้นงาน ระยะห่างระหว่าง กล้องและชิ้นงาน โดยสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 4.13 4.14 และ 4.15 โดยสามารถสรุปผลการทดลองอ้างอิงจากระดับมุมมอง ในการติดตั้งเป็นอันดับแรก เพื่อให้สามารถทำไปใช้งานได้สะดวก และปัจจัยอื่นๆ เป็นลำดับถัดไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 30 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับ คือ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตรและ 35 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ครบทุกขนาด คือ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตรและ 35 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด คือ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง และ ขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 200 และ 400 กับวัสดุประเภทพลาสติก สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาดโดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมดที่ขนาดเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 800 กับวัสดุประเภทพลาสติก กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดเช่นกัน

2. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 45 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงาน ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ครบทุกระดับ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร 16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร มีเพียงขนาดเล็ก ที่ไม่สามารถตรวจสอบได้เฉพาะ เลนส์ระดับ 35 มิลลิเมตรเท่านั้น ที่ความสว่าง 200 400 ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 45 ความสว่าง 200 400 และ 800 กับวัสดุประเภทพลาสติก กับชิ้นงานขนาดกลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดเช่นกัน

3. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 60 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้หนึ่งระดับเท่านั้น คือ เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด เช่นกัน

ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 60 ความสว่าง 200 กับวัสดุประเภทพลาสติก กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้หนึ่งระดับ คือเลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมดเช่นกัน ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 60 ความสว่าง 400 กับวัสดุประเภทพลาสติก กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ทั้ง 3 ขนาดโดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 เลนส์ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 60 ความสว่าง 400 และ 800 กับวัสดุประเภทโลหะ กับชิ้นงานขนาด กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนดเช่นกัน



ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบนประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 30 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	X
		16	210	140	121	X
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	✓
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓
400	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	✓
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	✓
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบนประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 30 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	✓
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	✓
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.13 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 77-407 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่ สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 77-407 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่ สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่

ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 77-407 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบน ประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม45 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	✓
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓
400	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	✓
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 45 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	✓
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.14 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดใหญ่ที่สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706

มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้งด้านบน ประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม60 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาดชิ้นงาน	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	X
		16	210	140	364	X
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1,010	✓
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓
400	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	✓
		16	210	140	364	✓
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1,010	✓
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุพลาสติกระดับมุม 60 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาดชิ้นงาน	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	✓
		16	210	140	364	✓
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1,010	✓
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.15 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดกลางและขนาดใหญ่ที่ สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับ

ชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 230-1,223 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.15

4.2.6 ผลการทดลองวัสดุประเภทกระดาษ การติดตั้งด้านบน

การทดลองในกลุ่มวัสดุประเภทกระดาษ แบ่งออกเป็นรายละเอียดดังนี้ ระดับมุมมอง ความสว่าง วัสดุ ขนาด เลนส์ขยาย ความสูงของกล้อง ความสูงของชิ้นงาน ระยะห่างระหว่าง กล้องและชิ้นงาน โดยสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 4.16 4.17 และ 4.18 โดยสามารถสรุปผลการทดลองอ้างอิงจากระดับมุมมอง ในการติดตั้งเป็นอันดับแรก เพื่อให้สามารถทำไปใช้งานได้สะดวก และปัจจัยอื่นๆ เป็นลำดับถัดไป โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 30 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับเช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับเช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับเช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 30 ความสว่าง 200 400 และ 800 กับวัสดุประเภทกระดาษ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด เช่นกัน

2. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 45 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับเช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับเช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ที่ความ

สว่าง 800 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับเช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 45 ความสว่าง 200 400 และ 800 กับวัสดุประเภทกระดาษ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด เช่นกัน

3. การติดตั้งที่สามารถวัดผลได้จากการทดลองที่ระดับมุมมอง 60 องศา ที่ความสว่าง 200 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับเช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับเช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 สามารถตรวจได้ 3 ขนาด โดยชิ้นงานขนาด เล็กสามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร ชิ้นงานขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ 3 ระดับเช่นกัน คือ ระดับ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร และชิ้นงานขนาดใหญ่ สามารถตรวจสอบได้ 4 ระดับคือเลนส์ 8 มิลลิเมตร 12 มิลลิเมตร16 มิลลิเมตร และ 35 มิลลิเมตร ซึ่งทำให้ทราบว่าที่มุม 60 ความสว่าง 200 400 และ 800 กับวัสดุประเภทกระดาษ กับชิ้นงานขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ สามารถทำงานได้ในสภาวะแวดล้อมที่กำหนด เช่นกัน

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 30องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	✓
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓
400	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	✓
		35	460	140	265	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	336	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 30 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	61	✓
		12	157	140	91	✓
		16	210	140	121	✓
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	77	✓
		12	200	140	115	✓
		16	266	140	153	✓
		35	583	140	1010	X
	ใหญ่	8	161	140	93	✓
		12	242	140	140	✓
		16	322	140	186	✓
		35	706	140	407	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.16 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่สามารถใช้เลนส์ขยายได้ 4 ระดับ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 93-407 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดใหญ่ที่ สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 93-407 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด โดยมีเฉพาะขนาดใหญ่ที่ สามารถแสดงผลภาพได้ที่ขนาดเลนส์ 8-35 มิลลิเมตร ที่

ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 93-407 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 45องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	X
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓
400	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	X
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 45 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	105	✓
		12	157	140	157	✓
		16	210	140	210	✓
		35	460	140	460	X
	กลาง	8	133	140	133	✓
		12	200	140	200	✓
		16	266	140	266	✓
		35	583	140	583	X
	ใหญ่	8	161	140	161	✓
		12	242	140	242	✓
		16	322	140	322	✓
		35	706	140	706	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.17 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร ความ

สูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 161-706 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม60 องศา

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓ (ได้) X (ไม่ได้)
200	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	✓
		16	210	140	364	✓
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1010	X
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓
400	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	✓
		16	210	140	364	✓
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1010	X
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลอง ตำแหน่งของการติดตั้ง ด้านบน ประเภทวัสดุกระดาษระดับมุม 60 องศา (ต่อ)

ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓ (ได้) X (ไม่ได้)
800	เล็ก	8	105	140	182	✓
		12	157	140	272	✓
		16	210	140	364	✓
		35	460	140	797	X
	กลาง	8	133	140	230	✓
		12	200	140	346	✓
		16	266	140	461	✓
		35	583	140	1010	X
	ใหญ่	8	161	140	279	✓
		12	242	140	419	✓
		16	322	140	558	✓
		35	706	140	1,223	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.18 พบว่า ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 279-1,223 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 400 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 279-1,223 มิลลิเมตร ที่ความสว่าง 800 ลักซ์ สามารถแสดงผลภาพได้ทั้ง 3 ขนาด ที่กำลังขยายเลนส์ขนาด 8-35 มิลลิเมตร มีเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ ที่ระยะห่างระหว่างกล้องกับ

ชิ้นงาน 133-706 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องจากพื้นที่ติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงาน 279-1,223 มิลลิเมตร สามารถดูข้อมูลประกอบได้จากตารางที่ 4.18

4.3 ผลการจัดทำข้อมูลทางเทคนิคการติดตั้งระบบภายใต้ขอบเขตการศึกษา

การจัดทำข้อมูลเชิงเทคนิคเพื่อนำไปใช้ในการติดตั้งระบบ Vision System ภายใต้ขอบเขตการศึกษาที่กำหนดโดยผู้ศึกษาขอพิจารณาหารเลือกวัตถุเป็นหลักเกณฑ์การติดตั้งระบบโดยมีรายละเอียดดังนี้

การเลือกระบบที่นำไปตรวจสอบวัสดุเป็น โลหะ ที่มีขนาดตัวอักษรขนาด 1.5 ถึง 3 มิลลิเมตร ควรเลือกการติดตั้งด้านบนที่ควรมีความสว่างอย่างน้อย 200 และทำมุมอย่างน้อย 45 องศา ใช้พื้นที่ในการติดตั้งที่มีระยะความสูงของชิ้นงานไม่เกิน 105 ถึง 322 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุ 182 ถึง 1,222 มิลลิเมตร โดยมีข้อจำกัดการติดตั้งวัสดุตำแหน่งด้านล่างที่มีความสว่างน้อยกว่า 200 และมุมต่ำกว่า 30 จะทำให้พื้นที่ไม่มีความสว่างเพียงพอต่อการตรวจจับตัวอักษรขนาดเล็ก

การเลือกระบบที่นำไปตรวจสอบเป็นพลาสติก ที่มีขนาด 1.5 ถึง 3 มิลลิเมตร ควรเลือกการติดตั้งด้านล่างที่มีความสว่างอย่างน้อย 200 และทำมุมอย่างน้อย 45 องศาใช้พื้นที่ในการติดตั้งที่มีระยะความสูงของชิ้นงานไม่เกิน 105 ถึง 322 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุ 182 ถึง 1,222 มิลลิเมตร โดยมีข้อจำกัดการติดตั้งวัสดุตำแหน่งด้านบนที่มีความสว่างน้อยกว่า 200 หรือมากกว่า 800 และมุมต่ำกว่า 30 จะทำให้พื้นที่ไม่มีความสว่างเพียงพอต่อการตรวจจับตัวอักษรขนาดเล็ก และชิ้นงานจะเกิดการสะท้อนทำให้การตรวจจับภาพไม่มีประสิทธิภาพ

การเลือกระบบที่นำไปตรวจสอบวัสดุเป็น กระดาษ ที่มีขนาดตัวอักษรขนาด 1.5 ถึง 3 มิลลิเมตร สามารถเลือกการติดตั้งได้ทั้งด้านบนและ ด้านล่าง ที่มีความสว่างอย่างน้อย 200 และทำมุมอย่างน้อย 30 องศา ใช้พื้นที่ในการติดตั้งที่มีระยะความสูงของชิ้นงานไม่เกิน 105 ถึง 322 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างกล้องกับวัตถุ 182 ถึง 1,222 มิลลิเมตร โดยวัสดุประเภทกระดาษเป็นวัสดุที่สามารถตรวจจับได้ง่าย และมีผลกระทบที่เกิดจากความสว่างน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลทางเทคนิคสำหรับการติดตั้งระบบตรวจสอบด้วยภาพ ภายใต้ขอบเขตการศึกษา

ชนิดของวัสดุ	ทำมุมระดับองศา	ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาดของวัสดุ	ขนาดของเลนส์	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)
กระ ดาษ	30	200	เล็ก	8,12,16	105-210	60-121
			กลาง	8,12,16	133-266	77-153
			ใหญ่	8,12,16,35	161-322	92-407
	45	400	เล็ก	8,12,16	105-210	60-121
			กลาง	8,12,16	133-266	77-153
			ใหญ่	8,12,16,35	161-322	92-407
	60	800	เล็ก	8,12,16	105-210	182-163
			กลาง	8,12,16	133-266	230-460
			ใหญ่	8,12,16,35	161-322	278-1222
พลาสติก	30	200	เล็ก	8,12,16	105-210	105-210
			กลาง	8,12,16	133-266	133-266
			ใหญ่	8,12,16,35	161-322	161-322
	45	400	เล็ก	8,12,16	105-210	105-210
			กลาง	8,12,16	133-266	133-266
			ใหญ่	8,12,16,35	161-322	161-322
	60	800	เล็ก	8,12,16	105-210	182-163
			กลาง	8,12,16	133-266	230-460
			ใหญ่	8,12,16,35	161-322	278-1222

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm

ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

ตารางที่ 4.19 ข้อมูลทางเทคนิคสำหรับการติดตั้งระบบตรวจสอบด้วยภาพ ภายใต้ขอบเขตการศึกษา (ต่อ)

ชนิดของวัสดุ	ทำมุมระดับองศา	ความสว่าง (ลักซ์)	ขนาดของวัสดุ	ขนาดของเลนส์	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)
โลหะ	30	200	เล็ก	8,12,16	105-210	182-163
			กลาง	8,12,16	133-266	230-460
			ใหญ่	8,12,16,35	161-322	278-1222
	45	400	เล็ก	8,12,16	105-210	182-163
			กลาง	8,12,16	133-266	230-460
			ใหญ่	8,12,16,35	161-322	278-1222
	60	800	เล็ก	8,12,16	105-210	182-163
			กลาง	8,12,16	133-266	230-460
			ใหญ่	8,12,16,35	161-322	278-1222

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm
ขนาดกลาง คือ 9 cm x 3 cm x 0.5 cm
ขนาดใหญ่ คือ 11 cm x 4 cm x 0.5 cm

มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.4 การยืนยันผลการทดลองกับสภาพแวดล้อมการทำงานจริง

การทดสอบผลการทดลองในหัวข้อนี้ เพื่อนำผลการศึกษาที่ได้มา นำไปประยุกต์ใช้กับหน้างานจริงที่สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงกัน เพื่อยืนยันผลการทดสอบว่าสามารถนำไปใช้ได้จริงกับหน้างานที่สร้างสภาวะแวดล้อมเดียวกัน โดยการทดลองใช้หน้างานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมนี้ มีเครื่องมือในการดำเนินงานเหมือนการทดลองทุกอย่าง เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลการทดลอง และผลที่ได้สามารถนำไปเปรียบเทียบได้กับข้อมูลที่เกิดจากการทดลองในหัวข้อที่ 4.3 โดยมีรายละเอียดและการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบหน้างานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม
    1.1. ฐานติดตั้งกล้อง ที่ผ่านการออกแบบ
    1.2. อุปกรณ์ถ่ายภาพ หรือ กล้องถ่ายภาพ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการเชื่อมต่อ
    1.3. อุปกรณ์ขยายกำลังการถ่ายภาพ หรือ เลนส์
    1.4. อุปกรณ์กำเนิดแสง
    1.5. ชุดประมวลผล ด้วยคอมพิวเตอร์ และจอภาพ
    1.6. โปรแกรมสำหรับประมวลผล สำเร็จรูป
    1.7. อุปกรณ์วัดค่าความสว่าง หรือ ลักซ์มิเตอร์
2. ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบ และหน้างานจริง
    2.1. สายพานลำเลียงชิ้นงานขนาดยาว 1.5 เมตร กว้าง 0.2 เมตรควบคุมด้วยระบบมอเตอร์
    2.2. ชิ้นงานที่ใช้ในการตรวจสอบ 3 ประเภทคือ หม้อแปลงขนาดเล็ก ที่มีองค์ประกอบของวัสดุต่างกัน
    2.3. หม้อแปลงที่หุ้มด้วยวัสดุประเภทกระดาษ ชิ้นงานเป็นหม้อแปลงขนาดบริเวณตรวจสอบ 2 เซนติเมตร x 0.5 เซนติเมตร ตัวอักษรสีดำเข้มสามารถถ่ายภาพได้ชัดเจน

ภาพที่ 4.2 หม้อแปลงที่หุ้มด้วยวัสดุประเภทกระดาษ (ขนาดเล็ก)

2.4. หม้อแปลงที่หุ้มด้วยโลหะ หรือ อะลูมิเนียมชิ้นงานเป็นหม้อแปลงขนาดบริเวณตรวจสอบ 1 เซนติเมตร x 1 เซนติเมตร ตัวอักษรสีดำเข้มสามารถถ่ายภาพได้ชัดเจน

ภาพที่ 4.3 หม้อแปลงที่หุ้มด้วยโลหะ หรือ อะลูมิเนียม (ขนาดเล็ก)

2.5. หม้อแปลงที่หุ้มด้วยวัสดุพลาสติก ชิ้นงานเป็นหม้อแปลงขนาดบริเวณตรวจสอบ 3.5 เซนติเมตร x 1.5 เซนติเมตร ตัวอักษรสีดำเข้มสามารถถ่ายภาพได้ชัดเจน

ภาพที่ 4.4 หม้อแปลงที่หุ้มด้วยวัสดุพลาสติก (ขนาดเล็ก)

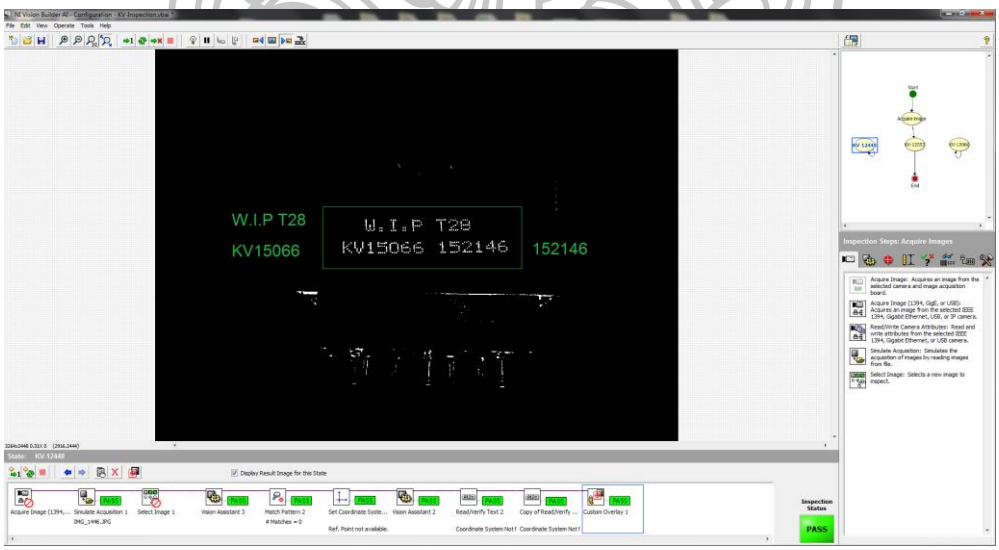
2.6. สายพานลำเลียงชิ้นงานขนาดยาว 1.5 เมตร กว้าง 0.2 เมตรควบคุมด้วยระบบมอเตอร์

สายพานลำเลียงมีความเร็วในขณะปฏิบัติงาน 60 ชิ้น / นาที โดยการทำงานขอมอเตอร์จะไม่ส่งผลกับการทดลองเนื่องจาก ติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของชุดมอเตอร์ และเซ็นเซอร์ในการตรวจจับชิ้นงานเพื่อให้ถ่ายภาพ ณ เวลาที่ชิ้นงานเคลื่อนที่ผ่านบริเวณหน้ากล้อง ทำให้ปัจจัยในการทดลองและ การใช้หน้างานจริงไม่ส่งผลต่างกันมาก จึงสามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูลจริงกับผลการทดลองได้

ภาพที่ 4.5 สายพานลำเลียงชิ้นงานขนาดยาว 1.5 เมตร กว้าง 0.2 เมตรควบคุมด้วยระบบมอเตอร์

2.7. โปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบสำหรับหน้างาน โรงงานอุตสาหกรรม

โปรแกรมที่เขียนเฉพาะหน้างาน



ภาพที่ 4.6 หน้าจอแสดงผลโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบ

4.4.1. ขั้นตอนการทดลอง

1. ติดตั้งฐานยึดกล้อง และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ในการควบคุมระบบทดสอบ และชุดคอมพิวเตอร์ประมวลผล โปรแกรมสำหรับการประมวลผลภาพ และ ชิ้นงานสำหรับการทดสอบที่จำนวน 3 ชิ้น เพื่อให้ทราบความถูกต้องของการทดลอง

2. ทดสอบค่าตัวแปรความสว่างให้มีความใกล้เคียงกันโดยใช้ลักซ์มิเตอร์ วัดค่าความสว่างในพื้นที่อย่างน้อย 4 จุดรอบบริเวณ การติดตั้งชุดทดสอบ โดยค่าที่ได้ คือ 253-316 ลักซ์

3. จัดทำตารางเปรียบเทียบข้อมูลชุดการทดลองและการทดสอบหน้างานจริง โดยมีตัวแปรที่ใช้การการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 4.20 ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบหน้างานจริง เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบ ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ กับชิ้นงาน ประเภท โลหะ

ระดับมุมมอง (องศา)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)	ผลการทดสอบจริง ✓(ได้) X (ไม่ได้)
30	เล็ก	8	105	140	61	✓	X
		12	157	140	91	X	X
		16	210	140	121	X	X
		35	460	140	265	X	X
45	เล็ก	8	105	140	105	✓	X
		12	157	140	157	✓	✓
		16	210	140	210	X	X
		35	460	140	460	X	X
60	เล็ก	8	105	140	182	✓	X
		12	157	140	91	✓	✓
		16	210	140	121	✓	✓
		35	460	140	265	✓	✓

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.20 พบว่าที่ ความสว่าง 200 ลักซ์ ที่มุมองศา 30 ชิ้นงานขนาดเล็ก ที่เลนส์ขยายขนาด 8 มิลลิเมตร มีผลการทดสอบหน้างานจริงที่ไม่ตรงกับการทดลอง โดยโปรแกรมไม่สามารถอ่านค่าได้เนื่องจากความเร็วของสายพานมีผลกับการถ่ายภาพ และตัวอักษรขนาดเล็ก ทำให้ในการทดลองที่ชิ้นงานประเภทโลหะที่ชิ้นงานขนาดเล็ก ไม่สามารถถ่ายภาพได้ เนื่องจากการใช้ความเร็วในการทดลอง และ ชิ้นงานเป็นวัสดุประเภทโลหะ พบว่าแสงสว่างมีผลกับการถ่ายภาพ เนื่องจากเกิดแสงสะท้อนในการถ่ายภาพ

ในส่วนชิ้นงานขนาดเล็ก และเลนส์ขยายขนาดมากกว่า 8 มิลลิเมตร สามารถถ่ายภาพได้อย่างปกติและเป็นไปตามผลการทดลองทุกประการ เนื่องจากเลนส์สามารถถ่ายภาพได้ชัดมากขึ้นด้วยกำลังขยายที่เพิ่มขึ้น ทำให้ภาพมีขนาดใหญ่จนสามารถประมวลผลออกมาได้

<u>ทดสอบผลการทดลอง</u> ที่ มุม 45 องศา ชิ้นงานขนาดเล็ก เลนส์ขยาย 12 มิลลิเมตร ประเภทโลหะ

Z = .559 (1 ด้านล่าง) + .424 (2 45 องศา) + .516 (1 โลหะ) + 2.605 (1 ขนาดเล็ก) - 1.883 (2 เลนส์ขยายขนาด 12 มิลลิเมตร)

Z = 0.559+0.848+0.516+2.605-3.766 = 0.762

Prob (การวิเคราะห์ภาพ) = $1/1+e^{-(0.762)}$ = 0.682

จากผลการวิเคราะห์นี้เราพยากรณ์ว่า ตามตัวแปรที่กำหนดสามารถวิเคราะห์ภาพได้ โดยยึดเกณฑ์ความน่าจะเป็น 0.5 เป็นไปตามตรงตามผลการทดลอง และผลทดสอบ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 4.21 ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบหน้างานจริง เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบ ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ กับชิ้นงาน ประเภท พลาสติก

ระดับมุมมอง (องศา)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)	ผลการทดสอบจริง ✓(ได้) X (ไม่ได้)
30	เล็ก	8	105	140	61	✓	✓
		12	157	140	91	X	✓
		16	210	140	121	X	X
		35	460	140	265	X	X
45	เล็ก	8	105	140	105	✓	✓
		12	157	140	157	✓	✓
		16	210	140	210	✓	✓
		35	460	140	460	X	X
60	เล็ก	8	105	140	182	✓	✓
		12	157	140	272	X	X
		16	210	140	364	X	X
		35	460	140	797	X	X

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.21 พบว่าที่ความสว่าง 200 ลักซ์ มุมองศา 30 ขนาดเล็ก กำลังขยายของเลนส์ขนาด 12 มิลลิเมตร มีข้อมูลไม่ตรงกับการทดลองผลที่ได้จากการทดลองคือ ระบบไม่สามารถตรวจสอบได้ แต่จากการศึกษาหน้างานจริงพบว่าสามารถตรวจสอบได้ ในส่วนการทดสอบ และตรงกับข้อมูลจากการทดลอง

จากผลที่เกิดขึ้นกับการทดสอบหน้างานจริงสามารถอธิบายได้ว่า ระบบสามารถตรวจสอบได้เนื่องจากประเภทของวัสดุที่เป็นพลาสติกสีขาวและตัวอักษรอยู่ห่างกันชัดเจนจนสามารถมองได้ว่ามีขอบเขตของตัวอักษรสิ้นสุดที่บริเวณไหนทำให้โปรแกรมสามารถตรวจสอบได้

ทดสอบผลการทดลอง ที่ มุม 60 องศา ชิ้นงานขนาดเล็ก เลนส์ขยาย 8 มิลลิเมตร ประเภทพลาสติก

Z = .559 (1 ด้านล่าง) + .424 (1 60องศา) + .516 (2 พลาสติก) + 2.605 (1 ขนาดเล็ก) - 1.883 (1 เลนส์ขยายขนาด 8 มิลลิเมตร)

Z = 0.559+0.424+1.032+2.605-1.883 = 2.737

Prob (การวิเคราะห์ภาพ) = $1/1+e^{-(2.737)}$ = 0.939

จากผลการวิเคราะห์นี้เราพยากรณ์ว่า ตามตัวแปรที่กำหนดสามารถวิเคราะห์ภาพได้ โดยยึดเกณฑ์ความน่าจะเป็น 0.5 เป็นไปตามตรงตามผลการทดลอง และผลทดสอบ

ตารางที่ 4.22 ปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบหน้างานจริง เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบ ที่ความสว่าง 200 ลักซ์ กับชิ้นงาน ประเภท กระดาษ

ระดับมุมมอง (องศา)	ขนาด	เลนส์ขยาย	ระยะกล้องถึงชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ความสูงของกล้องจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ความสูงของชิ้นงานจากฐานติดตั้ง (มิลลิเมตร)	ผลการประมวลผลภาพถ่าย ✓(ได้) X (ไม่ได้)	ผลการทดสอบจริง ✓(ได้) X (ไม่ได้)
30	เล็ก	8	105	140	61	✓	✓
		12	157	140	91	✓	✓
		16	210	140	121	✓	✓
		35	460	140	265	X	X
45	เล็ก	8	105	140	105	✓	✓
		12	157	140	157	✓	✓
		16	210	140	210	✓	✓
		35	460	140	460	X	X
60	เล็ก	8	105	140	182	✓	✓
		12	157	140	272	✓	✓
		16	210	140	364	✓	✓
		35	460	140	797	X	X

หมายเหตุ ขนาดเล็ก คือ 7 cm x 2.5 cm x 0.5 cm

จากตารางที่ 4.22 พบว่า เป็นไปตามข้อมูลจากการทดลองทุกประการไม่พบว่าตัวแปรไหนไม่ตรงการการทดลองสามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้คือ ชิ้นงานจริงเป็นกระดาษสีครีมขาว ตัวอักษรสีดำทำให้สามารถประมวลผลได้ใกล้เคียงกับการทดลองเนื่องจากวัสดุไม่มีความแตกต่างกัน

4.เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ และออกแบบการทดลองหน้างานจริงในโรงงานแล้ว จึงดำเนินการทดสอบที่จำนวน 3 ชิ้น และจำบันทึกผลการทดสอบ โดยวิเคราะห์จาก 2 ใน 3 ของข้อมูลที่โปรแกรมประมวลผลออกมาว่าสามารถทำงานได้ หรือไม่ได้

ทดสอบผลการทดลอง ที่ มุม 30 องศา ชิ้นงานขนาดเล็ก เลนส์ขยาย 35 มิลลิเมตร ประเภทพกระดาษ

Z = .559 (1 ด้านล่าง) + .424 (3 30องศา) + .516 (3 พลาสติก) + 2.605 (1 ขนาดเล็ก) - 1.883 (4 เลนส์ขยายขนาด 35 มิลลิเมตร)

Z = 0.559+1.272+1.548+2.605-7.532 = -1.548

Prob (การวิเคราะห์ภาพ) = 1/1+$e^{-(-1.548)}$ = 0.175

จากผลการวิเคราะห์นี้เราพยากรณ์ว่า ตามตัวแปรที่กำหนดไม่สามารถวิเคราะห์ภาพได้ โดยยึดเกณฑ์ความน่าจะเป็น 0.5 เป็นไปตามตรงตามผลการทดลอง และผลทดสอบ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

4.5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก

การทดลองระบบตรวจสอบด้วยภาพภายใต้ข้อกำหนด ระดับมุมมอง ความสว่าง วัสดุ ขนาด เลนส์ขยาย ความสูงของกล้อง ความสูงของชิ้นงาน ระยะห่างระหว่าง กล้องและชิ้นงาน สามารถวิเคราะห์ผลด้วยหลักการทางสถิติ ผ่านสถิติทดสอบการถดถอยโลจิสติก (Logistic regression) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระในรูปแบบสมการพยากรณ์ โดยจากผลการทดสอบของงานวิจัยนี้ ที่ตัวแปรตาม (Y) เป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีค่าเพียงสองค่าคือ

Y = 1 หมายถึง ประมวลผลภาพถ่ายได้

= 0 หมายถึง ประมวลผลภาพถ่ายไม่ได้

ตารางที่ 4.23 ลักษณะของข้อมูลหรือจำนวนการถ่ายรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อตัวแปร	รหัส / ความหมาย	ระดับการวัด
ผลการถ่ายภาพ (ตัวแปรตาม)	0 = ภาพถ่ายไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ 1 = ภาพถ่ายสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้	Nominal
ตำแหน่งในการศึกษา	1 = ภาพถ่ายจากตำแหน่งด้านบน 2 = ภาพถ่ายจากตำแหน่งด้านล่าง	Nominal
ระดับมุมมอง	1 = ระดับมุมมอง 30 องศา 2 = ระดับมุมมอง 45 องศา 3 = ระดับมุมมอง 60 องศา	Nominal
ความสว่าง	1 = ความสว่าง 200 ลักซ์ 2 = ความสว่าง 400 ลักซ์ 3 = ความสว่าง 600 ลักซ์	Nominal
วัสดุศึกษา	1 = วัสดุ ประเภทกระดาษ 2 = วัสดุ ประเภทโลหะ 3 = วัสดุ ประเภทพลาสติก	Nominal
ขนาดชิ้นงาน	1 = ชิ้นงานขนาดเล็ก 2 = ชิ้นงานขนาดกลาง 3 = ชิ้นงานขนาดใหญ่	Nominal

ตารางที่ 4.23 ลักษณะของข้อมูลหรือจำนวนการถ่ายรูปที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

ชื่อตัวแปร	รหัส / ความหมาย	ระดับการวัด
เลนส์ขยาย	1 = เลนส์ขยายขนาด 8 มิลลิเมตร 2 = เลนส์ขยายขนาด 12 มิลลิเมตร 3 = เลนส์ขยายขนาด 16 มิลลิเมตร 4 = เลนส์ขยายขนาด 35 มิลลิเมตร	Nominal
ระยะ X ระยะระหว่างตำแหน่งกล้องถึงตำแหน่งชิ้นงาน	ระยะทาง	Scale
ระยะ Y1 ระยะระหว่างตำแหน่งกล้องถึงฐานตั้ง	ระยะทาง	Scale
ระยะ Y2 ระยะระหว่างตำแหน่งชิ้นงานถึงฐานตั้ง	ระยะทาง	Scale

ทำให้ข้อมูลมีความเหมาะสมในวิการวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์แบบ Binary Logistic โดยผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์แบบ Backward ของ Wald เนื่องจากวิธีการ Backward ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่าวิธีการ Enter หรือ Forward เนื่องจากการวิเคราะห์ตัวแปรทั้งหมดในครั้งเดียวแบบ Enter ส่งผลให้ผลของสมการพยากรณ์ที่ได้รับยังคงมีการคำนวณค่าการตัวแปรที่ไม่สมควรมีอยู่ในสมการ ส่วนการเพิ่มตัวแปรในการวิเคราะห์แบบวิธีการ forward จะส่งผลให้ค่า Inter-correlation เปลี่ยนแปลงไปตั้งแต่ช่วงต้นของการวิเคราะห์และเปลี่ยนแปลงหลายครั้งจากการเพิ่มตัวแปรอย่างซ้ำ ๆ ซึ่งอาจทำให้ผลที่ได้มีจำนวนตัวแปรไม่ครบตามความเป็นจริง (Gary, 1986)

ตารางที่ 4.24 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมในการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกของระบบตรวจสอบด้วยภาพ ด้วย Hosmer and Lemeshow Test

Step	Chi-square	df	Sig.
1	8.468	8	0.389
2	9.754	8	0.283
3	14.477	8	0.070
4	22.635	8	0.004
5	13.505	8	0.096

ตารางที่ 4.24 ผลการวิเคราะห์ตัวแบบารวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกของระบบตรวจสอบด้วยภาพ ด้วย

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
1	311.587	0.596	0.794
2	311.642	0.596	0.794
3	312.140	0.595	0.794
4	313.486	0.594	0.793
5	315.077	0.593	0.791

จากตารางที่ 4.23 – 4.24 พบว่า เป็นวิธีการทดสอบความเหมาะสมของ Model โดยดูจากค่า -2 Log likelihood (Deviance) และ Pseudo R Square (Cox & Snell R Square, Nagelkerke R Square) ค่า Deviance ของ model ที่มีค่าต่ำกว่าแสดงว่า model นั้นมีความเหมาะสม ส่วนค่า Pseudo R Square นั้นคล้ายค่า R Square ใน Linear Regression คือค่าของความแปรปรวนของตัวแปรตามที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรต้น ตัวแบบวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก มีความเหมาะสมในการใช้อธิบายการตัดสินใจ เนื่องจากค่า Sig ในการวิเคราะห์ Hosmer and Lemeshow goodness of fit test มีค่าสูงกว่า 0.05 ในทั้งห้าขั้นตอนของการวิเคราะห์ โดยตัวแบบท้ายสุดสามารถอธิบายผลของปัจจัยในการทดลองระบบตรวจสอบด้วยภาพ ได้ร้อยละ 79.1 หรือตัวแบบสามารถพยากรณ์ได้ด้วยความแม่นยำ 79.1%

ตารางที่ 4.25 ตัวแปรที่คงไว้ในตัวแบบถดถอยโลจิสติกของระบบตรวจสอบด้วยภาพ

ตัวแปร	B	S.E.	Wald	df	Sig	Exp(B)
ตำแหน่งในการศึกษา	0.559	0.250	4.998	1	0.025	1.748
ระดับมุมมอง	0.424	0.163	6.752	1	0.009	1.527
วัสดุศึกษา	0.516	0.165	9.820	1	0.002	1.675
ขนาดชิ้นงาน	2.605	0.259	101.327	1	0.000	13.527
เลนซ์ขยาย	-1.883	0.188	100.185	1	0.000	0.152

จากตารางที่ 4.25 พบว่า ค่า Sig ของปัจจัย ตำแหน่งในการศึกษา วัสดุศึกษา ขนาดชิ้นงาน เลนซ์ขยาย และแกนแนวขวาง (X) มีค่าต่ำกว่า 0.05 แสดงว่าปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการพยากรณ์ผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปัจจัยทั้งหมดส่งผลให้เชิงบวกในการตรวจสอบด้วยภาพหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นปัจจัยเลนซ์ขยายที่ส่งผลในเชิงลบ หรือหมายความว่า เมื่อเพิ่มเลนซ์ขยายจะทำให้การตรวจสอบด้วยภาพได้ผลลัพธ์ที่แย่ลง ซึ่งจากค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้สามารถเขียนสมการถดถอยโลจิสติกได้ดังนี้

Y = 0.559(ตำแหน่งในการศึกษา) x 0.424(ระดับมุมมอง) x 0.516(วัสดุศึกษา) x 2.605 (ขนาดชิ้นงาน) x (-1.883)(เลนซ์ขยาย)

4.5 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และค่าอุปกรณ์ในการศึกษา

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินการทดลอง สามารถแบ่งออกได้เป็น ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์สำหรับถ่ายภาพ ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์สำหรับประมวลผลภาพ ค่าใช้จ่ายวัสดุในการทดลอง ค่าใช้จ่ายในการออกแบบ ติดตั้ง ค่าใช้จ่ายโปรแกรมประมวลผลภาพ และ ค่าแรงในการดำเนินโครงการ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และค่าอุปกรณ์ในการศึกษา

ลำดับ	รายการ	รุ่น/ยีห้อ	วัตถุดิบ	ค่าแรงงาน	ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	ค่าใช้จ่ายโครงการ
ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์สำหรับถ่ายภาพ						
1	กล้องถ่ายอุตสาหกรรม	DFK 23UP031/ Imaging Source	23,100.00			23,100.00
2	เลนส์ขยายขนาด 8 มิลลิเมตร	SV-0813V/VS Technology	3,600.00			3,600.00
3	เลนส์ขยายขนาด 12 มิลลิเมตร	SV-1214V/VS Technology	3,600.00			3,600.00
4	เลนส์ขยายขนาด 16 มิลลิเมตร	SV-1614V/VS Technology	3,600.00			3,600.00
5	เลนส์ขยายขนาด 35 มิลลิเมตร	SV-3518V/VS Technology	3,600.00			3,600.00
6	หลอดไฟให้ความสว่าง ชนิดวงแหวน	VL-EXC100100R/VS Technology	6,000.00			6,000.00
7	หม้อแปลงจ่ายไฟ 24 โวต์ เข้าหลอดไฟ	VS-PSA2410-1/VS Technology	10,000.00			10,000.00
รวมค่าใช้จ่าย			53,500.00			53,500.00

หน่วย : บาท

ตารางที่ 4.23 ประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และค่าอุปกรณ์ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	รุ่น/ยีห้อ	วัตถุดิบ	ค่าแรงงาน	ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	ค่าใช้จ่ายโครงการ
ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์สำหรับประมวลผลภาพ						
8	คอมพิวเตอร์สำหรับปฏิบัติงาน	VOSTRO 3902-W260935TH/Dell	25,000.00			25,000.00
9	หน้าจอแสดงผลการประมวลผล ขนาด 218.5 นิ้ว	18.5" LED DELL E1916H/Dell	4,000.00			4,000.00
10	อุปกรณ์ คีย์บอร์ดและเมาส์	MK200/LOGITECH MEDIA	800.00			800.00
รวมค่าใช้จ่าย			29,800			29,800
ค่าใช้จ่ายวัสดุในการทดลอง						
11	ค่าชิ้นงานสำหรับการทดลอง จำนวน 9 ชิ้น	Make to Order	1,800.00			1,800.00
รวมค่าใช้จ่าย			1,800.00			1,800.00
ค่าใช้จ่ายในการออกแบบ และติดตั้ง						
12	วัสดุในการทำฐานติดตั้งกล้อง (ใช้ในการทดลอง)	Make to Order	15,000.00			15,000.00
13	อุปกรณ์ ตรวจวัดความสว่าง	VICTOR/1010A	900.00			900.00
14	ชุดครอบ ควบคุมแสง ขณะทดลอง	Make to Order	2,500.00			2,500.00
15	อุปกรณ์ ตัดต่อ-ควบคุม สายพานสำหรับการทดลองหน้างานจริง	Make to Order	1,000.00			1,000.00

ตารางที่ 4.23 ประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน และค่าอุปกรณ์ในการศึกษา (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	รุ่น/ยีห้อ	วัตถุดิบ	ค่าแรงงาน	ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	ค่าใช้จ่ายโครงการ
ค่าใช้จ่ายในการออกแบบ และติดตั้ง						
16	อุปกรณ์ เชื่อมต่อสัญญาณนำเข้า ส่งออกสัญญาณ ดิจิตอล	National Instrument	3,700.00			3,700.00
รวมค่าใช้จ่าย			23,100.00			23,100.00
ค่าใช้จ่ายโปรแกรมประมวลผลภาพ						
17	โปรแกรม Vision Builder 2013 สำหรับการติดตั้งแบบ Runtime	National Instrument	28,000.00			28,000.00
รวมค่าใช้จ่าย			28,000.00			28,000.00
ค่าแรงในการดำเนินโครงการ						
18	ค่ารวบรวมข้อมูลการทดลองหน้างานจริง เป็นเวลา 2 เดือน	Make to Order		8,000.00		8,000.00
19	ค่าออกแบบ และดำเนินการผลิต	Make to Order		2,400.00		2,400.00
20	ค่าออกแบบฐานติดตั้งกล้องสำหรับหารทดลอง	Make to Order		3,500.00		3,500.00
21	ค่าจัดทำฐานติดตั้งกล้อง (ใช้ในการทดลอง)	Make to Order		2,500.00		2,500.00
22	ค่าเดินทางในการทดลองหน้างานจริง	Make to Order			1,600.00	1,600.00
รวมค่าใช้จ่าย				16,400.00	1,600.00	154,200.00

จากตารางที่ 4.23 สามารถแยกค่าใช้จ่ายออกเป็น 3 ประเภทคือ ค่าใช้จ่ายในส่วนวัตถุดิบ ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน ค่าใช้จ่ายอื่นๆ โดยค่าใช้จ่ายที่มากที่สุดคือ ค่าวัตถุดิบ คิดเป็นมูลค่า 136,200 บาท รองลงมาคือค่าใช้จ่ายด้านแรงงานในการออกแบบ มูลค่า 16,400 บาท และสุดท้ายคือค่าใช้จ่ายอื่นๆ 1,600 บาท รวมทั้งโครงการคิดเป็นมูลค่า 154,200 บาท โดยผู้ศึกษาสามารถลดค่าใช้จ่ายได้จากการยืมอุปกรณ์ เช่น กล้องสำหรับถ่ายภาพ แหล่งกำเนิดไป เลนส์ขยายขนาด 8 12 16 และ 35 สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างมาก

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา และอภิปรายผล

การศึกษาประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ ภายใต้สภาพแวดล้อมควบคุมสามารถสรุปผลการศึกษาได้ 2 แบบ คือ การศึกษาตามปัจจัยที่ผู้ศึกษาได้นำมาทำการทดลอง และ การทดสอบหน้างานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต

1.สรุปปัจจัยที่เหมาะสมของวัสดุประเภทต่างๆ

จากการศึกษาประสิทธิภาพการประมวลผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพ ภายใต้สภาพแวดล้อมควบคุมพบว่าปัจจัยที่นำมาศึกษาได้แก่ ตำแหน่งในการติดตั้งชิ้นงาน (ด้านบน และด้านล่าง) มุมในการติดตั้ง (30 45 60) ความสว่างบริเวณทดลองชิ้นงาน (200 400 800 ลักซ์) ประเภทของวัสดุ (โลหะ พลาสติก และกระดาษ) ขนาดของชิ้นงาน (เล็ก กลาง ใหญ่) และ อุปกรณ์ขยายภาพ (8 12 16 และ 35 มิลลิเมตร) ส่งผลต่อความมีประสิทธิภาพของระบบตรวจสอบด้วยภาพ โดยผ่านการทดลองที่ปัจจัยต่างๆเข้ามาศึกษา สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของแต่ละปัจจัยในการจัดทำระบบตรวจสอบด้วยภาพที่ปัจจัยต่างกันนั้น

จากปัจจัยที่ใช้ทดลองทำระบบตรวจสอบด้วยภาพแสดงผล สามารถสรุปได้โดยแบ่งตามประเภทวัสดุในการเลือกปัจจัยเพื่อให้ผู้ที่สนใจ และต้องการศึกษาต่อสามารถนำไปปรับใช้ได้โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การเลือกใช้ระบบตรวจสอบด้วยภาพที่ใช้กับวัสดุประเภทโลหะพบว่าสามารถติดตั้งได้ทั้งตำแหน่งด้านบนและด้านล่าง โดยการเลือกปัจจัยที่ดีที่สุด คือการเลือกติดตั้งในตำแหน่งด้านบน หรือด้านล่าง ที่มุม 45 องศา ที่ความสว่างมาตรฐาน 400 ลักซ์ สามารถตรวจสอบชิ้นงานที่มีตัวอักษรขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ได้โดยเลือกใช้ เลนส์ขยายได้ทั้ง 4 ขนาด ระยะที่กล้องอยู่ห่างจากวัสดุตรวจสอบ 133- 706 มิลลิเมตร โดยที่กล้องมีความสูงจากฐานติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงานที่ตรวจสอบมีความสูงที่ 161-706 มิลลิเมตร และปัจจัยอื่นๆ ที่ทำการทดลองสามารถให้ผลที่สามารถแสดงภาพได้ สามารถตรวจสอบได้จากภาคผนวก ก

โดยปัจจัยอื่นที่ทำการทดลองที่พิจารณาจากตำแหน่งด้างล่าง ที่ไม่เหมาะสมในการติดตั้งเพราะโลหะเป็นวัสดุที่สะท้อนแสงได้ การควบคุมปัจจัยแสงมีค่าใช้จ่ายที่สูงและไม่เป็นที่นิยม ที่ระดับมุม 30 และ 60 องศาเป็นมุมที่มีผลกับแสงสะท้อนทำให้ไม่เหมาะสมกับวัสดุประเภทโลหะ ที่ปัจจัยความสว่าง 200 และ 800 ลักซ์ ก็มีผลกับการสะท้อนแสงเช่นกัน โดยระยะที่ไม่สามารถ

ทำงานได้คือน้อยกว่า 160 มิลลิเมตร และมากกว่า 707 มิลลิเมตร เป็นระยะที่น้อย และเกินระยะโฟกัสของเลนส์ที่เลือกศึกษา

1.2 การเลือกใช้ระบบตรวจสอบด้วยภาพที่ใช้กับประเภทวัสดุเป็นพลาสติกพบว่าสามารถติดตั้งตำแหน่งด้านบน การเลือกปัจจัยที่ดีที่สุด คือการเลือกติดตั้งในตำแหน่งด้านบน ที่มุม 45 องศา ที่ความสว่างมาตรฐาน 400 ลักซ์ สามารถตรวจสอบชิ้นงานได้ทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถเลือกใช้ เลนส์ขยายได้ทั้ง 4 ขนาด โดยระยะที่ได้ผลจากการทดลอง ระยะที่กล้องอยู่ห่างจากวัสดุตรวจสอบ 105- 706 มิลลิเมตร โดยที่กล้องมีความสูงจากฐานติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงานที่ตรวจสอบมีความสูงที่ 105-706 มิลลิเมตร การทดลองนี้พบว่าวัสดุพลาสติกมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่สุดคือความสว่างเนื่องจากการได้รับแสงไม่เพียงพอทำให้เกิดบริเวณมืดในวัสดุประกอบกับชิ้นงานเป็นสีดำทำให้ที่ตำแหน่งการติดตั้งและความสว่างมีผลต่อการแสดงผลภาพในวัสดุประเภทพลาสติก โดยปัจจัยอื่นๆ ที่ทำการทดลองสามารถให้ผลที่สามารถแสดงภาพได้ สามารถตรวจสอบได้จากตารางแสดงผลในภาคผนวก ก

โดยปัจจัยอื่นที่ทำการทดลองที่พิจารณาจากตำแหน่งด้างล่าง ที่ไม่เหมาะสมในการติดตั้งเพราะพลาสติกเป็นวัสดุที่สะท้อนแสง แต่น้อยกว่า โลหะ การทดลองนี้ใช้พลาสติกสีดำ และมีความมันอยู่บนผิว เพื่อให้เหมือนหน้างานจริงจริงในการทดลองปัญหาทำให้เกิดการสะท้อนแสงเช่นเดียวกับโลหะ แต่เปอร์เซ็นการเกิดน้อยกว่า ที่ระดับมุม 30 และ 60 องศาเป็นมุมที่มีผลกับแสงสะท้อนทำให้ไม่เหมาะสมกับวัสดุประเภทพลาสติก แต่สามารถทำได้หากเป็นพลาสติก ที่ไม่มันวาว และไม่เป็นสีสะท้อนแสง ที่ปัจจัยความสว่าง 200 และ 800 ลักซ์ ก็มีผลกับการสะท้อนแสงเช่นกัน โดยระยะที่ไม่สามารถทำงานได้คือน้อยกว่า 105 มิลลิเมตร และมากกว่า 707 มิลลิเมตร เป็นระยะที่น้อย และเกินระยะโฟกัสของเลนส์ที่เลือกศึกษา

1.3 การเลือกใช้ระบบตรวจสอบด้วยภาพที่ใช้กับประเภทวัสดุเป็นกระดาษพบว่าสามารถติดตั้งตำแหน่งด้านล่างและด้านบน ที่มุม 30-60 องศา ที่ความสว่างมาตรฐาน 200-400 ลักซ์ สามารถตรวจสอบชิ้นงานได้ทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ สามารถเลือกใช้ เลนส์ขยายได้ทั้ง 4 ขนาด โดยระยะที่ได้ผลจากการทดลอง ระยะที่กล้องอยู่ห่างจากวัสดุตรวจสอบ 133- 706 มิลลิเมตร โดยที่กล้องมีความสูงจากฐานติดตั้ง 140 มิลลิเมตร และความสูงของชิ้นงานที่ตรวจสอบมีความสูงที่ 133-706 มิลลิเมตร จากการทดลองพบว่ากระดาษ มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่สุดคือความสว่างเนื่องจากการได้รับแสงมากเกินไปทำให้เกิดบริเวณสะท้อนแสง หรือ สว่างมากเกินไปเพราะเนื้อกระดาษมีสีขาวในวัสดุทำให้ที่ตำแหน่งการติดตั้งและความสว่างมีผลต่อการแสดงผลภาพในวัสดุประเภทกระดาษโดยปัจจัยอื่นๆ ที่ทำการทดลองสามารถให้ผลที่สามารถแสดงภาพได้ สามารถตรวจสอบได้จากตารางแสดงผลในภาคผนวก ก

โดยปัจจัยอื่นที่ทำการทดลอง โดยระยะที่ไม่สามารถทำงานได้คือน้อยกว่า 133 มิลลิเมตร และมากกว่า 706 มิลลิเมตร เป็นระยะที่น้อย และเกินระยะโฟกัสของเลนส์ที่เลือกศึกษา

2.ผลจากการวิเคราะห์เชิงสถิติ

จากผลการเชิงสถิติด้วยวิธีการ Binary Logistic Regression ผู้ศึกษาพบว่า ปัจจัยวัสดุศึกษา ขนาดชิ้นงาน เลนซ์ขยาย และแกนแนวขวางส่งผลต่อการพยากรณ์ผลของระบบตรวจสอบด้วยภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจากค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้สามารถเขียนสมการถดถอยโลจิสติกได้ดังนี้

Y = 0.559(ตำแหน่งในการศึกษา) x 0.424(ระดับมุมมอง) x 0.516(วัสดุศึกษา) x 2.605(ขนาดชิ้นงาน) x (-1.883)(เลนซ์ขยาย)

ซึ่งสามารถสรุปผลกระทบของแต่ละปัจจัยต่อระบบตรวจสอบด้วยภาพได้ ดังตาราง

ตารางที่ 5.1 ผลกระทบของปัจจัยต่อระบบตรวจสอบด้วยภาพ

ผลกระทบในการตรวจสอบด้วยภาพ	ไม่ได้ <----------> ได้
ตำแหน่งในการศึกษา	ด้านล่าง ด้านบน
ระดับมุมมอง	30องศา 45องศา 60องศา
วัสดุศึกษา	โลหะ พลาสติก กระดาษ
ขนาดชิ้นงาน	เล็ก กลาง ใหญ่
เลนซ์ขยาย	35 16 12 8
แกนแนวขวาง (X)	น้อย มาก

จากสมการการถดถอยโลจิสติก และตารางที่ 5.1 พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อสมการ และการติดตั้งระบบสามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ที่อยู่หน้าตัวแปรต่างๆ ในสมการโดยจะสังเกตว่าค่าสัมประสิทธิ์ของขนาดชิ้นงานมีค่า 2.605 เป็นค่าที่มากที่สุดของสมการจึงมีผลกับการติดตั้งระบบมากที่สุดส่วนตัวแปรที่ส่งผลน้อยที่สุดคือ ระดับมุมมองมีค่าสัมประสิทธิ์ 0.424 จึงส่งผลน้อยที่สุดในสมการ

3.การยืนยันผลหน้างานจริงในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิต

จากการทดสอบหน้างานจริงทางผู้ศึกษาไม่สามารถหาสถานที่ได้กับการทดลองได้ทุกประการจึงขอนำข้อมูลบางปัจจัยที่อยู่ในหน้างานจริงของผู้ศึกษามาทำการทดสอบ ใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาใช้ทดสอบหน้างานจริง การทดสอบนั้นเลือกใช้ความสว่างที่โรงงานจริง เทียบได้

กับปัจจัยความสว่างที่ 200 ลักซ์ ขนาดชิ้นงานจริงมีตัวอักษรขนาดเล็ก หรือเทียบเท่ากับปัจจัยที่ใช้ทดลอง และ ใช้กำลังขยายสามารถใช้ได้ทั้งหมด 4 ขนาด รวมถึงประเภทของวัสดุก็สามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 3 ประเภท ตรงตามปัจจัยที่ใช้ในการทดลองโดยสามารถสรุปผลการทดสอบหน้างานจริงได้ดังนี้

2.1 การทดสอบหน้างานจริงที่ความสว่าง 200 ลักซ์ วัสดุประเภทโลหะ ขนาดเล็ก พบว่าที่มุมมองที่ตำแหน่ง 30 45 และ 60 องศา ที่เลนส์กำลังขยายขนาด 8 มิลลิเมตรให้ผลที่ได้ไม่ตรงกับผลการศึกษา ค่าที่ได้คือไม่สามารถตรวจสอบภาพได้ สามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้ว่า ขณะการทดลองแสงในขณะนั้นมีค่าคงที่และตัวอักษรมีความชัดเจนทำให้สามารถตรวจสอบได้ แต่ในสถานที่จริงแสงไม่มีความคงที่ ภาพที่เกิดขึ้นจะแตกและไม่มีความคมของภาพ

2.2 การทดสอบหน้างานจริงที่ความสว่าง 200 ลักซ์ วัสดุประเภทพลาสติก ขนาดเล็ก พบว่าที่มุมมองที่ตำแหน่ง 30 เลนส์กำลังขยายขนาด 12 มิลลิเมตร สามารถตรวจสอบภาพได้ซึ่งไม่ตรงกับผลการการศึกษา สามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้ว่า ชิ้นงานจริงเป็นวัสดุสีขาวและตัวอักษรอยู่ห่างกันชัดเจนจนสามารถมองได้ว่ามีขอบเขตของตัวอักษรสิ้นสุดที่บริเวณไหนทำให้โปรแกรมสามารถตรวจสอบได้

2.3 การทดสอบหน้างานจริงที่ความสว่าง 200 ลักซ์ วัสดุประเภทกระดาษ พบว่าเป็นไปตามข้อมูลจากการทดลองทุกประการไม่พบว่าตัวแปรไหนไม่ตรงการการทดลองสามารถอธิบายผลที่เกิดขึ้นได้คือ ชิ้นงานจริงเป็นกระดาษสีครีมขาว ตัวอักษรสีดำทำให้สามารถประมวลผลได้ใกล้เคียงกับการทดลองเนื่องจากวัสดุไม่มีความแตกต่างกัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

5.2 ข้อเสนอแนะ

การทดลองที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ได้กับวัสดุที่กำหนดในการศึกษาโดยครอบคลุมวัสดุที่ใช้ในการผลิต โดยผลที่ได้สามารถบอกได้ว่า การพิจารณาการติดตั้งระบบ Vision System ให้ได้ผล และมีประสิทธิภาพต้องวิเคราะห์จากปัจจัยหลายปัจจัยที่มีความสำคัญ โดยพิจารณาปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ ตามที่ปรากฏในการทดลองเพื่อให้ระบบไม่เกิดความผิดพลาดในการใช้งาน สามารถสรุปข้อเสนอแนะปัจจัยที่สำคัญออกเป็น 4 ปัจจัยดังนี้

1. ตำแหน่งในการติดตั้งชิ้นงาน (ด้านบน และด้านล่าง)

การเลือกติดตั้งชิ้นงานควรเป็นการติดตั้งจากด้านบน เพื่อให้สามารถปรับปรุง และพัฒนาระบบการตรวจสอบได้อย่างสะดวกและสามารถควบคุมปัจจัยในด้านแสงสว่างได้ง่ายกว่าด้านล่างเนื่องจากการติดตั้งกล้องด้านบนสามารถควบคุมแสงสว่างได้จากการทำชุดครอบวัตถุเป็นต้นทุนที่ต่ำกว่าการเพิ่มความสว่างให้กับวัตถุเนื่องจาก การทำสิ่งเหล่านี้เพิ่มเติมนั้นต้องเสียค่าใช้จ่ายที่มากกว่าการทำชุดควบคุมแล้วยังเสี่ยงต่อการแก้ไขปัญหาไม่ได้เนื่องจากการใช้ระบบตรวจสอบด้วยภาพ ปัจจัยสำคัญคือแสงสว่างดังนั้นเราจึงควรให้แสงสว่างเป็นค่าที่มีความคงที่มากที่สุด

2. มุมในการติดตั้ง (30 องศา 45 องศา และ 60 องศา)

การเลือกมุมติดตั้งสามารถเลือกได้ทั้ง 3 ระดับ ควรพิจารณาจากขนาดของตัวอักษรเนื่องจากขนาดตัวอักษรที่มีขนาดใหญ่ทำให้การมองเห็นได้มากกว่าตัวอักษรขนาดเล็ก เนื่องจากตัวอักษรที่ใหญ่มีพื้นที่การตรวจสอบด้วยภาพมากกว่าตัวอักษรขนาดเล็ก และมีความคมชัดกว่าเมื่อเจอกับความสว่าง และกำลังขยายของเลนส์ที่เปลี่ยนไป จึงสามารถระบุได้ว่าการใช้มุมในการติดตั้งที่ระดับไหนควรพิจารณาตามขนาดของตัวอักษร โดยพิจารณาที่ตัวอักษรขนาดใหญ่สามารถตรวจสอบภาพได้ที่ระดับ 30-60 องศา ตัวอักษรขนาดกลาง สามารถตรวจสอบได้ที่ระดับ 45-60 องศา และตัวอักษรขนาดเล็กสามารถตรวจสอบได้ที่ระดับ 30 องศา เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การเขียนโปรแกรมมีส่วนสำคัญในการที่จะทำการตรวจสอบด้วยภาพเท่ากับปัจจัยต่างๆ

3. ความสว่างบริเวณทดลองชิ้นงาน (200 ลักซ์ 400 ลักซ์ และ 800 ลักซ์)

การศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่าความสว่างเป็นปัจจัยสำคัญในการใช้ระบบตรวจสอบด้วยภาพเป็นอย่างมากต้องอาศัยการเลือกความสว่างให้เหมาะสมกับประเภทของวัสดุ โดยพิจารณาที่ความสว่างมีผลกับการสะท้อนของผิววัสดุหรือไม่หากมีการสะท้องควรหลีกเลี่ยงการกระทำดังกล่าว เนื่องจากจะส่งผลให้ระบบตรวจสอบด้วยภาพไม่มีประสิทธิแล้วยังส่งผลกับ

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบด้วย เพราะอุปกรณ์ที่มีความสัมพันธ์กับความสว่าง เช่น เลนส์ กำลังขยาย แหล่งกำเนิดแสง เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูง ในการติดตั้งระบบดังนั้น ควรเลือกความสว่างให้พอดีกับวัสดุที่ใช้ในการตรวจสอบโดยต้องไม่ให้เกิดแสงสะท้อนกับผิววัสดุ

4. อุปกรณ์ขยายภาพ (8 มิลลิเมตร 12มิลลิเมตร 16มิลลิเมตร และ 35มิลลิเมตร)

การเลือกใช้เลนส์ขยายภาพนั้นควรพิจารณาจากพื้นที่การมองของพื้นที่ที่ต้องการตรวจสอบโดยการจัดทำระบบจริงทุกครั้งควรมีการทดสอบหน้างานจริงก่อนเสมอ โดยพิจารณาจากปัจจัยขนาดของพื้นที่ตรวจสอบจึงจะสามารถตรวจสอบได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยการทดลองครั้งนี้สามารถอธิบายผลได้ว่า การใช้เลนส์ขนาด 8 มิลลิเมตร เหมาะสมการกับใช้งานชิ้นงานขนาดใหญ่เนื่องจากสามารถมองได้กว้าง ส่วนชิ้นงานขนาดกลาง และขนาดเล็ก ควรเลือกใช้เลนส์ขนาดที่เพิ่มขึ้นมา คือ 12 16 และ 35 มิลลิเมตร เพราะเลนส์กำลังขยายที่มีตัวเลขเพิ่มขึ้นขนาดภาพจะเล็กลงแต่มีความคมชัดมากขึ้นตามลำดับ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

บุญลือ บุญดง (2554) , **ความหมายของระบบวิชั่น (Vision System)**, เข้าถึงเมื่อ 10 ธันวาคม, [ออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.9engineer.com/

ประดิษฐ์ มิตราปิยานุรักษ์ (2539) , “ระบบตรวจสอบภาพชิ้นงานโดนใช้พีซีสำหรับการตรวจสอบฉลากที่พิมพ์บนขวด “วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กระทรวงแรงงาน (2549) , **กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย** อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง, เข้าถึงเมื่อ 25 ธันวาคม, [ออนไลน์] แหล่งที่มา http://www.bsa.or.th

กิตติพงศ์ เงินถาวร, เชษฐพงศ์ ปาณวร, และศุภสิทธิ์ หวังไพโรจน์กิจ (2549), “ระบบตรวจสอบวัตถุด้วยการประมวลผลภาพ”, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา

ไทยโอซีอา (2548) , **Optical character recognition**, เข้าถึงเมื่อ 25 พฤศจิกายน,[ออนไลน์]. แหล่งที่มา http://thaiocr.phaisarn.com/ocr.html

Richard R. Carlton, Arlene M. Adler. Digital image processing. In : Melissa C, editors. Principles of Radiographic Imaging An Art and A Science 2nd .Washington : Delmar Publishers.1996

ทนงชัย สิริอภิสิทธิ์ (2558) **เอกสารประกอบการสอนฟิสิกส์รังสีการแพทย์ ส่วนที่ 1.** สมาคมนักฟิสิกส์การแพทย์ไทย. กรุงเทพ. พ.ศ.2550, เข้าถึงเมื่อ 25 กรกฎาคม, แหล่งที่มา : http://www.smj.ejnal.com.

ตติยะ ธรรมเจริญ (2558) / **ระบบตรวจสอบสกรูบนฮาร์ดดิสก์ด้วยการประมวลผลภาพ = Screw card visual inspection system** / ตติยะ ธรรมเจริญ, ปริญยศ ตั้งใจประสพโชค, พิศาลศาสตร์ ปราสัยงาม, เข้าถึงเมื่อ 25 กรกฎาคม, [ออนไลน์].แหล่งที่มา : http://medline.lib.buu.ac.th.

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. (2555). **สถิติของสำนักงานตำรวจแห่งชาติตัวเลขสถิติข้อมูลรถหายปี 2555.** เข้าถึงเมื่อ 25 กรกฎาคม 2558 [ออนไลน์].แหล่งที่มา : http://www.royalthaipolice.go.th/.

สุรการ ดวงผาสุก (2545). “การรู้จำตัวอักษรภาษาไทยโดยวิธี ลักษณะเด่นของตัวอักษรและโครงข่ายประสาทเทียมแบบ ART1.” วิทยานิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า คุณทหารลาดกระบัง สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ กรุงเทพมหานคร.